



5º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL

Sustentabilidade Florestal



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA FLORESTAL

DE 23 A 25 DE NOVEMBRO DE 2011

SANTA MARIA - RS - BRASIL

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL
Tema: Sustentabilidade Florestal**

5ª Edição

23 a 25 de novembro de 2011

Paulo Renato Schneider
César Augusto Guimarães Finger
Frederico Dimas Fleig
Solon Jonas Longhi
Jorge Antônio Farias
Luiz Ernesto Grillo Elesbão
Paulo Sérgio Pigatto Schneider

Santa Maria – RS – Brasil

2011

ii

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Departamento de Ciências Florestais**

Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal

612s Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal
 (5.: 2011: Santa Maria)
 Simpósio Latino-Américo sobre Manejo Florestal;
 5ª edição, Santa Maria, RS, 23 a 25 de novembro de
 2011; [comissão editorial Paulo Renato Schneider,
 César Augusto Guimarães Finger]. - Santa Maria:
 Universidade Federal de Santa Maria, Centro de
 Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em
 Engenharia Florestal, 2011.
 1076 p.; 30 cm
 Tema Sistentabilidade Florestal

 1. Silvicultura 2. Engenharia Florestal 3. Manejo
 florestal 4. Sustentabilidade 5. Eventos I. Schneider,
 Paulo Renato. II. Finger, César Augusto Guimarães.
 III. Título

 CDU 630.2 (063)

Ficha catalográfica elaborada por Maristela Eckhardt - CRB-10/737
Biblioteca Central da UFSM

PROMOTORES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL
Centro de Ciências Rurais
Campus Universitário
97119-900 – Santa Maria – RS
☎ (0xx55) 3220-8336 ☎ (0xx55) 3220-8336 📧 ppgef.ufsm@gmail.com

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n,
Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE
☎ (0xx81)33206287 🌐 <http://www.pgfl.ufrpe.br>

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR
Gregor Mendel Straße 33
A-1180 Wien, Österreich
☎ Tel. (+43 1) 47654-0 🌐 www.boku.ac.at

CENTRO DE PESQUISAS FLORESTAIS – CEPEF
Centro de Ciências Rurais
Departamento de Ciências Florestais
Campus Universitário
97105-990 – Santa Maria – RS
☎ (0xx55) 3220-8444 ☎ (0xx55) 3220-8336 📧 centrodepesquisasflorestais@gmail.com

PATROCINADORES / APOIO

CAPES/MEC, BOKU/ÁUSTRIA, FAPERGS/RS, AGEFLOR, BOSQUES DEL PLATA,
AFUBRA, SINDITABACO, DCFL, CEPEF, SOSEF, CEF.

COMISSÃO GERAL

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger

COMISSÃO EDITORIAL

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger

COMISSÃO CIENTÍFICA

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger
Prof. Dr. Solon Jonas Longhi
Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig
Prof. Dr. Jorge Antônio Farias
Prof. Dr. Luiz Ernesto Grillo Elesbão
M.Sc. Eng^o. Paulo Sergio Pigatto Schneider

COMISSÃO TÉCNICA/APOIO

Gerson Selle
Paulo Sergio Pigatto Schneider
Anelisa Pedroso Finger
Régis Villanova Longhi
Emanuel Araujo Silva
Lúcio de Paula Amaral
Gerson Lisboa
Gabriel Marangon
Daniele Guarienti Rorato
Adriana Falcão Dutra
Emanuel Arnoni Costa
Jean Pierre Cavalli
Rafael Cubas
Ana Flávia Boeni
Evandro Alcir Meyer
Priscila de Moraes Pinto Bitencourt
Cláudio Alberto Marchi Rosa

“Os conceitos emitidos nos trabalhos deste evento são da inteira responsabilidade dos seus autores”.

PREFÁCIO

O Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, dentro de suas atribuições de ensino, pesquisa e extensão, promove o **5º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal** como forma de incentivar o intercâmbio e difundir o conhecimento entre as instituições, empresas e profissionais da área florestal.

Na organização, o PPGEF recebeu a contribuição da Universität für Bodenkultur, da Áustria, considerada nossa co-irmã, e do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

A Universität für Bodenkultur, tradicional participante deste evento, com a qual mantemos, há mais de trinta anos, estreitos laços de amizade, respeito e admiração eo Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco que, por meio do programa PROCAD-CAPES, se integram aos nossos objetivos.

A **5ª edição do Simpósio Latino-Americano Sobre Manejo Florestal** teve por objetivo geral divulgar o conhecimento técnico-científico gerado nas instituições de pesquisa e empresas privadas que atuam na área procurando, principalmente, levantar, discutir e analisar os principais problemas relacionados ao Manejo Florestal. Assim, nestes três dias foram realizados seis minicursos que serviram para o aprofundamento de temas de relevância na área; palestras proferidas por renomados especialistas, bem como foram apresentados cento e trinta trabalhos na forma de posters.

Na formatação do evento, procurou-se abranger, não somente a pesquisa científica, mas também a análise e interpretação da legislação que regula a atividade florestal e a visão de importantes segmentos empresariais da indústria de transformação da madeira.

Santa Maria, 23 de novembro de 2011.

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger

Coordenadores do Simpósio

PREFACE

The Graduate Program in Forestry of the Federal University of Santa Maria; within its mandate of teaching, research, and extension; promotes the 5th Latin American Symposium on Forest Management as a way to encourage the exchange and disseminate knowledge among institutions, companies, and forestry professionals.

The organization received contributions from its sister programs Universität für Bodenkultur, Austria and the Graduate Program in Forest Sciences at the Federal Rural University of Pernambuco.

The Universität für Bodenkultur, traditional participant in this event, with which we have, for over thirty years, close ties of friendship, respect and admiration and the Graduate Program in Forest Sciences of the Federal Rural University of Pernambuco, through the program PROCAD-CAPES, integrate with our goals.

The 5th edition of the Latin-American Symposium on Forest Management is aimed generally at the disclosure of the technical and scientific knowledge generated in research institutions and private companies working in the area. Its focus is mainly to raise, discuss, and analyze the main problems related to forest management. Thus these three days were carried out in six short courses which were used to develop issues of relevance in the area; lectures by renowned experts were undertaken and there were one hundred thirty papers in the form of posters.

In the formatting of the event we tried to cover not only scientific research, but also the analysis and interpretation of the legislation that regulates the activity of important forest and vision of the business segments of the wood processing industry.

Santa Maria, Nov. 23, 2011.

Prof.Dr. Paulo Renato Schneider

Prof.Dr. Cesar Augusto Guimarães Finger

Coordinators of the Symposium

SUMÁRIO / CONTENTS

	Página
CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM ÁRVORES INDIVIDUAIS DE <i>Eucalyptus</i>	23
INDIVIDUAL TREE DIAMETER GROWTH MODEL IN <i>Eucalyptus</i>	
Fabrina Bolzan Martins; Carlos Pedro Boechat Soares; Renato Vinícius Oliveira Castro; Gilson Fernandes da Silva; Márcio Leles Romarco de Oliveira	
ÍNDICES DE COMPETIÇÃO EM ÁRVORES SINGULARES DE <i>Eucalyptus</i>	31
COMPETITION INDICES IN INDIVIDUAL <i>Eucalyptus</i> TREES	
Fabrina Bolzan Martins; Carlos Pedro Boechat Soares; Helio Garcia Leite; Agostinho Lopes de Souza; Renato Vinícius Oliveira Castro	
DENSIDADE ÓTIMA DE ESTRADAS E PÁTIOS BASEADA NO CUSTO MÍNIMO DO SISTEMA DE EXPLORAÇÃO NO MANEJO DE FLORESTAS NATIVAS NO ESTADO DE MATO GROSSO	43
OPTIMUM DENSITY OF ROADS AND LANDING MINIMUM COST-BASED SYSTEM FOR OPERATION IN FOREST MANAGEMENT IN THE NATIVE IN MATO GROSSO STATE	
Fidel Cándano Acosta; Marcos Leandro García; Mariana Peres de Lima	
USO DE MICRO-TRATOR EM SUBSTITUIÇÃO A ANIMAIS NO SISTEMA DE MANEJO FLORESTAL COMUNITÁRIO DO PC PEIXOTO, ACRE	50
USE OF MICRO-TRACTOR TO REPLACE ANIMALS IN THE COMMUNITY FOREST MANAGEMENT SYSTEM OF THE PC PEIXOTO, ACRE	
Henrique José Borges de Araújo; Manoel Freire Correia; Gleyciane Araújo Cardoso; Fernanda Lopes da Fonseca	
ANÁLISE DE TRONCO COMPLETA DE ÁRVORES AMOSTRADAS EM PLANTAÇÕES DE <i>Pinustaeda</i> LOCALIZADAS EM AVARÉ E ITAPEVA, ESTADO DE SÃO PAULO.	60
COMPLETE STEM ANALYSIS OF TREES SAMPLED IN LOBLOLLY <i>Pinustaeda</i> PLANTATIONS LOCATED IN AVARÉ AND ITAPEVA, SÃO PAULO STATE, BRAZIL.	
Luiz Alberto Blanco Jorge; Hideyo Aoki; Ananias de Almeida Saraiva Pontinha	
SECONDARY SUCCESSION DYNAMICS OF A TROPICAL FOREST FRAGMENT IN SOUTHEASTERN BRAZIL	71
DINÂMICA DA SUCESSÃO SECUNDÁRIA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA TROPICAL NO SUDESTE DO BRASIL	
Luiz Alberto Blanco Jorge; Renata Cristina Batista Fonseca; Aparecido Agostinho Arruda	
DINÂMICA DE COMERCIALIZAÇÃO DA ESPÉCIE <i>Manilkarahuberi</i> (Ducke) NO BRASIL	83
TRADE DYNAMICS OF <i>Manilkarahuberi</i> (Ducke) IN BRAZIL	
André Sócrates de A. Teixeira; Marcos A. Camargo Ferreira; Marcos A. Bauch; Yalmo C. Júnior	
SEGURANÇA NO TRABALHO FLORESTAL E SUSTENTABILIDADE DO MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA NO ESTADO DE MATO GROSSO	92
OCCUPATIONAL SAFETY AND SUSTAINABILITY OF FOREST MANAGEMENT IN THE AMAZON FOREST IN THE STATE OF MATO GROSSO	
Marcos Antônio Camargo Ferreira; José Imaña-Encinas	
REGENERAÇÃO NATURAL ESTABELECIDADA EM UM FRAGMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL	100
NATURAL REGENERATION ESTABLISHED IN A FRAGMENT OF THE SEASONAL DECIDUOUS FOREST	
Daian Tiago Kerkhoff; Fernanda Laís Ril; Diego Oro; Fabiano de Oliveira Fortes	
MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR A PRODUÇÃO DE PINHÕES DE ÁRVORES NATIVAS E PLANTADAS DE <i>Araucariaangustifolia</i>(Bert.) O. Kuntze	108

MATHEMATICAL MODELS TO ESTIMATE THE SEEDS PRODUCTION IN NATIVE AND PLANTED TREES OF <i>Araucariaangustifolia</i>(Bert.) O. Kuntze	
Afonso Figueiredo Filho; Flavio Augusto Ferreira do Nascimento; Enrique Orellana; Andrea Nogueira Dias; Mario Takao Inoue	
AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA COLHEITA DE <i>Pinustaeda</i> L. NA VEGETAÇÃO NATURAL EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	116
IMPACT OF THE HARVESTING OF <i>Pinus taeda</i> L. OVER THE NATURAL FOREST IN THE PERMANENT PRESERVATION AREA	
Daniel Augusto da Silva; Lauri Amândio Schorn; Marmon Canestaro Naldony; Tatiele Anete Bergamo Felini; Gabriel Corso Pellens; Paulo Roberto Lessa; Christian Ruan Teske	
EFEITOS DA INTENSIDADE DE PODA NO INCREMENTO EM DIÂMETRO E ALTURA EM <i>Pinus taeda</i> L. EM RIO NEGRINHO – SC.	124
EFFECT OF THE PRUNING INTENSITY IN THE DIAMETER AND HEIGHT INCREMENT IN <i>Pinus taeda</i> L. AT RIO NEGRINHO – SC.	
Daniel Augusto da Silva; Lauri Amândio Schorn; Marmon Canestaro Naldony; Tatiele Anete Bergamo Felini; Gabriel Corso Pellens; Paulo Roberto Lessa; Christian Ruan Teske	
COMPARAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS ESPACIAIS E MODELOS DE REGRESSÃO PARA DESCREVER A VARIAÇÃO TEMPORAL DA ALTURA DOMINANTE	131
SPATIAL TOOLS AND REGRESSION MODELS TO DESCRIBE THE TEMPORAL VARIATION IN DOMINANT HEIGHT	
Mariana Peres de Lima; Samuel de Pádua Chaves e Carvalho; Fidel Cándano Acosta; Marcos Felipe Nicoletti	
MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: MONITORAMENTO DE INDICADORES SILVICULTURAIS	137
SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN BRAZILIAN AMAZON: SILVICULTURAL INDICATORS MONITORING	
Eder Zanetti; Joésio Siqueira	
ESTOQUE DE CARBONO EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL COM <i>Pinuselliottii</i>Engelm. E PALMEIRA-REAL-AUSTRALIANA (<i>Archontophoenix</i> spp.) NO MÉDIO VALE DO ITAJAÍ, SANTA CATARINA, BRASIL.	151
CARBON STOCK IN AN AGROSILVICULTURAL SYSTEM WITH <i>Pinuselliottii</i>Engelm. AND AUSTRALIAN KING PALM (<i>Archontophoenix</i>spp.) IN ITAJAÍ MIDDLE VALLEY, SANTA CATARINA, BRAZIL.	
Lauri Amândio Schorn; Tatiele Anete Bergamo Fenilli; Gabriel Corso Pellens; Luiz Antonio Valter; Marcelo Bucci	
RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA <i>Tectonagrandis</i> L.F.	157
RELATIONSHIP TO HYPSONOMETRIC <i>Tectonagrandis</i> L.F.	
Josinei S. Garcia; Adriana S. Luz; Roseane S. Pinto; João R. V. Gama	
EMPREGO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO NA ESTRATIFICAÇÃO EM INVENTÁRIOS FLORESTAIS	162
USE OF CLUSTER ANALYSIS IN STRATIFICATION OF FOREST INVENTORIES	
Rodrigo Otávio Veiga de Miranda; Gustavo Sartori Pottker; Neumar Irineu Wolff; Felipe Luis Sanches; Solon Jonas Longhi; Luciano Farinha Watzlawick; Andrea Nogueira Dias; Jovane Pereira da Cruz	
CONTINUIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS EM UMA ÁREA DE CERRADO NO NORTE DE GOIÁS	171
SPATIAL CONTINUITY OF DENDROMETRIC CHARACTERISTICS IN A SAVANNA AREA IN THE NORTH OF GOIÁS STATE	
Matheus Henrique Nunes; Izabela Regina Cardoso de Oliveira; Bruno Kanieski da Silva	
CRITÉRIOS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O MANEJO FLORESTAL MADEIREIRO NA AMAZÔNIA	179
CRITERIA AND INDICATORS FOR A SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN	

THE BRAZILIAN AMAZON

Marcos Antônio Camargo Ferreira; José Imaña-Encinas

OTIMIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA REMANESCENTE DA ESPÉCIE *Cedrelaodorata* NO ESTADO DO ACRE, VISANDO O NOVO CICLO 185

OPTIMIZATION OF RESIDUAL DIAMETRIC STRUCTURE OF *Cedrelaodorata* IN THE STATE OF ACRE AIMING NEW CYCLE

Evaldo Muñoz Braz; Patrícia Póvoa de Mattos; Evandro Orfanó Figueiredo; Luciano Arruda Ribas

EVOLUÇÃO DO SORTIMENTO DE *Pinusoocarpa* NA REGIÃO SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. 193

EVOLUTION OF ASSORTMENT OF *Pinusoocarpa* IN SOUTHWESTERN REGION OF SÃO PAULO STATE

Sebastião do Amaral Machado; Angelo Pacheco; Naiara Teodoro Zamin; Luís César Rodrigues da Silva

CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus* E *Acacia* EM DIFERENTES ARRANJOS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA 203

INITIAL GROWTH OF *Eucalyptus* AND *Acacia* IN DIFFERENT ARRANGEMENTS IN CROP-LIVESTOCK-FOREST INTEGRATION SYSTEMS

Dalvânia Gomes Barroso; Fabiana Lopes Ramos de Oliveira; Antônio dos Santos Júnior; Gustavo Amaral Costa; Christian Dias Cabacinha; Leonardo David Tuffi Santos

EFEITOS DE BORDA SOBRE A SERAPILHEIRA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA NATIVA NA REGIÃO DO BIOMA PAMPA, RS 208

EFFECTS OF EDGE ON THE BURLAP IN A FRAGMENT OF NATIVE FOREST BIOME PAMPA, RS

Jauris Vinícius Sampaio Azevedo; Hamilton Luiz Munari Vogel; Mauro Valdir Schumacher

FISIONOMIAS FLORESTAIS E SUAS PRINCIPAIS ESPÉCIES SOBRE UMA CATENA DE SOLOS NA DEPRESSÃO CENTRAL DO RS 216

FOREST PHYSIOGNOMIES AND ITS MAIN SPECIES ON A SOIL CATENA IN THE DEPRESSÃO CENTRAL IN RIO GRANDE DO SUL

Marcelo Callegari Scipioni; Solon Jonas Longhi; Fabrício de Araújo Pedron

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DE ÁREA FIXA E BITTERLICH EM UM POVOAMENTO DESBASTADO DE *Tectonagrandis* L. F. 228

COMPARISON BETWEEN FIXED AREA AND BITTERLICH SAMPLING METHODS IN THINNED *Tectonagrandis* L. F. STAND

Bruno Silva Ferreira; Francisco Costa Júnior; Alexandre Vilela Campos; Thelma Shirlen Soares

EFICIÊNCIA RELATIVA NA ESTIMAÇÃO DA ÁREA BASAL DE POVOAMENTOS DESBASTADOS DE *Tectonagrandis* L. F. PELO MÉTODO DE BITTERLICH 233

RELATIVE EFFICIENCY IN ESTIMATION OF BASAL AREA OF THINNED *Tectonagrandis* L. F. STANDS BY BITTERLICH METHOD

Mauro Antônio Oliveira Assis; Renan Augusto Miranda Matias; Alexandre Vilela Campos; Thelma Shirlen Soares

FLORÍSTICA DO ESTRATO ARBÓREO DE UMA ÁREA DE VÁRZEA NA CIDADE DE MACAPÁ, AMAPÁ 238

FLORISTIC OF TREES OF A FLOODPLAIN AREA IN MACAPÁ, AMAPÁ

Anderson Pedro Bernardina Batista; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Perseu da Silva Aparício; Diego Armando da Silva Aparício; João Ramos de Matos Filho; Camila Elizabete Severiano

RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS DE ÁRVORES DOMINANTES DE *Pinustaeda* L. EM PRIMERIA E SEGUNDA ROTAÇÃO EM SÍTIOS SIMILARES EM CAMBARÁ DO SUL, RS 245

RELATIONS MORPHOMETRY DOMINANT TREES *Pinustaeda* L. IN FIRST AND SECOND ROTATION ON SIMILAR SITES IN CAMBARÁ DO SUL, RS

Anna Paula Lora Zimmermann; Frederico Dimas Fleig

MODELAGEM DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA EM PLANTIOS DE <i>Eucalyptus</i> spp.	252
VOLUME PRODUCTION MODELING IN <i>Eucalyptus</i> sp. PLANTATIONS	
Antonio Carlos Ferraz Filho; Charles Plínio da Silva Castro; Andressa Ribeiro; José Roberto Soares Scolforo	
META-ANÁLISE DE REGIMES DE DESBASTE PARA <i>Eucalyptus</i> spp. VISANDO RELAÇÃO ÓTIMA ENTRE VARIÁVEIS GLOBAIS E INDIVIDUAIS	262
META-ANALYSIS OF <i>Eucalyptus</i> spp. THINNING REGIMES AIMING AT OPTIMUM RELATION BETWEEN STAND AND TREE VARIABLES	
Antonio Carlos Ferraz Filho; Ana Luiza Rufini; Andressa Ribeiro; José Roberto Soares Scolforo	
BIOMASSA E CARBONO EM PLANTIOS DE <i>Pinus elliottii</i> Eng. DE DIFERENTES IDADES E CORRELAÇÕES DENDROMÉTRICAS	271
BIOMASS AND CARBON IN <i>Pinus elliottii</i> Eng. PLANTATIONS WITH DIFFERENT AGES AND DENDROMETRIC CORRELATIONS	
Álvaro Felipe Valério; Luciano Farinha Watzlawick; Aurélio Lourenço Rodrigues; Ângelo Augusto Ebling	
PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DEVOLUÇÃO DE NITROGÊNIO EM UM PLANTO MISTO DE <i>Eucalyptusurograndis</i> E <i>Acaciamearnsii</i>	279
LITTERFALL PRODUCTION AND NITROGEN RETURN IN A MIX PLANTING OF <i>Eucalyptusurograndis</i> AND <i>Acaciamearnsii</i>	
Caroline Weimann; Mauro Valdir Schumacher	
ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA DE TRÊS ARBÓREAS NO PARQUE ESTADUAL DA QUARTA COLÔNIA, AGUDO, RS	285
PHYTOSOCIOLOGY STRUCTURE OF THREE TREES IN THE PARQUE ESTADUAL DA QUARTA COLÔNIA, AGUDO, RS	
Daniele Guarienti Rorato; Maristela Machado Araujo; Adriana Falcão Dutra; Suzane Bevilacqua Marcuzzo	
INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO INICIAL NO VOLUME DE ÁRVORES INDIVIDUAIS DE POVOAMENTOS NÃO DESBASTADOS DE <i>Pinustaeda</i> L.	293
INFLUENCE OF INITIAL SPACING ON THE VOLUME OF INDIVIDUAL TREES IN UNTHINNED STANDS OF <i>Pinustaeda</i> L.	
Paulo Sérgio Pigatto Schneider; Paulo Renato Schneider; César Augusto Guimarães Finger; Jorge Antônio Farias; Anelisa Pedroso Finger	
REGENERAÇÃO NATURAL EM PLANTIO ABANDONADO DE <i>Eucalyptus</i> spp. EM ÁREA DE CAATINGA, FLORESTA-PE	301
NATURAL REGENERATION IN ABANDONED PLANTING OF <i>Eucalyptus</i> spp. IN THE AREA OF CAATINGA, FLORESTA-PE	
David Fagner de Souza e Lira; Ladivania Medeiros do Nascimento; Francisco Tarcísio Alves Júnior; Heitor Henrique Félix Duarte; Carlos Frederico Lins e Silva Brandão; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira	
CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE ESTRELA VELHA – RS	307
CLASSIFICATION OF LAND USE AND COVER IN THE COUNTY ESTRELA VELHA – RS	
Débora Luana Pasa; Mateus Sabadi Schuh; Ângela Maria Klein Hentz; Nájila Souza da Rocha; José Américo de Mello Filho	
ESTRUTURA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E VOLUMETRIA DA <i>Carapaguianensis</i> Aubl. EM FLORESTA DE VÁRZEA NO ESTADO DO AMAPÁ, BRASIL	313
STRUCTURE, SPATIAL DISTRIBUTION AND VOLUMETRIC <i>Carapaguianensis</i> Aubl. IN FLOODPLAIN FOREST IN THE AMAPÁ STATE, BRAZIL	
Diego Armando Silva da Silva; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Perseu da Silva Aparício; Anderson Pedro Bernardina Batista; João Ramos de Matos Filho; Robson Borges de Lima	
SISTEMA DE ANÁLISE DA DINÂMICA E ESTRUTURA DE FLORESTAS NATURAIS	319
DYNAMICS AND STRUCTURE ANALYSIS SYSTEM FOR NATURAL FORESTS	

- Edson Gardin; Luciano Farinha Watzlawick; Henrique Soares Koehler; Solon Jonas Longhi
COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA ARRANJO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NA ILHA DE SANTANA, AMAPÁ. 326
FLORISTIC COMPOSITION OF FOREST FRAGMENTS ARRANGEMENT FOR AGROFORESTRY ON THE ISLAND OF SANTANA, AMAPÁ.
- João da Luz Freitas; Erick Silva dos Santos; Raullyan Borja Lima e Silva; Taline de Lima Silva
MODELAGEM DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA DE VÁRZEA NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ-AP 337
MODELING THE STRUCTURE DIAMETER OF FLOODPLAIN FORESTS IN THE CITY OF MACAPÁ-AP
- Jadson Coelho de Abreu; José Antonio Aleixo da Silva; Perseu da Silva Aparício; Gabriel Paes Marangon; Moises Silva dos Santos; Thyêgo Nunes Alves Barreto
DINÂMICA DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA FLORESTA DE VÁRZEA NO ESTADO AMAPÁ, BRASIL 345
DYNAMICS OF TREE SPECIES IN A FLOODPLAIN FOREST IN AMAPÁ STATE, BRAZIL
- João Ramos de Matos Filho; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Perseu da Silva Aparício; Vanesa Silva dos Santos; Anderson Pedro Bernardina Batista; Diego Armando Silva da Silva
MANAGEMENT MODEL FOR THE SUSTAINABLE USE OF ARAUCARIAN FORESTS ON THE BASIS OF STAND MANAGEMENT AND SITE-SPECIFIC SILVICULTURE 354
MODELO DE MANEJO PARA O USO SUSTENTÁVEL DE FLORESTAS DE ARAUCÁRIA BASEADO NO MANEJO DE POVOAMENTOS E SILVICULTURA ADAPTADA AO SÍTIO
- Peter Spathelf; Maria Augusta Doetzer Rosot; Leif Nutto
RELAÇÃO SOLO/ESTRUTURA DA ESPÉCIE *Moraparaensis* DUCK EM UMA FLORESTA DE VÁRZEA NA RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO CAJARÍ, AMAPÁ, BRASIL 359
RELATION BETWEEN THE *Moraparaensis* DUCK STRUCTURE AND SOIL IN A FLOODPLAIN FOREST IN THE EXTRACTIVE RESERVE IN RIVER CAJARI, AMAPÁ-BRAZIL
- Lívia Marques de Jesus; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Luiz Carlos Marangon; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira; Marcelino Carneiro Guedes; Perseu da Silva Aparício
DEPENDÊNCIA ESPACIAL DE DIFERENTES ALTURAS DAS ÁRVORES EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA SECUNDÁRIA NA REGIÃO DO REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL 365
SPATIAL DEPENDENCE OF DIFFERENT HEIGHTS OF THE TREES IN A FRAGMENT OF SECONDARY FOREST IN PLATEAU REGION OF THE RIO GRANDE DO SUL
- Lúcio de Paula Amaral; Michelle Dullius; Luiz Thiago Brondani Greff; Regiane Aparecida Ferreira; Ricardo Simão Diniz Dalmolin; Paulo Renato Schneider
FITOSSOCIOLOGIA DE UM FRAGMENTO FLORESTAL DA ÁREA REMANESCENTE DA USINA HIDRELÉTRICA PEIXE-ANGICAL, NO MUNICÍPIO DE PEIXE, TOCANTINS 374
PHYTOSOCIOLOGY IN A REMAINING ÁREA IN PEIXE-ANGICAL HYDROELECTRIC POWER IN PEIXE TOWN – TOCANTINS
- Maria Cristina Bueno Coelho; Patrick dos Santos Bastos; Elaine Aparecida Kroetz; Marília Oliveira Camargo; Dennis Veloso Pereira; Leovigildo Aparecido dos Santos; Mauro Luiz Erpen
MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO EM ALTURA DE *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA-IGARASSU, PERNAMBUCO, BRASIL 383
MODELLING THE HEIGHT DISTRIBUTION OF *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers IN A DENSE OMBROPHILOUS FOREST FRAGMENT-IGARASSU, PERNAMBUCO, BRAZIL

Mayara Dalla Lana; Carlos Frederico Lins e Silva Brandão; Sylvio Péllico Netto; Luiz Carlos Marangon; Francelo Mognon	
DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA EM ERVAL SECO, RS, BRASIL	390
DIAMETE DISTRIBUTION MIXED OMBROPHYLOUS FOREST MONTANA IN ERVAL SECO, RS, BRAZIL	
Rafael Vendruscolo; Fabiano de Oliveira Fortes; Gabriel Dal Agnol; Charles Rodrigo Belmonte Maffra	
ESTIMATIVA DE BIOMASSA E DO CARBONO EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM SISTEMA FAXINAL	399
BIOMASS AND CARBON OF ESTIMATION IN FLORESTA OMBROFILA MISTA IN SYSTEM FAXINAL	
Suelen Cristina Vanzetto; Luciano Farinha Watzlawick; Rafaelo Balbinot; Rafael Vendruscolo; Gabriel Dal Agnol	
ESTRATIFICAÇÃO VOLUMÉTRICA DA FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ, EXTREMO NORTE, BRASIL	404
ESTRATIFICATION VOLUMETRIC OF STATE FOREST OF AMAPÁ, BRAZIL	
Robson Borges de Lima; Perseu da Silva Aparício; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Eleneide Doff Sota; Marcelino Carneiro Guedes; Lana Patrícia dos Santos Oliveira	
COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS OBTIDAS PELOS MÉTODOS TRADICIONAIS DE CAMPO E A VARREDURA LASER TERRESTRE A DIFERENTES DISTÂNCIAS DA ÁRVORE	411
COMPARISON OF DENDROMETRIC VARIABLES OBTAINED BY TRADITIONAL FIELD METHODS AND TERRESTRIAL LASER SCANNING AT DIFFERENT DISTANCES FROM THE TREE	
Rorai Pereira Martins Neto; André Leonardo Bortolotto Buck; Matheus Nunes Silva; Christel Lingnau; Álvaro Muriel Lima Machado; Vagner Alex Pesck	
ESTUDO COMPARATIVO DA PRODUTIVIDADE NA CONDUÇÃO DE <i>Eucalyptus</i> sp. NA REGIÃO DA DEPRESSÃO CENTRAL, RS	419
COMPARATIVE STUDY OF PRODUCTIVITY IN THE CONDUCT OF <i>Eucalyptus</i> sp. IN THE REGION OF DEPRESSION CENTRAL, RS	
Rudy Almansa Silva; Rafael Machado da Silva; Eduardo Pagel Floriano	
ESTIMATIVAS DE BIOMASSA DE FUSTE DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i> sp. NA CHAPADA DO ARARIPE, PERNAMBUCO	425
ESTIMATING STEM BIOMASS OF <i>Eucalyptus</i> sp. CLONES IN CHAPADA DO ARARIPE, PERNAMBUCO	
Rute Berger; José Antônio Aleixo da Silva; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira; Fernando Henrique de Lima Gadelha; Francisco das Chagas Vieira Sales; José Alves Tavares	
ANÁLISE DE SEIS FORMAS DE CONCEPÇÃO DE UM MODELO DE REGRESSÃO: UM ESTUDO COM DADOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA	432
ANALYSIS OF SIX WAYS TO DESIGN A REGRESSION MODEL: A STUDY WITH DATA FOR HYPSONOMETRIC RELATIONSHIP	
Rodrigo Geroni Mendes Nascimento; Bruno Henrique Czelusniak; Sebastião do Amaral Machado	
MODELAGEM DA PRODUÇÃO DA BRACATINGA (<i>Mimosascabrella</i> Benth.) NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	439
YIELD MODELLING OF BRACATINGA (<i>Mimosascabrella</i> Benth.) IN THE METROPOLITAN REGION OF CURITIBA	
Luiza Maria Teóphilo Aparecido; Sebastião do Amaral Machado; Ronan Felipe de Souza; Andressa Ribeiro	
AVALIAÇÃO DO AFILAMENTO E SORTIMENTO DE <i>Pinuselliottii</i> Engelm NA REGIÃO CENTRO-SUL DO PARANÁ	447
EVALUATION OF THE TAPERING AND ASSORTMENT OF <i>Pinuselliottii</i> Engelm IN	

SOUTHERN OF PARANA STATE	
Sintia Valerio Kohler; Fabiane Aparecida de Souza Retslaff; Rômulo Môra; Afonso Figueiredo Filho; Henrique Soares Koehler	
ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS: ESTUDO DE CASO EM REMANESCENTES DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa	456
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS: A CASE STUDY IN TROPICAL RAIN FOREST REMAINED	
Sonia Maria Kurchaidt; Vitor Hugo Zanette; Luciano Farinha Watzlawik; Henrique Soares Koehler	
CRESCIMENTO EM ALTURA EM ÁRVORES INDIVIDUAIS DE <i>Eucalyptus</i>	463
INDIVIDUAL TREE HEIGHT GROWTH MODEL IN <i>Eucalyptus</i>	
Fabrini Bolzan Martins; Carlos Pedro Boechat Soares; Renato Vinícius Oliveira Castro	
EQUAÇÕES DE VOLUME E BIOMASSA PARA <i>Mimosatenuiflora</i> (Willd.) Poir.	472
VOLUME AND BIOMASS EQUATIONS FOR <i>Mimosatenuiflora</i> (Willd.) Poir.	
Francisco Tarcisio Alves Junior; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira; José Antônio Aleixo da Silva; Luiz Carlos Marangon; Allyson Rocha Alves; Iram José do Herval Mendes Junior; David Fagner de Souza e Lira	
ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ESTOQUE DE CARBONO EM UM PLANTIO DE <i>Eucalyptus</i> NO SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO	484
ANALYSIS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF CARBON STOCK IN A <i>Eucalyptus</i> PLANTATION IN SOUTHERN OF SÃO PAULO	
Amanda Candida Ribeiro Nunes; José Márcio de Mello; José Roberto Soares Scolforo; Marcela de Castro Nunes Santos; Daniela Cunha da Sé	
USO DE GOAL PROGRAMMING PARA O AJUSTE DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA UM POVOAMENTO DE <i>Eucalyptus grandis</i>	491
USE OF GOAL PROGRAMMING TO FIT HYPSONOMETRIC MODELS FOR A <i>Eucalyptus grandis</i> STAND	
André Luiz Raimundo Faria; André Lara Miranda Moura; Elliezer de Almeida Melo; Lucas Rezende Gomide; José Márcio Mello	
USO DA METAHEURÍSTICA NA REGULAÇÃO FLORESTAL CONSIDERANDO DIFERENTES ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DA FLORESTA	499
FOREST REGULATION USING SIMULATED ANNEALING METAHEURISTIC CONSIDERING DIFFERENT FOREST DEVELOPMENT STAGES	
Elliezer de Almeida Melo; André Luiz Raimundo Faria; André Lara de Miranda Moura; Lucas Rezende Gomide; Daniela Cunha da Sé	
AJUSTE DE EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVAS DE CARBONO EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA	508
EQUATIONS ADJUST FOR ESTIMATING CARBON IN A MOUNTAIN ARAUCARIA FOREST REMAINING	
Patrik John Martins; Luciano Farinha Watzlawick; Angelo Augusto Ebling; Aurélio Lourenço Rodrigues	
ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA DO ESTRATO ARBÓREO E DA REGENERAÇÃO NATURAL EM UM PLANTIO DE <i>Eucalyptus</i> sp., SANTA MARIA, RS	517
PHYTOSOCIOLOGICAL ANALYSIS IN TREE STRATUM AND NATURAL REGENERATION ESTABLISHED IN <i>Eucalyptus</i> sp. PLANTATION, SANTA MARIA, RS	
Camila Andrzejewski; Rafael Marian Callegaro; Solon Jonas Longhi; Cristina Gouvêa Redin; Francisco de Souza Weber; Kelen Pureza Soares; Gerson Lisboa	
DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA, ESPACIAL, CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS E SILVICULTURAIS DE <i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. Ex Mez, NA FLORESTA DO ESTADO DO AMAPÁ (FLOTA/AP), BRASIL	526
DIAMETRIC AND SPATIAL DISTRIBUTION, ECOLOGIC AND SILVICULTURAIS CHARACTERISTICS OF <i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. Ex Mez, IN FOREST STATE	

OF AMAPÁ, BRAZIL

Camila Elizabete Severiano; Perseu da Silva Aparício; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Eleneide Doff Sota; Marcelino Carneiro Guedes; Lana Patrícia dos Santos Oliveira

CRESCIMENTO DE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. NA REGIÃO DE FREDERICO WESTPHALEN, RS. 534

GROWTH OF *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud IN THE REGION FREDERICO WESTPHALEN, RS

Catiane Casarin; Magda Lea Bolzan Zanon; Marcelo Roveda; Mateus Basso

DINÂMICA, ESTRUTURA E DISPERSÃO DE *Cryptocarya aschersoniana* Mez., EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO SUL DO BRASIL 544

DYNAMIC, STRUCTURE AND DISPERSION OF *Cryptocarya aschersoniana* Mez., IN FRAGMENT OF ARAUCARIA FOREST IN THE SOUTH OF BRAZIL

Cristina Gouvêa Redin; Gerson dos Santos Lisboa; Francisco de Souza Weber; Kelen Pureza Soares; Rafael Marian Callegaro; Solon Jonas Longhi; Eduardo Kneipp Londero

ESTRUTURA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E VOLUMETRIA DA *Carapaguianensis* Aubl. EM FLORESTA DE VÁRZEA NO ESTADO DO AMAPÁ, BRASIL 551

STRUCTURE, SPATIAL DISTRIBUTION AND VOLUMETRIC *Carapaguianensis* Aubl. IN FLOODPLAIN FOREST IN THE AMAPÁ STATE, BRAZIL

Diego Armando Silva da Silva; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Perseu da Silva Aparício; Anderson Pedro Bernardina Batista; João Ramos de Matos Filho; Robson Borges de Lima

CLOSE-TO-NATURE SILVICULTURE IN GERMANY – THE KEY FOR MULTIPURPOSE FORESTRY IN TIMES OF CLIMATE CHANGE 557

A SILVICULTURA ORIENTADA NA NATUREZA NA ALEMANHA – A CHAVE PARA O MANEJO DIVERSIFICADO DE FLORESTAS NOS TEMPOS DO CÂMBIO CLIMÁTICO

Peter Spathelf; Leif Nutto; Andreas Bolte

ARRANJO ESPACIAL E DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DA *Gustavia augusta* L. EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME NO AMAPÁ, BRASIL 563

SPATIAL PATTERN AND DIAMETRIC DISTRIBUTION *Gustavia augusta* L. IN UPLAND FOREST IN AMAPÁ, BRAZIL

Edielza Aline dos Santos Ribeiro; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Luiz Carlos Marangon; Marcelino Carneiro Guedes; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira; Perseu da Silva Aparício

EQUAÇÕES HIPSOMÉTRICAS PARA PLANTAÇÕES DE PARICÁ (*Shizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) NA REGIÃO DE PARAGOMINAS, PA 569

HYPOMETRICS EQUATIONS FOR PLANTATIONS OF PARICÁ (*Shizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) IN THE REGION OF PARAGOMINAS, PA

Gilson Fernandes da Silva; Larissa Bitti Vescovi; Luciano Zumerle Zaneti; Marco Antônio Siviero; Elter Martins dos Santos; Leandro Tose Martins

AVALIAÇÃO DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS TRADICIONAIS E GENÉRICOS PARA *Acacia mangium* 577

EVALUATION OF TRADITIONAIS AND GENERICS HIPSOMETRIC MODELS FOR *Acacia mangium*

Leandro Tose Martins; Elter Martins dos Santos; Onair Mendes de Oliveira; Diego Piva Cezana; Gilson Fernandes da Silva; Adriano Ribeiro Mendonça

DETERMINAÇÃO DA IDADE DO DESBASTE EM FLORESTA DE *Pinus* BASEADO NO ÍNDICE DE DENSIDADE DE POVOAMENTO 582

DETERMINATION OF AGE IN THE THINNING OF *Pinus* FOREST BASED ON STAND DENSITY INDEX

Ernani Lopes Possato; Elliezer de Almeida Melo; Natalino Calegario; Rômulo Barbosa Veloso; Sabrina Mandarano Maciel

ANÁLISE DE VARIÁVEIS PARA AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DIMENSIONAL DE ALBURNO E CERNE DE *Hovenia dulcis* 589

ANALYSIS OF VARIABLES FOR ASSESSING THE DIMENSIONAL STABILITY OF

- THE SAPWOOD AND HEARTWOOD *Hoveniadulcis***
Felipe Susin; Elio José Santini; Manuela Duarte; Douglas Edson Carvalho; Bibiana Regina Argenta Vidrano
- EQUIVALENCIA VOLUMETRICA PARA ESTIMAR O VOLUME DE ÁRVORES DA AMAZÔNIA** 594
VOLUMETRIC EQUIVALENCE TO ESTIMATE VOLUME OF TREES IN THE AMAZON
Fernando da Silva
- REESTABELECIMENTO DA VEGETAÇÃO DE CERRADO *SENSU STRICTO* NO SUBBOSQUE DE UM PLANTIO DE PINUS - UBERLÂNDIA, MG.** 602
CERRADO VEGETATION REESTABLISHMENT IN THE UNDERSTORY OF A PINUS STAND - UBERLÂNDIA, MG.
Gastão V. Pinho Júnior; André R. Terra Nascimento; Barbara T. Valverde; Lucas H. Clemente
- UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR NA REGULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE UM SISTEMA AGROFLORESTAL** 610
USING LINEAR PROGRAMMING TO REGULATE AN AGROFORESTRY SYSTEM'S PRODUCTION
Gustavo Eduardo Marcatti; Helio Garcia Leite; Carlos Antonio Álvares Soares Ribeiro; Carlos Alberto A. Júnior; Renato Vinícius Oliveira Castro; Ricardo de Oliveira Gaspar; Francine Kelli Quinhones Bonatti
- ESTIMATIVAS DE VOLUMES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden USANDO EQUAÇÕES DE VOLUME E FATORES DE FORMA COM ESTRATIFICAÇÃO EM CLASSES DIAMÉTRICAS** 618
ESTIMATES OF INDIVIDUAL VOLUMES OF *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden USING VOLUME EQUATIONS AND FORM FACTORS WITH STRATIFICATION IN DIAMETER CLASSES
Gabrielle Hambrecht Loureiro; Rafaella De Angeli Curto; Sintia Valerio Kohler; Afonso Figueiredo Filho; Jonas Flores Vargas; Nelson Carlos Rosot
- POTENCIAL ECOLÓGICO PARA O MANEJO DA *Virolasurinamensis* (Rol. Ex. Rottb.) Warb. EM UM AMBIENTE DE VÁRZEA NA RESEX DO RIO CAJARI, AMAPÁ, BRASIL** 625
ECOLOGICAL POTENTIAL FOR THE MANAGEMENT OF *Virolasurinamensis* (Rol. Ex. Rottb.) Warb. IN AN ENVIRONMENT OF FLOODPLAINS RESEX IN RIVER CAJARI, AMAPÁ, BRAZIL
Harliany de Brito Matias; Wegliane Campleo da Silva Aparicio; Luiz Carlos Marangon; Marcelino Carneiro Guedes; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira; Perseu da Silva Aparicio
- COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE CUBAGEM ABSOLUTA PARA ESTIMATIVA DE ALTURA TOTAL PARA CADA IDADE EM ANÁLISE DE TRONCO DE *Pinustaeda*.** 631
COMPARISON OF ABSOLUTE SCALING METHODS FOR HEIGHT ESTIMATION IN DIFFERENT AGES USING STEM ANALYSIS FOR *Pinustaeda*.
Henrique Moreira Dabien Haddad; José Roberto Soares Scolforo; Bruno Rogério Cruz; Kalill José Viana da Pásco; Reinaldo Frederico Siqueira Montalvão
- RECOMPOSIÇÃO DA RESERVA LEGAL: O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI – RS** 640
RECOMPOSITION OF LEGAL RESERVE: DEVELOPMENT INITIAL FIVE TREE SPECIES NATIVE NA REGION ALTO URUGUAI - RS
Jonathan William Trautenmüller; Edison Bisognin Cantarelli; Charles Rodrigo Belmonte Maffra; Alex Haubert Pilger; Rafael Vendruscolo; Gabriel Dal Agnol
- USO DA IDENTIDADE ENTRE MODELOS PARA COMPARAÇÃO DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS AJUSTADAS PARA *Pinustaeda*** 646
USE OF IDENTITY BETWEEN MODELS FOR COMPARISON OF VOLUMETRIC EQUATION FOR ADJUSTED *Pinustaeda*
Kalill José Viana da Páscoa; José Roberto Soares Scolforo; Bruno Rogério Cruz; Henrique Moreira Dabien Haddad; Ana Luiza Rufini Pinto

- EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA E RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS NÃO MADEIREIROS NA FLORESTA AMAZÔNICA OCIDENTAL DO ESTADO DO ACRE, BRASIL** 653
- PREDATORY EXPLORATION AND RECOMMENDATIONS FOR SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT NON-WOOD PRODUCTS IN AMAZON, STATE OF ACRE, BRAZIL**
- Glória da Silva Almeida; Kamila de Andrade Oliveira; Millan de Andrade Fontenele; Anderson Marcos de Souza; Reginaldo Sergio Pereira; Paulo Oliveira Souza; Andréia da Silva Almeida
- RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA E DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Eucalyptusgrandis* Hill ex Maiden NA MICRORREGIÃO DE CRUZ ALTA, RS** 663
- HYSOMETRIC RELATION AND DIAMETER DISTRIBUTION OF *Eucalyptusgrandis* Hill ex Maiden IN THE MICROREGION OF CRUZ ALTA, RS**
- Leonardo Job Biali; Jorge Antonio de Farias; Luana Dessbesell
- SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NA REGIÃO DA QUARTA COLÔNIA, RS, BRASIL** 672
- ECONOMIC SUSTAINABILITY IN DECIDUAL SEASONAL FOREST IN THE REGION OF FOURTH COLONY, RS, BRAZIL**
- Frederico Dimas Fleig; Emanuel Arnoni Costa; Evandro Alcir Meyer; Jean Pierre Cavalli; Lílian Daniel Pereira; Rafael Cubas; Tatiane Chassot
- ESTRUTURA POPULACIONAL DA ESPÉCIE *Vouacapouaamericana* Aubl. EM FLORESTA DE TERRA FIRME NO ESTADO DO AMAPÁ, BRASIL** 679
- POPULATION STRUCTURE OF *VouacapouaAmericana* Aubl. IN UPLAND FOREST IN AMAPÁ, BRAZIL**
- Luandson Araújo de Souza; Perseu da Silva Aparício; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Eleneide Doff Sotta; Marcelino Carneiro Guedes; Lana Patrícia dos Santos Oliveira
- ESTRUTURA DE FLORESTA MANEJADA POR COMUNITÁRIOS NA FLONA TAPAJÓS** 686
- STRUCTURE OF A MANAGED FOREST BY VILLAGERS AT TAPAJOS NATIONAL FOREST**
- Lucas Cunha Ximenes; Diego dos Santos Vieira; João Ricardo Vasconcellos Gama; Renato Bezerra da Silva Ribeiro; Viviane Vasconcelos Corrêa; Adriana Ferreira Alves
- CARACTERIZAÇÃO DA *Carapaguianensis* Aubl. (ANDIROBA) EM FLORESTA DE TERRA FIRME, PORTO GRANDE/AP, BRASIL** 694
- CHARACTERIZATION OF *Carapaguianensis* Aubl. (ANDIROBA) IN upland forest, Porto Grande / AP, BRAZIL**
- Marciane Furtado Freitas; Perseu da Silva Aparício; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Eleneide Doff Sotta; Marcelino Carneiro Guedes; Lana Patrícia dos Santos Oliveira
- DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE ÁRVORES SINGULARES DE *Araucariaangustifolia*** 700
- DETERMINATION OF NATURAL TREE PRODUCTIVITY *Araucariaangustifolia***
- Mateus Basso; Jonathan W. Trautenmüller; Tiago F. da Silva; Felipe Turchetto; Catiane Casarin; Fabiano de Oliveira Fortes
- ESTIMATIVA DE VOLUME EM MADEIRA DE *Schinusterebinthifolius* PARA A REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO, BRASIL** 707
- EQUATION TO ESTIMATE THE WOOD VOLUME OF *Schinusterebinthifolius* FOR THE LOWER SÃO FRANCISCO REGION, SERGIPE, BRAZIL**
- Vitor Dressano Domene; Andreia Taborda dos Santos; Patrícia Póvoa de Mattos; Evaldo Muñoz Braz; Anabel Aparecida Mello
- DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA, ESPACIAL E VOLUMETRIA DE *Dipteryxodorata* (Aubl.) Willd (CUMARU) NA FLORESTAL ESTADUAL DO AMAPÁ - FLOTA - AP** 714
- DIAMETER DISTRIBUTION, SPACIAL AND VOLUMETRIC OF *Dipteryxodorata* (Aubl.) Willd (CUMARU) IN STATE FOREST AMAPÁ - FLOTA- AP**
- Raianny Nayara de Souza; Perseu da Silva Aparício; Wegliane Campelo da Silva Aparício;

- Eleneide Doff Sotta; Marcelino Carneiro Guedes; Lana Patrícia dos Santos Oliveira
DINÂMICA DA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DO BANCO DE PLÂNTULAS EM REMANESCENTE DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL 720
DYNAMICS OF STRUCTURE AND FLORISTIC BANK OF SEEDLINGS IN REMAINING DECIDUOUS FOREST
- Raquel Helena Felberg Jacobsen; Marta Volpato Scctoti; Ana Shaura Oliveira Pinheiro; Maristela Machado Araujo; Thaíse da Silva Tonetto; Fernando Cunha da Silva; Solon Jonas Longhi
AVALIAÇÃO DA CONJUNTURA DO MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NO ESTADO DO ACRE UTILIZANDO COMO FERRAMENTA A ANÁLISE SWOT 726
ASSESSMENT OF THE SITUATION OF SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN THE STATE OF ACRE USING A SWOT ANALYSIS AS A TOOL
- Renato Cesar Gonçalves Robert; Karine Ramos da Rosa Bellon; Adriana da Silva Santos
CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DE UMA FLORESTA DE VÁRZEA SUBMETIDA À AÇÃO ANTRÓPICA EM MACAPÁ-AP 733
ECOLOGICAL CLASSIFICATION OF A FLOODPLAIN FOREST SUBJECT TO ANTHROPIC ACTION ON MACAPÁ-AP
- Robson Carmo Lima; Perseu da Silva Aparício; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Diego Armando Silva da Silva; Robson Borges de Lima; Vanessa Silva dos Santos
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM EM UM FRAGMENTO DE CERRADO *SENSU STRICTO* EM JATAÍ-GO 740
COMPARISON OF SAMPLING METHODS IN A CERRADO *SENSU STRICTO* FRAGMENT IN JATAÍ-GO
- Renan Augusto Miranda Matias; Francisco Costa Júnior¹; Bruno Silva Ferreira; Mauro Antônio Oliveira Assis; Thelma Shirlen Soares
CRESCIMENTO INICIAL E SOBREVIVÊNCIA DE *Eucalyptus dunnii* Maiden EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM SOLO ARENOSO NO RIO GRANDE DO SUL 745
INITIAL GROWTH AND SURVIVAL OF *Eucalyptus dunnii* Maiden IN DIFFERENT SPACING IN SANDY SOIL IN RIO GRANDE DO SUL
- Suzana Ferreira da Rosa; Dalvan José Reinert; Frederico Dimas Fleig; Mayra de Souza Dettmer; Claudine Ohana Barcellos Consensa; Charlotte Wink; Neiva Somavilla Gelaen
ANÁLISE DA CONTINUIDADE ESPACIAL DO PROCESSO DE REGENERAÇÃO NATURAL POR BANCO DE SEMENTES 751
ANALYSIS OF SPATIAL CONTINUITY OF PROCESS BY NATURAL REGENERATION OF SEED BANK
- Daniela Cunha da Sé; Crysttlian Arantes Paixão; Guilherme Dias De Freitas; André Luiz Raimundo Faria; José Marcio de Mello
MODELAGEM DO INGRESSO E DA MORTALIDADE DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO CENTRO-SUL DO ESTADO DO PARANÁ 760
MODELING OF ENTRY AND MORTALITY OF ARAUCARIA FOREST FRAGMENT IN SOUTH CENTRAL STATE PARANÁ
- Thiago Floriani Stepka; Andrea Nogueira Dias; Afonso Figueiredo Filho; Sebastião do Amaral Machado; Gerson dos Santos Lisboa
PROGNOSE DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA DAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA Lauraceae Juss. PELO EMPREGO DE MATRIZ DE TRANSIÇÃO EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA 767
PROGNOSTIC OF THE DIAMETER STRUCTURE OF SPECIES FROM Lauraceae Juss. FAMILY BY TRANSITION MATRIX IN FRAGMENT OF MIXED OMBROPHYLOUS FOREST
- Francisco de Souza Weber; Gerson dos Santos Lisboa; Thiago Floriani Stepka; Gustavo Martins Uberti; Cristina Gouvêa Redin; Solon Jonas Longhi
SISTEMA AGROFLORESTAL DA ERVA-MATE COM *Eucalyptus*: CONSORCIO PARA AGREGAÇÃO DE VALOR 777
AGROFORESTRY SYSTEM OF YERBA MATE WITH *Eucalyptus*: CONSORTIUM FOR ADDED VALUE

- Überson Boaretto Rossa; Alessandro Camargo Angelo; Ivan Crespo Silva; Jorge Zbigniew Mazuchowski; Renato Viana Gonçalves
- EFEITOS DE DIFERENTES INTENSIDADES DE CORTES SELETIVOS SOBRE A ESTRUTURA DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA SECUNDÁRIA** 783
- EFFECTS OF DIFFERENT INTENSITIES OF SELECTIVE CUTS ON THE STRUCTURE OF A SECONDARY ARAUCARIA FOREST**
- Régis Villanova Longhi; Paulo Renato Schneider; Solon Jonas Longhi; Ana Flávia Boeni
- VOLUMETRIA E ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE ÁREAS DE CERRADO SENSU- STRICTO NO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL** 792
- VOLUMETRY AND DIAMETER STRUCTURE IN AREAS OF BRAZILIAN SAVANNA IN MINAS GERAIS, BRAZIL**
- Ana Beatriz Silva; Quinny Soares Rocha; Daniela Vasconcelos Pinheiro; Bruna de Carvalho Roldão; Christian Dias Cabacinha
- CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA ESPÉCIE *Theobromasubincanum* Mart (Cupuí) NA RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO CAJARI, AMAPÁ- BRASIL** 798
- STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF *Theobromasubincanum* Mart. (Cupuí) IN THE EXTRACTIVE RESERVE CÁJAR RIO, BRAZIL-AMAPÁ**
- Carla Samara Campelo de Sousa; Suellen Cristina Pantoja Gomes; Vanessa Carla Campelo de Sousa; Diego Armando Silva da Silva; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Marcelino Carneiro Guedes; Perseu da Silva Aparício
- CUSTO BENEFÍCIO DE NÚCLEOS DE BIODIVERSIDADE NA RESERVA HIDROFLORESTAL, SARANDI – RS.** 806
- COST BENEFIT OF NUCLEUS OF BIODIVERSITY, IN RESERVE HIDROFLORESTAL, SARANDI – RS**
- Dal Agnol, G.; Balbinot, R.; Vendruscolo, R.; Wille, V. K. D.; Maffra, C. R. B.
- ESTUDO DIGITAL EM ANÉIS DE *Araucariaangustifolia* LOCALIZADAS NA FLORESTA NACIONAL DE PIRAÍ DO SUL - PR** 815
- STUDY DIGITAL IN RINGS OF *Araucariaangustifolia* LOCATED IN THE FOREST NATIONAL OF PIRAÍ DO SUL - PR**
- Vanessa Silva Moreira; Adelson Prestes; Nivaor Rodolfo Rigozo; Alan Prestes
- PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E ESTRUTURA DIAMÉTRICA DA ESPÉCIE *ProtiumPallidum* Cuatrec. EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME NA RESEX CAJARI, AMAPÁ-BRASIL** 820
- SPATIAL DISTRIBUTION PATTERN AND DIAMETRIC STRUCTURE OF *Protiumpallidum* Cuatrec. IN AN UPLAND FOREST IN RESEX CAJARI, AMAPÁ- BRAZIL**
- Caroline da Cruz Vasconcelos; Marcos Alves Nicacio; Jaynna Gonar Lôbo Isacksson; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Marcelino Carneiro Guedes; Perseu da Silva Aparício
- RELAÇÃO DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA DAS ESPÉCIES ACAPÚ (*Vouacapouaamericana* Aublet) E BREU-BRANCO (*Protiumpallidum* Cuatrec) COM DIFERENTES ALTURAS COMERCIAIS** 827
- RELATIONSHIP FOR THE DIAMETER STRUCTURE OF SPECIES BREU WHITE (*Vouacapouaamericana* Aublet) AND ACAPÚ (*Protiumpallidum* Cuatrec) WITH DIFFERENT COMERCIAL HEIGHT**
- Erick Silva dos Santos; Perseu da Silva Aparício; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Eleneide Doff Sota; Marcelino Carneiro Guedes; Lana Patrícia dos Santos Oliveira
- EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS DE SIMPLES E DUPLA ENTRADA PARA ESTIMAR VOLUME COMERCIAL EM PÉ EM FLORESTA TROPICAL ÚMIDA** 836
- VOLUMETRIC EQUATION OF SINGLE AND DOUBLE ENTRY TO ESTIMATE VOLUME BUSINESS STANDING IN TROPICAL RAIN FOREST**
- Marilu Ramos; Afonso Figueiredo Filho
- INFLUÊNCIA DA PROFUNDIDADE DA ESTAQUIA SOBRE O ENRAIZAMENTO E BROTAÇÃO DE *Salixhumboldtiana* Wild.** 843

EFFECT OF DEPTH ON IGHLIGHTS ROOTING AND BUDDING OF <i>SalixHumboldt</i> Wild.	
Miguel Antão Durlo; Fabrício Jaques Sutili; Meri Diana Strauss Foesch	
ANÁLISE DE VARIÁVEIS DENDOMÉTRICAS EM PLANTIO EXPERIMENTAL DE CINCO ESPÉCIES DE <i>Pinus</i> sp.	849
ANALYSIS OF DENDOMETRIC VARIABLES OF FIVE <i>Pinus</i> sp. SPECIES IN AN EXPERIMENTAL STAND	
Paula Carolina Gomides Vitor; Henrique Ferraço Scolforo; José Roberto Soares Scolforo; Antônio Carlos Ferraz Filho; Vinicius Augusto Moraes	
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA CANDEIA EM PLANTIO SUJEITO A DESRAMA	857
GROWTH AND PRODUCTION OF CANDEIA PLANTATION AT PRUNING	
Charles Plinio de Castro Silva; Henrique Ferraço Scolforo; José Marcio de Mello; Antônio Donizette Oliveira; Marcel Régis Raimundo	
FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA EM ÁREAS DE MANEJO DE AÇAIZAIS NO ESTUÁRIO AMAZÔNICO	867
FLORISTIC AND PHYTOSOCIOLOGY IN AÇAÍ MANAGEMENT AREAS IN THE AMAZON ESTUARY	
Juliana Eveline Farias; Marcelino Carneiro Guedes; Ana Margarida Castro Euler	
MATRIZ DE TRANSIÇÃO PARA SIMULAÇÃO DA DINÂMICA DE UM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM NOVA PRATA, RS	875
TRANSITION MATRIX MODEL FOR DYNAMIC SIMULATING OF AN OMBROFILUS MIXED FOREST REMAINING LOCATED IN NOVA PRATA, RS	
Priscila de Moraes Pinto Bitencourt; Ana Flávia Boeni; Málaga Monteiro Bastos de Faria Soutto Mayor da Motta	
FENOLOGIA DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL EM ARAUCÁRIA, PR	882
PHENOLOGY OF FOREST SPECIES IN A FRAGMENT OF OMBROPHYLOUS FLOODPLAIN FOREST AT ARAUCARIA, PR	
Jaçanan Eloisa de Freitas Milani; Tomaz Longhi Santos; Maria Raquel Kanieski; Bruno Palka Miranda; Carlos Vellozo Roderjan; Franklin Galvão	
AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DE UM CAMBISSOLO PELO TRÁFEGO DE MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL UTILIZANDO MÉTODOS GEOESTATÍSTICOS	889
ASSESSMENT OF COMPACTION OF CAMBISSOL BY TRAFFIC OF LOGGING MACHINES USING GEOSTATISTICS METHODS	
Jean Alberto Sampietro; Cedinara Arruda Morales; Eduardo da Silva Lopes; José Miguel Reichert; Julio Cesar Winches Soares; Eduardo Kneipp Londero	
INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM MICROBACIAS LOCALIZADAS NO BIOMA PAMPA	896
INFLUENCE OF LAND USE IN THE WATERSHED RUNOFF LOCATED IN PAMPA BIOME	
Mirian Lago Valente; Marilia Ferreira Tamiosso; Edner Baumhardt; Catarine Barcellos Consensa; Jussara Cabral Cruz; Rutinéia Tassi	
FITOSSOCIOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM ARABUTÃ, SC	903
PHYTOSOCIOLOGICAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF A FRAGMENT OF DECIDUOUS FOREST IN ARABUTÃ, SC	
Jonas Eduardo Bianchin; Cilmar Antônio Dalmaso; Uberson Boarreto Rossa; Tomaz Longhi Santos	
AVALIAÇÃO DAS DIFERENÇAS ESPECTRAIS DE MUDAS DE <i>Mataybaelaeagnoides</i> Radlk. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO	911
EVALUATION OF DIFFERENCES IN SPECTRAL <i>Mataybaelaeagnoides</i> Radlk. SEEDLING SUNDER DIFFERENT LEVELS OF SHADING	

- Luana Dessbesell; Daniele Guarienti Rorato; Adriana Falcão Dutra; Rudiney Soares Pereira; Maristela Machado Araujo
- ESTOQUES DE BIOMASSA EM PLANTIOS DE *Hymenaeacourbaril* L. SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO EM SOLO DE ÁREA ALTERADA PELA AGRICULTURA NA REGIÃO DE MANAUS-AM** 919
- BIOMASS STOCKS IN PLANTATIONS OF *Hymenaeacourbaril* L. UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF MANURE IN SOIL AREA MODIFIED FOR AGRICULTURE IN THE REGION OF MANAUS-AM**
- Rodrigo Pinheiro Bastos; João Baptista Silva Ferraz; Ana Flávia Boeni; Priscila de Moraes Pinto Bitencourt
- ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS PARA O *Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville NO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL** 929
- ESTIMATES FOR THE VOLUMETRIC *Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville IN THE NORTH OF MINAS GERAIS, BRAZIL**
- Aldenir Teixeira da Gama; Christian Dias Cabacinha; Messulan Rodrigues Meira; Ricardo Tuller Mendes; Priscila Hoffman Pimenta
- ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DO *Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville NO CERRADO DE MINAS GERAIS, BRASIL** 934
- VERTICAL STRATIFICATION OF *Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville IN THE BRAZILIAN SAVANNA OF MINAS GERAIS STATE, BRAZIL**
- Messulan Rodrigues Meira; Aldenir Teixeira da Gama; Christian Dias Cabacinha; Lourdes Silva de Figueiredo; Ricardo Tuller Mendes; Priscila Pimenta Hoffmann
- ANÁLISE MORFOMETRICA DE ÁRVORES SINGULARES DE *Cedrela fissilis* (Vell) EM DE SANTA MARIA, RS** 940
- MORPHOMETRIC ANALYSIS OF *Cedrela fissilis* (Vell) SINGLES TREES IN SANTA MARIA, RS**
- Jean Pierre Cavalli; Cesar Augusto Guimarães Finger; Gustavo Fernandes da Silva
- RELAÇÃO ENTRE SOLO E A ESTRUTURA DA POPULAÇÃO DE *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A.Mori (MATAMATÁ BRANCO) EM UM AMBIENTE DE TERRA FIRME, AMAPÁ, BRASIL** 949
- RELATIONSHIP BETWEEN SOIL AND STRUCTURE POPULATION *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A.Mori (MATAMATA WHITE) IN A FIRM GROUND, AMAPÁ, BRAZIL**
- Rafaela Santos Lopes; Wegliane Campelo da Silva Aparício; Luiz Carlos Marangon; Marcelino Carneiro Guedes; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira; Perseu da Silva Aparício
- MÉTODOS DE CONTROLE DA REGENERAÇÃO NATURAL DA ESPÉCIE EXÓTICA UVA-DO-JAPÃO (*Hoveniadelphicis* Thunb.) NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA** 957
- METHODS OF CONTROLLING THE NATURAL REGENERATION OF AN EXOTIC JAPANESE SPECIES (*Hoveniadelphicis* Thunb.) IN THE MIXED-ARAUCARIA FOREST**
- Lucas Carvalho Costa; Carlos Roberto Sanquetta; Ana Paula Dalla Corte; Francelo Mognon
- FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA** 963
- FLORISTIC COMPOSITION AND PHITOSOCIOLOGY OF MIXED-ARAUCARIA FOREST FRAGMENT**
- Adriane Roglin; Ana Paula Dalla Corte; Carlos Roberto Sanquetta; Francelo Mognon
- MODELAGEM DE MACRONUTRIENTES DO POVOAMENTO EM BRACATINGAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA** 974
- STAND MACRONUTRIENTS WEIGHT MODELLING OF *Mimosacabrella* IN THE METROPOLITAN REGION OF CURITIBA**
- Andressa Ribeiro; Sebastião do Amaral Machado; Luiza Maria Teóphilo Aparecido
- FITOSSOCIOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA ÁREA NO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DE SUAPE, CABO DE** 982

SANTO AGOSTINHO - PE

PHYTOSOCIOLOGICAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF TREE SPECIES IN AN AREA LOCATED IN THE PORT INDUSTRIAL COMPLEX SUAPE, CABO DE SANTO AGOSTINHO, PERNAMBUCO, BRAZIL.

Carlos Frederico Lins e Silva Brandão; Arlindo de Paula Machado Neto; Paulo Fernando Rodrigues Candido; Mayara Dalla Lana; David Fagner de Souza e Lira; Francisco Tarcísio Alves Junior

DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA COMO INDICADOR AMBIENTAL EM FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL 989**LITTER DEPOSITION AS ENVIRONMENTAL INDICATOR IN FRAGMENTS OF SEASONAL DECIDUOUS FOREST**

Grasiele Dick; Márcia d'Avila; Fabiano Fortes; Ana Paula Moreira Rovedder; Roselene Marostega Felker

CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, CAÇADOR, SC 997**GROWTH OF NATIVE TREE SPECIES FROM ARAUCARIA FOREST, CAÇADOR, SC, BRAZIL**

Andreia Tabora dos Santos; Aline Canetti; Camila Castilla Ruy; Marco Antônio Silva; Pollyni Ricken; Vítor Dressano Domene; Mariana Ferraz de Oliveira; Evaldo Muñoz Braz; Patrícia Póvoa de Mattos

MODELAGEM DE RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS PARA UM POVOAMENTO DE UM HÍBRIDO DE *Eucalyptus* SUBMETIDO A DESRAMA ARTIFICIAL 1006**MODELLING HIPSOMETRIC RELATIONS FOR A SETTLEMENT OF HYBRID *Eucalyptus* UNDER ARTIFICIAL PRUNING**

Diego Piva Cezana; Thiago Reggiani Cotta; Onair Mendes de Oliveira; Adriano Ribeiro de Mendonça; Gilson Fernandes da Silva; José Franklim Chichorro

AVALIAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO E ADAPTAÇÃO DE DIFERENTES ESPÉCIES DE *Eucalyptus* sp, NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ 1013**DEVELOPMENT AND EVALUATION OF ADAPTATION DIFFERENT *Eucalyptus* sp. IN SOUTHWEST PARANÁ**

Speltz, F. R.; Ribeiro, R. R.; Mezzalira, C. C.; Stenger, L. D.; Lima, A. L. P.; Brun, E. J.

INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE TORAS NO PADRÃO DE QUALIDADE DE ESTRADAS FLORESTAIS 1020**INFLUENCE OF THE ROAD LOG TRANSPORT IN THE STANDARD OF QUALITY OF FOREST ROADS**

Fabiano Emmert; Reginaldo Sérgio Pereira; Álvaro Nogueira de Souza; Raul Silvestre; Kamilla Andrade de Oliveira

CRESCIMENTO DE *Tectona grandis* L. F. A PARTIR DE ANÁLISE DE TRONCO 1030

Fernando Vinícius Menon, Andrea N. Dias, Afonso Figueiredo Filho, Júlio César de Christo

AJUSTE DA FUNÇÃO DE AFILAMENTO PARA POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* EM DIFERENTES CLASSES DE IDADE 1037**TAPER FUNCTION ADJUSTMENT FOR *Pinus taeda* STANDS IN DIFFERENT AGE CLASSES**

Matheus Andrade Ferreira; José Roberto Soares Scolforo; Nathalia de Paiva Mendonça; Paula Carolina Gomides Vitor; Amanda Candida Ribeiro Nunes

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ROTAÇÕES DE *Pinus taeda* L. NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM CAMBISSOLO HÚMICO 1044**INFLUENCE OF DIFFERENT ROTATIONS OF *Pinus taeda* L. ON THE CHEMICAL PROPERTIES OF A Haplumbrept**

Simone Filipini Abrão; Suzana Ferreira da Rosa; Angelo Augusto Ebling; Dalvan José Reinert; José Miguel Reichert

RESUMO: PALESTRAS PROFERIDAS 1052

PINE MANAGEMENT IN THE SOUTHERN UNITED STATES	1053
Ken McNabb	
PLANEJAMENTO DO MANEJO FLORESTAL SUSTENTADO DE FLORESTAS NATURAIS TROPICAIS	1062
SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT PLANNING OF NATURAL TROPICAL FORESTS	
Evaldo Muñoz Braz; Patrícia Povoá de Mattos; Evandro Orfanó Figueiredo	
TRANSFORMAÇÃO DE SISTEMAS EQUIÂNEOS PUROS EM MISTOS VOLTADOS PARA A PRODUÇÃO DE MADEIRAS NOBRES	1067
(CULTIVO DE MADERAS DECORATIVAS EN PLANTACIONES MIXTAS EN MISIONES, NE ARGENTINA)	
TRANSFORMATION OF PURE EVEN-AGED IN MIXED UNEVEN-AGED STANDS FOR PRODUCTION OF NOBLE WOOD	
(PRODUCTION OF DECORATIVE WOOD IN MIXED PLANTATIONS IN MISIONES, NORTHEAST ARGENTINA)	
Víctor R. Pérez; Hermann Hampel	

CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus*

INDIVIDUAL TREE DIAMETER GROWTH MODEL IN *Eucalyptus*

Fabrina Bolzan Martins¹; Carlos Pedro Boechat Soares²; Renato Vinícius Oliveira Castro³;
Gilson Fernandes da Silva⁴; Márcio Leles Romarco de Oliveira⁵

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar e comparar cinco modelos de crescimento em diâmetro em árvores individuais provenientes de plantios clonais de eucalipto. Foram utilizados dados de 30 parcelas permanentes de plantios clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Para avaliar os modelos de crescimento em diâmetro foram utilizadas as medidas de precisão, coeficiente de determinação ajustado e erro-padrão da estimativa em porcentagem, e a medida de exatidão BIAS. O modelo de Lundqvist-Korf proporcionou estimativas mais precisas comparados aos outros modelos avaliados para o crescimento em diâmetro.

Palavras-chave: Modelo de crescimento e produção; modelos de distância independente; eucalipto.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate and compare five individual tree diameter growth models in eucalyptus. Were used data from 30 unthinned permanent plots of clonal eucalyptus forest, obtained by continuous forest inventory. The evaluation of the diameter growth models was based on the precision and accuracy of the model predictions by calculating the adjusted coefficient of determination, standard error of estimate and BIAS, respectively. The Lundqvist-Korf model better estimated the diameter growth compared with other models evaluated.

Keywords: Growth and yield models; distance independent model; eucalyptus.

INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado no Brasil, com aproximadamente 4,5 milhões de hectares, e manejado intensivamente principalmente para a obtenção dos produtos como polpa celulósica, papel, madeira para serraria e geração de energia (ABRAF, 2010).

Com o aumento da área plantada, esforços têm sido realizados por diversos órgãos governamentais e não governamentais em pesquisas voltadas ao melhoramento, à nutrição e ao manejo florestal de plantios de eucalipto (KALLARACKAL e SOMEN, 1997; STAPE et al., 2004a).

Entre as técnicas relacionadas ao manejo florestal, a modelagem do crescimento e da produção de plantios comerciais de eucalipto apresenta-se bem desenvolvida, com avanços significativos nesta área. Existem modelos ajustados para diferentes regiões do Brasil, incluindo modelos em nível de povoamentos e de distribuição diamétrica (CAMPOS e LEITE, 2009) e modelos baseados em processos (ALMEIDA et al., 2004; STAPE et al., 2004b). No entanto, ainda são escassos os modelos de crescimento em nível de árvore individual para plantios de eucalipto no Brasil (MENDES et al., 2006).

Os modelos em nível de árvores individuais são constituídos por um conjunto de submodelos, os quais estimam a probabilidade de mortalidade e o crescimento em diâmetro e em altura, por meio de variáveis das próprias árvores, dos povoamentos e da competição entre as árvores (CLUTTER et al. 1983; DAVIS e JOHNSON, 1987; VANCLAY, 1994). Dos três submodelos, o crescimento em diâmetro é o componente mais básico e essencial dos modelos baseado na árvore individual (GONZALEZ et al., 2006).

O crescimento, em modelos em nível de árvore individual, é comumente calculado de duas

¹ Engenheira Florestal, Dr.^a, Professora Adjunto do Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS, 1303, CEP 37500-903, Itajubá (MG). fabrinabm@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, CEP 36570-000 Viçosa (MG). csoares@ufv.br

³ Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG). Bolsista do CNPq. castrorvo@gmail.com

⁴ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Universitário, CEP 29550-000 Alegre (ES). gfsilva2000@yahoo.com

⁵ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Campus Universitário, CEP 39100-000 Diamantina (MG). marcioromarco@gmail.com

maneiras: utilizando função do crescimento potencial e utilizando equações de crescimento lineares e não-lineares (MARTIN e EK, 1984; DAVIS e JOHNSON, 1987; WYKOFF, 1990; CAMPOS e LEITE, 2009).

Muitos trabalhos tem sido realizados com o intuito de escolher a melhor maneira de estimar o crescimento em diâmetro em nível de árvore individual. Dentre eles, estão os trabalhos de Tomé e Burkhart (1989), que estimaram o crescimento em diâmetro e área basal de *Eucalyptus globulus*; Wykoff (1990), que estimou o incremento em diâmetro para onze espécies de coníferas; Hasenauer e Monserud (1996) que estimaram equações de crescimento em diâmetro para diferentes espécies; Lee et al. (2004) que obtiveram o crescimento em diâmetro de *Pinus densiflora* e *Quercus variabilis*; Cao (2006), que obteve uma equação de crescimento para *Pinus taeda*; Gonzalez et al. (2006) que estimaram o incremento em diâmetro de *Quercus suber* e Crescente-Campo et al., (2010) que obtiveram o crescimento em diâmetro para *Pinus sylvestris*.

Todos os trabalhos citados foram realizados em florestas dos EUA e Europa. No Brasil, trabalhos que estimam o crescimento em diâmetro em árvores individuais são escassos. Alguns trabalhos existentes são para espécies nativas como a canjerana (DURLO, 2001); araucaria (NUTTO, 2001, CHASSOT, 2009); cedro (DURLO et al., 2004, CUNHA, 2009) e algumas espécies da Amazônia (SILVA et al., 2002). Embora haja mais de 4,5 milhões de hectares plantados com espécies do gênero *eucalyptus* no Brasil (ABRAF, 2010), existe uma lacuna envolvendo este tipo de modelo em árvores individuais de eucalipto.

O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar diferentes modelos de crescimento em diâmetro para árvores individuais de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local de estudo e dos dados

O estudo foi realizado com dados de inventários florestais contínuos de plantios clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, provenientes da empresa Jari Celulose S/A, com sede localizada na cidade de Monte Dourado, PA.

O clima pertence ao tipo Am, com precipitação média anual de 2.115 mm e pequena estação seca entre os meses de setembro e novembro (MARTINS, 2011).

Foram utilizados dados de 30 parcelas permanentes de formato retangular com 500 m² de área, obtidos em povoamentos clonais de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com espaçamento inicial entre plantas de 3 x 3m (Tabela 1).

TABELA 1: Caracterização dos dados dos povoamentos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* localizados em Monte Dourado (PA).

TABLE 1: Characteristic of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* stands located at Monte Dourado (PA).

Idade (meses)	24	- 72
Diâmetro a altura do peito (cm)	4.0	- 29.4
Diâmetro médio (cm)	7.3	- 18.4
Altura total (m)	8.5	- 34.1
Altura dominante (m)	13.1	- 34.8
Área basal (m ² ha ⁻¹)	4.7	- 15.9
Volume (m ³ ha ⁻¹)	23.8	- 353.9
Densidade de árvores (árvores ha ⁻¹)	760	- 1180

Os dados foram divididos em três classes de capacidade produtiva (alta: S=32; média: S=26 e baixa: S=20), de acordo com a equação ajustada para a mesma área de estudo (DEMOLINARI, 2006):

$$\ln S = \ln(Hd) + 14,88011596 \cdot \left(\frac{1}{I_i} - \left(\frac{1}{I} \right) \right) \quad (1)$$

em que S = índice de local; Hd = altura dominante; I_i = idade índice, 60 meses; I = idade, em meses.

O limite para a classificação das parcelas na classe alta (S=32) foi Hd > 29 m; na classe média (S=26) foi 24 < Hd < 29 m; e na classe baixa (S=20) foi Hd ≤ 23 m na idade índice de 60 meses.

Modelos de crescimento em diâmetro

Foram avaliados e comparados cinco modelos de crescimento em diâmetro, baseados na estrutura de projeção $t \rightarrow t_{+1}$ (Tabela 2). Os modelos foram ajustados independentemente para cada classe de capacidade produtiva.

TABELA 2: Modelos utilizados para estimar o crescimento em diâmetro para árvores de eucalipto.
 TABLE 2: Diameter growth models used in individual tree of eucalyptus.

Número	Modelo	Autor
1	$Y_2 = Y_1 \cdot \exp(-\beta_0 \cdot (I_2^{\beta_1} - I_1^{\beta_1})) + \varepsilon$	Pienaar e Schiver (1981)
2	$Y_2 = A \cdot \left(\frac{Y_1}{A}\right)^{\left(\frac{I_1}{I_2}\right)^{\beta_2}} + \varepsilon$, sendo $A = \beta_0 + \beta_1 \cdot S$	Lundqvist-Korf / Amaro et al. (1998)
3	$Y_2 = Y_1 + \left(\frac{\beta_0}{1 + \exp(\beta_1 - \beta_2 \cdot I_2)} - \frac{\beta_0}{1 + \exp(\beta_1 - \beta_2 \cdot I_1)} \right) + \varepsilon$	Logística / Oliveira (2007)
4	$Y_2 = Y_1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 \cdot I_2) - \exp(\beta_0 + \beta_1 \cdot I_1) + \varepsilon$	Schumacher / Tomé (2003)
5	$Y_2 = Y_1 + \left(\beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{1}{I_2} - \frac{1}{I_1} \right) + \beta_2 \cdot BAI + \beta_3 \cdot S \right) + \varepsilon$	Linear / adaptado de Bella (1971), Sterba e Monserud (1997)

Y_2 = diâmetro (cm) em idade futura; Y_1 = diâmetro (cm) em idade corrente; I_2 = Idade futura (meses); I_1 = idade corrente (meses); S = índice de local; BAI = índice de área basal; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = coeficientes do modelo; e ε = erro aleatório.

Avaliação dos modelos de crescimento em diâmetro

Os ajustes das equações referentes aos cinco modelos avaliados foram verificados pelo coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2) (KVÅLSETH, 1985); BIAS (GONZÁLEZ et al., 2006; MONTY et al., 2008) e erro-padrão da estimativa em porcentagem ($S_{y,x\%}$) (BRUCE e SCHUMACHER, 1950):

$$\bar{R}^2 = 1 - a(1 - R^2) \tag{2}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \tag{3}$$

$$a = \frac{n - 1}{n - p - 1} \tag{4}$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)}{n} \tag{5}$$

$$S_{y,x\%} = \pm \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p - 1}}}{\bar{y}} \cdot 100 \tag{6}$$

em que y_i = i-ésimo valor observado para o diâmetro; \hat{y}_i = i-ésimo valor estimado para o diâmetro; \bar{y}_i = média dos valores observados para o diâmetro; $n - 1$ = graus de liberdade do total na análise de variância da regressão; $n - p - 1$ = graus de liberdade do resíduo obtido da análise de variância da regressão, p = número de coeficientes do modelo; e n = número de observações.

Foram elaborados gráficos relacionando os diâmetros observados em relação aos diâmetros estimados pelos modelos e gráficos da distribuição dos resíduos percentuais em relação aos diâmetros estimados. Para o cálculo do resíduo em porcentagem (res%) foi utilizada a expressão (SOARES e OLIVEIRA, 2002; DEMOLINARI, 2006):

$$res(\%) = \left(\frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right) \cdot 100 \tag{7}$$

em que \hat{y}_i = i-ésimo diâmetro estimado, e y_i = i-ésimo diâmetro observado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as estatísticas \bar{R}^2 , BIAS e $S_{y.x\%}$ todas as equações referentes aos modelos avaliados para o diâmetro, nas três classes de produtividade, apresentaram valores bem próximos uns aos outros (Tabela 3).

TABELA 3: Estatísticas utilizadas (\bar{R}^2 , $S_{y.x\%}$ e BIAS) para avaliar modelos de crescimento em diâmetro em cada classe de produtividade (alta/S = 32; média/S = 26; e baixa/S = 20).

TABLE 3: Statistics (\bar{R}^2 , $S_{y.x\%}$ and BIAS) to evaluate diameter growth models in each site index (high/S=32, medium/S=26 and low/S=20).

Modelo	Autor/tipo	Classe	\bar{R}^2	BIAS	$S_{y.x\%}$
1	Pienaar e Schiver	S = 32	0,9836	0,00328	± 3,31
		S = 26	0,9818	0,00330	± 3,69
		S = 20	0,9752	0,00331	± 4,70
2	Lundqvist-Korf	S = 32	0,9875	4,26x10 ⁻⁶	± 3,03
		S = 26	0,9825	-5,28x10 ⁻⁵	± 3,48
		S = 20	0,9724	6,24x10 ⁻⁶	± 4,39
3	Logística	S = 32	0,9721	-0,00028	± 4,33
		S = 26	0,9724	-0,00024	± 4,82
		S = 20	0,9696	-0,00003	± 5,12
4	Schumacher	S = 32	0,9697	-0,00209	± 4,80
		S = 26	0,9612	-0,00411	± 5,65
		S = 20	0,9586	-0,00486	± 5,98
5	Linear	S = 32	0,9860	0,00035	± 3,92
		S = 26	0,9800	0,00013	± 3,71
		S = 20	0,9700	0,00069	± 4,74

Destacam-se como melhores equações aquelas referentes aos modelos 1 e 2, os quais apresentaram maiores valores para o \bar{R}^2 e menores valores para BIAS e $S_{y.x\%}$, em comparação aos outros modelos avaliados.

O modelo número 1 apresentou \bar{R}^2 variando de 0,9752 a 0,9836; BIAS variando de 0,00331 a 0,00328 e $S_{y.x\%}$ variando de ± 4,70 a ± 3,31, sendo que todos os valores referem-se a classe de produtividade baixa e alta, respectivamente. O modelo número 2 apresentou \bar{R}^2 entre 0,9724 e 0,9875; $S_{y.x\%}$ entre ± 4,39 e 3,03, para a classe de produtividade alta e baixa, respectivamente e BIAS entre -5,28x10⁻⁵ (classe de produtividade média) e 4,26x10⁻⁶ (classe de produtividade alta).

Estimativas inferiores de \bar{R}^2 (0,28 a 0,83) foram encontrados por Sterba e Monserud (1997) e Andreassen e Tomter (2003) para crescimento em área basal de *Pinus sylvestris*, *Picea abies* e *Betula* sp. Tomé e Burkhart (1989) e Adame et al. (2008) também encontraram estimativas inferiores (0,509 a 0,540) para crescimento em diâmetro de *Eucalyptus globulus* e *Quercus pyrenaica* (0,444), mesma característica observada por Filipescu e Comeau (2007) para *Picea glauca*, com valores entre 0,27 a 0,79. Já Soares e Tomé (1997) encontraram estimativas semelhantes de \bar{R}^2 (0,990) utilizando o modelo de Lundqvist-Korf para *Eucalyptus globulus*. Chassot (2009) também encontrou estimativas superiores para *Araucaria angustifolia* em diferentes posições sociológicas (0,992 a 0,996).

Analisando o BIAS, os modelos 1 e 5 (para S = 32, 26 e 20); 2 (para S = 32 e 20) superestimam o diâmetro em pequena amplitude de valores, enquanto os modelos 3 e 4 (S = 32, 26 e 20) e 2 (S = 26) subestimaram o diâmetro. Soares e Tomé (1997) obtiveram estimativas semelhantes e negativos de BIAS (-0,038 a -0,016) para *Eucalyptus globulus*, o mesmo observado por González et al. (2006) para *Quercus suber*.

A maior estimativa do erro-padrão de estimativa ($S_{y.x\%}$) foi de ± 5,98 para o modelo 4 para a classe de produtividade baixa (S = 20) e o menor valor foi de ± 3,03 para o modelo 2 na classe de produtividade alta (S = 32). González et al. (2006) encontraram valores superiores de $S_{y.x\%}$ para o crescimento de *Quercus suber*.

Todos os coeficientes das equações foram significativos estatisticamente (P<0,05) (Tabela 4). O sinal do coeficiente que acompanha a variável idade, dependendo da forma como a idade ficou disposta na equação, é negativo, para todas as classes de produtividade.

TABELA 4: Estimativas dos coeficientes das equações referentes aos sete modelos avaliados para crescimento em diâmetro em cada classe de produtividade (alta/S = 32; média/S = 26; baixa/S = 20).

TABLE 4: Parameters estimates for diameter growth models in each site index (high/S=32, medium/S=26 and low/S=20).

Modelo	Autor/Tipo	Classe	Coeficientes			
			$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
1	Pienaar e Schiver	S=32	2,934140	-0,168673	-	-
		S=26	4,293090	-0,122824	-	-
		S=20	6,342193	-0,055502	-	-
2	Lundqvist-Korf	S=32	-1,200180	0,853270	0,107830	-
		S=26	-0,915366	1,173732	0,130767	-
		S=20	-0,530658	1,152842	0,117852	-
3	Logística	S=32	3.137,793	0,003474	0,020746	-
		S=26	6.482,663	0,001923	0,017193	-
		S=20	1.939,965	0,004365	0,018406	-
4	Schumacher	S=32	8,495734	-0,885400	-	-
		S=26	8,203557	-0,395100	-	-
		S=20	8,350873	-0,193500	-	-
5	Linear	S=32	-2,845272	-160,2479	1,117634	0,066377
		S=26	-1,101105	-101,3858	1,019442	0,023330
		S=20	-0,417740	-18,73329	0,682528	0,027806

O sinal que acompanha o índice de local e o índice de competição possui sinal positivo para todas as classes de produtividade, estando condizente com a literatura (OLIVEIRA, 2007).

Os valores estimados pelas equações referentes aos cinco modelos ajustados para o crescimento em diâmetro estão concentrados próximos da linha 1:1, refletindo a boa estimativa por parte das equações nas três classes de produtividade.

Verifica-se nos modelos 3 e 4 uma pequena tendência em superestimar as árvores de menores diâmetros e subestimar as de maiores diâmetros. Essa tendência também foi verificada por Sterba e Monserud (1997) e Froese e Robinson (2007), os quais argumentam que essas tendências são comuns de ocorrerem e são difíceis de serem explicadas, sendo que a superestimativa ocorre com maior frequência em povoamentos com baixa densidade e a subestimativa ocorre com maior frequência em povoamentos com alta densidade.

Verifica-se que os modelos 1 e 2 estão em conformidade com as estatísticas avaliadas (Tabela 3), e conseguiram estimar com precisão o diâmetro das árvores nas três classes de produtividade. Contudo, o modelo 1 subestimou os diâmetros das árvores maiores, na classe de produtividade alta (S = 32).

Os resíduos percentuais para o crescimento em diâmetro demonstrou tendência bem distribuída para os modelos 2 e 5, nas três classes de produtividade. O modelo 1, apesar da sua boa performance estatística, apresentou pequena tendência na distribuição dos resíduos, subestimando as árvores de maior diâmetro, o que foi verificado para as três classes de produtividade. Os modelos 3 e 5 apresentaram tendência bem marcante na distribuição dos resíduos. Estes modelos não conseguiram captar o crescimento para as árvores de menor e maior diâmetro, em nenhuma classe de produtividade. Estes dois modelos superestimaram na região de menores diâmetros e subestimaram na região de maior diâmetro. Soares e Tomé (1997) encontraram tendência oposta a encontrada neste estudo. Os autores subestimaram o crescimento em diâmetro nas árvores menores e não encontraram tendência para as árvores maiores de *Eucalyptus globulus*.

As equações referentes aos modelos 2 e 5 conseguiram estimar com precisão a variação de diâmetro para as três classes de produtividade, não ultrapassando um resíduo percentual de $\pm 20\%$. Porém, optou-se pela escolha do modelo 2 por apresentar melhores estimativas nas estatísticas avaliadas e resíduos bem distribuídos.

Resultados similares foram obtidos por Wykoff (1990) para crescimento em área basal de *Pinus monticola* e *Pseudotsuga menziesii*, Kiernan *et al.* (2008) para o crescimento em diâmetro de *Acer saccharum* e Monty *et al.* (2008) para a circunferência de *Pseudotsuga menziesii*. Andreassen e Tomter (2003) encontraram uma variação maior que 20% para o crescimento em área basal de *Picea abies*, *Pinus sylvestris* e *Betula sp.*

Deve ser dada preferência ao modelo 2, de Lundqvist-Korf, para estimar o crescimento em diâmetro em árvores individuais de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. Essa preferência deve-se ao fato do modelo 2 apresentar melhor estimativas das estatísticas avaliadas em comparação com os demais modelos. Além disso, houve proximidade entre os valores estimados pelo modelo 2 e os valores observados (exatidão) para o crescimento em diâmetro (Figuras 1 e 2), uma vez que eles se distribuíram bem próximos a linha de tendência apresentada (linha 1:1). O modelo 2 foi utilizado com sucesso por

Soares e Tomé (1997), Tomé et al. (1997), Amaro et al. (1998) e Cao (2006), com algumas adaptações. Foi utilizado com sucesso nos modelos de crescimento de eucalipto – GLOBUS e EUSOP (AMARO et al., 1998).

CONCLUSÃO

O modelo de Lundqvist–Korf (modelo 2) apresentou melhores estimativas do crescimento em diâmetro em árvores individuais obtidas de plantios clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. O melhor desempenho do modelo 2 é atribuído ao melhor valor nas estatísticas avaliadas (\bar{R}^2 , BIAS e $S_{y,x\%}$), maior proximidade com os valores observados e melhor distribuição dos resíduos percentuais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelas bolsas concedidas; aos autores e a FAPEMIG pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAME, P. et al. Individual-tree diameter growth model for rebollo oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) coppices. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 3-4, p. 1011-1022, 2008.
- ALMEIDA, A.C.; LANDSBERG, J. J.; SANDS, P. J. Parameterisation of 3-PG model for fast-growing *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 179-195, 2004.
- AMARO, A. et al. Modeling dominant height growth eucalyptus plantations in Portugal. **Forest Science**, Bethesda, v. 44, n. 1, p. 37-46, 1998.
- ANDREASSEN, K.; TOMTER, S.M. Basal area growth models for individual trees of norway spruce, scots pine, birch and broadleaves in Norway. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 180, n. 1, p. 11-24, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2009**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF10-BR.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2010.
- BELLA, I.E. A new competition model for individual tree. **Forest Science**, Washington, v. 17, n. 3, p. 364-372, 1971.
- BRUCE, D.; SCHUMACHER, F.X. **Forest mensuration**. 3. ed. New York: McGraw – Hill Book Company, 1950. 483p.
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: Perguntas e respostas**. 3. ed., Viçosa: UFV, 2009. 548 p.
- CAO, Q.V. Predictions of individual-tree and whole-stand attributes for loblolly pine plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.236, n. 2-3, p. 342-347, 2006.
- CLUTTER, J.L. et al. **Timber management: A quantitative approach**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333 p.
- CRECENTE-CAMPO, F. et al. Modelling annual individual-tree growth and mortality of Scots pine with data obtained at irregular measurement intervals and containing missing observations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 260, n. 11, p. 1965-1974, 2010.
- CUNHA, T.A. da. **Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na floresta amazônica**. Santa Maria, 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2009.
- CHASSOT, T. **Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia*(Bertol.) Kuntze na floresta ombrófila mista**. Santa Maria, 2009, 48 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) –Universidade Federal de Santa Maria, 2009.
- DAVIS, L. S.; JOHNSON, K.N. **Forest Management**. 3.ed.,New York:McGraw-Hill Book, 1987. 790p.
- DEMOLINARI, R.A. de. **Crescimento de povoamentos de eucalipto não desbastados**. Viçosa, 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- DURLO, M.A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa

Maria, v. 11, n. 1, p. 141-149, 2001.

DURLO, M.A.; SUTILI, F.J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89, 2004.

FILIPESCU, C. N.; COMEAU, P. G. Competitive interactions between aspen and white spruce vary with stand age in boreal mixewoods. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 247, n. 1, p. 175-184, 2007.

FROESE, R.E.; ROBINSON, A.P. A validation and evaluation of the Prognosis individual – tree basal area increment model. **Canadian Journal of Forest Research**, Vancouver, v. 37, n. 8, p. 1438-1449, 2007.

GONZÁLEZ, M.S. et al. Distance independent tree diameter growth model for cork oak stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 225, p. 262-270, 2006.

HASENAUER, H.; MONSERUD, R.A. A crow model for Austrian species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 84, n. 1-3, p. 49-60, 1996.

KALLARACKAL, J.; SOMER, C.K. An ecophysiological evaluation of the suitability of *Eucalyptus grandis* for planting in the tropics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 95, p. 53-61, 1997.

KIERNAN, D.H.; BEVILACQUA, E.; NOLAND, R.D. Individual tree diameter growth model for sugar maple trees in uneven – aged northern hardwood stands under selection system. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 9, p. 1579-1586, 2008.

KVALSETH, T.O. Cautionary note about R^2 . **The American Statistician**. Alexandria, v. 39, n. 4, p. 279-285, 1985.

LEE, W.K. et al. DBH growth model for *Pinus densiflora* and *Quercus variabilis* mixed forests in central Korea. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 176, n. 1-2, p. 187-200, 2004.

MARTIN, G.L.; EK, A.R. A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation red pine diameter and height growth. **Forest Science**, Washington, v. 30, n. 3, p. 731-743, 1984.

MARTINS, F.B. **Modelagem de crescimento em nível de árvore individual para plantios comerciais de eucalipto**. 2011. 143 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2011.

MENDES, B.R. et al. Desenvolvimento de modelos de crescimento de árvores individuais fundamentado em equações diferenciais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 254-263, 2006.

MONTY, A.; LEJEUNE, P.; RONDEUX, J. Individual distance-independent girth increment model for Douglas fir in southern Belgium. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 212, n. 1-3, p. 472-479, 2008.

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 9-25, 2001.

OLIVEIRA, M.L.R. de **Mensuração da modelagem do crescimento e da produção de povoamentos não desbastados de clones de eucalipto**. 2007. 119 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

PIENNAR, L.V.; SHIVER, B.D. Survival function for site prepared slash pine plantations in flat Woods of Georgia Northern Florida. **Southern Journal Forestry**, Bethesda, v. 5, n. 2, p. 59-62, 1981.

SILVA, R. P. da. et al. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, n. 1-3, p. 295-301, 2002.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. de. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002.

SOARES, P.; TOMÉ, M. A distance dependent diameter growth model for first rotation eucalyptus plantation in Portugal. In: AMARO, A.; TOMÉ, M. (Ed.). **Empirical and process – Bases models for forest tree and stand growth simulation**. Lisboa: Salamandra, 1997. p. 267-270.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, G.M. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, n. 1/2, p. 17-31, 2004a.

STAPE, J.L.; RYAN, G.M.; BINKLEY, D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of

Eucalyptus grandis x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, n. 1/2, p. 219-234, 2004b.

STERBA, H.; MONSERUD, R.A. Applicability of the forest stand growth Simulator PROGNAUS for the Austrian part of the Bohemian Massif. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 23-34, 1997.

TOMÉ, M. et al. A management oriented growth and yield model for cork oak stands in Portugal. In: AMARO, A.; TOMÉ, M. (Ed.). **Empirical and process** – Bases models for forest tree and stand growth simulation. Lisboa: Salamandra, 1997. p. 271-289.

TOMÉ, M.; BURKHART, H. E. Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual tree. **Forest Science**, Washington, v. 35, n. 3, p. 816-831, 1989.

TOMÉ, M.M.B.B.T. de. **Modelação em recursos naturais**. Lisboa, 2003. Disponível em: <http://www.isa.utl.pt/def/download/curriculo/cv_margarida_tome.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2009.

VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield**: applications to mixed tropical forests. Copenhagen: CAB International, 1994. 312 p.

WYKOFF, W.R. A basal area increment model for individual conifers in the northern rocky mountains. **Forest Science**, Bethesda, v. 36, n. 4, p. 1077-1104, 1990.

ÍNDICES DE COMPETIÇÃO EM ÁRVORES SINGULARES DE *Eucalyptus*

COMPETITION INDICES IN INDIVIDUAL *Eucalyptus* TREES

Fabrina Bolzan Martins¹; Carlos Pedro Boechat Soares²; Helio Garcia Leite³; Agostinho Lopes de Souza⁴; Renato Vinícius Oliveira Castro⁵

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar cinco índices de competição independentes da distância em árvores individuais de plantios comerciais de eucalipto; e verificar a possibilidade de ajuste de uma equação única para o crescimento em diâmetro e altura, e a probabilidade de mortalidade para três classes de produtividade. Foram utilizados dados de 30 parcelas permanentes de plantios clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Para avaliar os índices de competição foi utilizado o coeficiente de correlação simples e o teste F-parcial, juntamente com o teste de identidade para verificar a possibilidade de ajuste de uma equação única para três classes de produtividade. Os resultados indicaram que o índice de área basal foi o que apresentou melhor performance entre todos os índices testados. Ao contrário do que foi observado para o crescimento em diâmetro e altura, para a probabilidade de mortalidade foi possível o ajuste de uma única equação para as três classes de produtividade.

Palavras-chave: Modelo de crescimento; produção; modelo em nível de árvore individual; índices independentes da distância.

ABSTRACT

The objectives of this work were to evaluate five distance-independent competition indices from individual trees, and to verify if a single growth and probability of mortality equation can be adjusted. Data from 30 permanent plots of unthinned clone eucalypt forest, obtained by continuous forest inventory, were used. All of the indices were evaluated and compared on the basis of simple correlation and contribution to multiple correlation (Partial-F). Dummy variables were used to verify if adjustment a single equation can be done for three sites. Basal area index performed better than others competition indices. In case of probability of mortality only one equation can be adjusted for three sites.

Keywords: Growth; yield models; individual tree growth model; distance-independent indices.

INTRODUÇÃO

A competição entre plantas inicia-se quando os recursos naturais tornam-se limitantes para o crescimento e o desenvolvimento (WEBER et al., 2008). Água, luz e nutrientes, são alguns dos recursos naturais pelos quais as plantas competem entre si (DANIELS et al., 1986).

A competição é uma variável quantitativa importante em modelos de crescimento e produção florestal. No entanto, é difícil de ser mensurada, pois não se conhece suas causas diretas, bem como a ligação entre a competição, a depleção dos recursos disponíveis e a redução da taxa de crescimento (FORD, 1975). Na área florestal, a competição pode ser estimada através dos índices de competição, os quais permitem quantificar o nível competitivo de uma árvore (árvore-objeto) em relação às suas competidoras (DAVIS et al., 2005; TONINI et al., 2008). Alguns destes índices expressam o estresse imposto pela competição, outros representam a quantidade de recursos disponíveis para a árvore. Esses índices são usados, principalmente, nos modelos em nível de árvore individual (HANN e WANG, 1990; ZHAO et al., 2006; CRECENTE-CAMPO et al., 2009), embora possam também ser utilizados em modelos em nível de povoamento (SOARES e TOMÉ, 1997; GONZÁLEZ et al., 2006) e em classes de tamanho (CAO, 1997).

Os índices de competição são divididos em três categorias: independentes da distância, que utilizam variáveis em nível de povoamento e dimensões iniciais da árvore-objeto; dependentes da

¹ Engenheira Florestal, Dr^a., Professora Adjunto do Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS, 1303, CEP 37500-903, Itajubá (MG). fabrinabm@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, CEP 36570-000 Viçosa (MG). csoares@ufv.br

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, CEP 36570-000 Viçosa (MG). hgleite@gmail.com

⁴ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, CEP 36570-000 Viçosa (MG). alsouza@ufv.br

⁵ Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG). Bolsista do CNPq. castrorvo@ymail.com

distância, que incorporam além das variáveis mencionadas anteriormente, o número, as dimensões e a localização das árvores vizinhas ou competidoras à árvore-objeto (TOMÉ e BURKHART, 1989); e semi-independentes da distância, que são similares aos índices independentes, contudo os semi-independentes são computados considerando parcelas circulares ao redor da árvore-objeto (STAGE e LEDERMANN, 2008).

Estudos têm sido realizados com o intuito de comparar índices de competição independentes e dependentes da distância entre árvores. Teoricamente, os índices dependentes da distância deveriam apresentar vantagem sobre os índices independentes da distância, no entanto, não há confirmação da superioridade universal de um tipo de índice sobre o outro e qual é o melhor índice dentro de cada categoria (DANIELS et al., 1986; FOX et al., 2007; CHASSOT, 2009). Além disso, a grande maioria dos índices foram avaliados em florestas nativas e temperadas (CAO, 1997; ZHANG et al., 2004; CRESCENTE-CAMPO et al., 2009), sendo pouco estudados tanto para florestas plantadas quanto para florestas naturais no Brasil (DELLA-FLORA et al., 2004; CHASSOT, 2009; CUNHA, 2009). Outra preocupação ao estudar e obter os índices de competição diz respeito a necessidade, ou não, em se ajustar uma equação comum para o crescimento (diâmetro e altura) e mortalidade (probabilidade de mortalidade) para diferentes classes de produtividade.

O objetivo desse estudo foi avaliar cinco índices de competição independentes da distância para plantios comerciais clonais de eucalipto. Além disso, verificou-se a possibilidade de ajuste de uma equação única para o crescimento em diâmetro e altura, e a probabilidade de mortalidade para três classes de produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local de estudo e dos dados

Este estudo foi realizado com dados de inventários florestais contínuos de plantios clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, provenientes da empresa Jari Celulose S/A, com sede localizada na cidade de Monte Dourado, PA.

Segundo a classificação de Köppen, o clima pertence ao tipo Am, com precipitação média anual de 2.115 mm e pequena estação seca entre os meses de setembro e novembro. A temperatura média anual é de 26,4 °C (MARTINS, 2011).

Foram utilizados dados de 30 parcelas permanentes, sendo que em cada parcela houve pelo menos cinco medições, considerando três classes de produtividade (alta, média e baixa). Cada parcela teve formato retangular com 500 m² de área útil e o espaçamento entre plantas foi de 3 × 3 m (Tabela 1).

Em cada parcela foram mensurados os diâmetros a 1,30 m do solo (dap) maiores que 4,0 cm, as alturas totais (Ht) das 15 primeiras árvores e a altura total (Hd) das 5 árvores dominantes. Para estimar a altura total das demais árvores da parcela, utilizou-se a seguinte equação hipsométrica (DEMOLINARI, 2006):

$$Ht = 36,9876 - 30,4340 \cdot \exp\left(-0,000499 \cdot (\text{dap} \cdot \ln(\text{Hd}) \cdot \ln(I))^{1,388275}\right) \quad (1)$$

$$\bar{R}^2 = 83,7\%; S_{y.x\%} = \pm 11,79\%.$$

em que: dap = diâmetro com casca medido a 1,30, em cm; Hd = altura média das árvores dominantes, em m; I = idade, em meses; exp = exponencial; $\bar{R}^2\%$ = coeficiente de determinação ajustado, em porcentagem; e $S_{y.x\%}$ = erro-padrão da estimativa, em porcentagem.

Para a classificação da capacidade produtiva foi utilizada a equação ajustada por Demolinari (2006) para a mesma área de estudo:

$$\ln S = \ln(Hd) + 14,88011596 \cdot \left(\frac{1}{I_i} - \left(\frac{1}{I}\right)\right) \quad (2)$$

em que S = índice de local; Hd = altura dominante; I_i = idade índice, 60 meses; I = idade, em meses.

Os limites para a classificação das parcelas nas classes de produtividade foram: a) classe de produtividade baixa (S = 20): parcelas com $\bar{Hd} \leq 23$ m na idade índice de 60 meses; b) classe de produtividade média (S = 26): parcelas com \bar{Hd} entre 24 e 29 m; c) classe de produtividade alta (S = 32): parcelas com $\bar{Hd} > 29$ m.

TABELA 1: Caracterização dos dados dos povoamentos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* localizados em Monte Dourado (PA).TABLE 1: Characteristic of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* stands located at Monte Dourado (PA).

Idade (meses)	24	- 84
Diâmetro a altura do peito (cm)	4,0	- 29,4
Diâmetro médio (cm)	7,3	- 18,4
Altura total (m)	8,5	- 34,1
Altura dominante (m)	13,1	- 34,8
Área basal (m ² ha ⁻¹)	4,7	- 15,9
Volume (m ³ ha ⁻¹)	23,8	- 353,9
Densidade de árvores (árvores ha ⁻¹)	760	- 1180

Índices de competição

Foram avaliados e comparados os seguintes índices de competição independentes da distância (IID) (GLOVER e HOLL, 1979; TOMÉ e BURKHART, 1989; MARTINS, 2011):

$$IID_1 = \frac{d_i^2}{\bar{D}^2} \quad (3);$$

$$IID_2 = \frac{h_i}{\bar{H}} \quad (4);$$

$$IID_3 = \frac{d_i^2 \cdot h_i}{\bar{D}^2 \cdot \bar{H}} \quad (5);$$

$$IID_4 = BAI = \frac{d_i^2}{q^2} \quad (6);$$

$$IID_5 = BAL_i = \sum_{i=1}^n \frac{\pi \cdot dap^2}{4} \quad (7)$$

em que: d_i = diâmetro (dap) da árvore-objeto, em cm; \bar{D} = média aritmética dos diâmetros das árvores da unidade amostral, em cm; h_i = altura total da árvore objeto, em m; \bar{H} = altura média das árvores da unidade amostral, em m; q = diâmetro quadrático, em cm; BAI = índice de área basal; e BAL_i = somatório das áreas seccionais das árvores maiores que a árvore-objeto.

Avaliação dos índices de competição

Primeiramente, verificou-se o comportamento dos índices de competição em função da idade, analisando graficamente a tendência média de cada um dos índices em relação à idade, para cada classe de produtividade. Após esta etapa, realizou-se a análise de correlação simples entre os índices de competição e as variáveis de crescimento (diâmetro e altura), mortalidade e variáveis do povoamento (idade e área basal), conforme sugerido por Daniels (1976), Daniels et al. (1986), Tomé e Burkhart (1989) e González et al. (2006), para cada classe de produtividade. Além da correlação simples, foi avaliada a significância estatística dos índices com maior correlação simples na presença de outras variáveis explicativas, mediante o uso de regressões múltiplas baseadas nos modelos teóricos. Para isso, foi utilizado o teste F-parcial, dado pela expressão (NETER et al., 1990):

$$F(x_1 | x_2, x_3, \dots, x_n) = \frac{SQ_{reg}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) - SQ_{reg'}(x_2, x_3, \dots, x_n)}{QM_{res}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)} \quad (8)$$

em que: $F(x_1 | x_2, x_3, \dots, x_n)$ = valor do teste F-parcial para a variável X_1 , na presença das demais variáveis; SQ_{reg} = soma de quadrados da regressão do modelo completo; $SQ_{reg'}$ = soma de quadrados da regressão do modelo reduzido; e QM_{res} = quadrado médio do resíduo do modelo completo.

O valor de F calculado (F_{cal}) foi comparado com o valor de F tabelado (F_{tab}), considerando o nível de 5% de probabilidade de erro.

Para aplicar o teste F-parcial, considerando cada classe de produtividade, foram ajustadas regressões múltiplas referentes aos modelos teóricos (MARTIN e EK, 1984; ZHANG et al., 2004; DAVIS et al., 2005):

$$\Delta h = f(IC, dap, B, I) \quad (9)$$

$$\Delta d = f(\text{IC}, \text{B}, \text{I}) \quad (10)$$

$$P(\text{M}) = f(\text{IC}, \text{dap}, \text{I}) \quad (11)$$

em que: Δh = crescimento em altura, em m; Δd = crescimento em diâmetro, em cm; $P(\text{M})$ = probabilidade de mortalidade ou percentual de árvores mortas em cada classe de dap ; IC = índice de competição, dap = diâmetro à altura do peito (1,30 m), em cm, B = área basal do povoamento, em m^2ha^{-1} ; e I = idade, em meses

A $P(\text{M})$ foi obtida pela expressão (adaptado de GLOVER e HOOL, 1979; MIRANDA et al., 1989; MACHADO et al., 2002; ROSSI et al., 2007):

$$P(\text{M}) = \frac{N_{j(t-1)} - N_{j(t)}}{\sum_{i=1}^j N_{j(t-1)}} \quad (12)$$

em que: $N_{j(t-1)}$ = número de árvores vivas na j -ésima classe de diâmetro, no início do período; e $N_{j(t)}$ = número de árvores vivas na j -ésima classe de diâmetro no fim do período.

No caso das equações para o crescimento em altura e probabilidade de mortalidade, quando se utilizou o índice de competição IID_4 (BAI), a variável dap não foi utilizada como variável explicativa, em virtude de problemas de multicolinearidade. Nas equações para o crescimento em diâmetro, altura e probabilidade de mortalidade, quando se utilizou o índice de competição IID_5 (BAL) a variável B não foi utilizada como variável explicativa.

Aplicou-se o teste de identidade de modelos com o objetivo de verificar a possibilidade de ajuste de uma equação única para o crescimento e mortalidade independente da classe de produtividade. Nestas equações foi utilizado apenas o índice de competição selecionado, baseado nas análises anteriores.

Para a realização do teste de identidade foram criadas variáveis *dummy* (CUNIA et al., 1973; REGAZZI, 2003), as quais assumiram valores binários, 0 e 1, conforme a classe de produtividade, da seguinte forma: $D_i = 1$, se a árvore estiver presente na classe de produtividade i ; $D_i = 0$, se a árvore estiver ausente na classe de produtividade i .

Com isto, foi possível expressar as equações individuais ajustadas para as três classes de produtividade (n), que têm R^n regressões lineares múltiplas (SCHNEIDER e TONINI, 2003):

$$\left\{ \begin{array}{l} R^1 : \hat{Y}_1 = b_{11}X_1 + b_{12}X_2 + \dots + b_{1m}X_m \\ R^2 : \hat{Y}_2 = b_{21}X_1 + b_{22}X_2 + \dots + b_{2m}X_m \\ R^3 : \hat{Y}_3 = b_{31}X_1 + b_{32}X_2 + \dots + b_{3m}X_m \end{array} \right. \quad (13)$$

Todas as equações individuais foram agrupadas e definindo o modelo completo (M_c), representado por: M_c :

$$\hat{Y} = b_{11}X_{11} + b_{12}X_{12} + \dots + b_{1m}X_{1m} + \dots + b_{22}X_{22} + \dots + b_{2m}X_{2m} + \dots + b_{sm}X_{sm} \quad (14)$$

em que: $X_{11} = D_1X_1$; $X_{12} = D_1X_2$; $X_{1m} = D_1X_m$; $X_{21} = D_2X_1$; $X_{22} = D_2X_2$; $X_{2m} = D_2X_m$; $X_{31} = D_3X_1$; $X_{32} = D_3X_2$; e $X_{3m} = D_3X_m$.

Considerando o modelo completo, foi testada a hipótese $H_0 : b_{11} = b_{12} = b_{sm} = 0$ contra a hipótese alternativa, $H_1 : b_{11} \neq b_{12} \neq b_{sm} \neq 0$. A hipótese H_0 assume um único modelo para todas as classes de produtividade, chamado de modelo reduzido (M_r).

O M_r tem a seguinte estrutura: M_r :

$$\hat{Y} = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 \quad (15)$$

Em que: b_1, b_2, b_3, b_4 = coeficientes da regressão linear múltipla; e X_1, X_2, X_3, X_4 = variáveis independentes da regressão linear múltipla.

A verificação da hipótese H_0 foi realizada através do teste F da análise de variância (ANOVA) para a redução (NETER et al., 1990; SCHNEIDER e TONINI, 2003), considerando o nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seleção do índice de competição

O comportamento dos índices de competição foi verificado agrupando-se os dados das árvores em três classes de tamanho: árvores maiores ($dap > \bar{X} + 0,5 \cdot s$), médias ($\bar{X} - 0,5 \cdot s \leq dap \leq \bar{X} + 0,5 \cdot s$) e menores ($dap < \bar{X} - 0,5 \cdot s$), para as três classes de produtividade (Classe I/S=32: $\bar{x}=15,5$ e $s=7$; Classe II/S=26: $\bar{x}=14$ e $s=6$ e Classe III/S=20: $\bar{x}=13$ e $s=6$ (Figura 1).

Os índices IID₁, IID₂, IID₃ e IID₄ demonstraram tendência crescente para as árvores maiores, tendência constante (valor próximo de 1) para árvores médias e tendência decrescente para as árvores menores (Figura 1). Estes índices apresentam variáveis do povoamento no denominador (altura média, diâmetro médio), sendo que essas variáveis aumentam com a idade do povoamento, indicando que as árvores menores têm menor vigor de crescimento, enquanto as árvores maiores apresentam taxas maiores de crescimento.

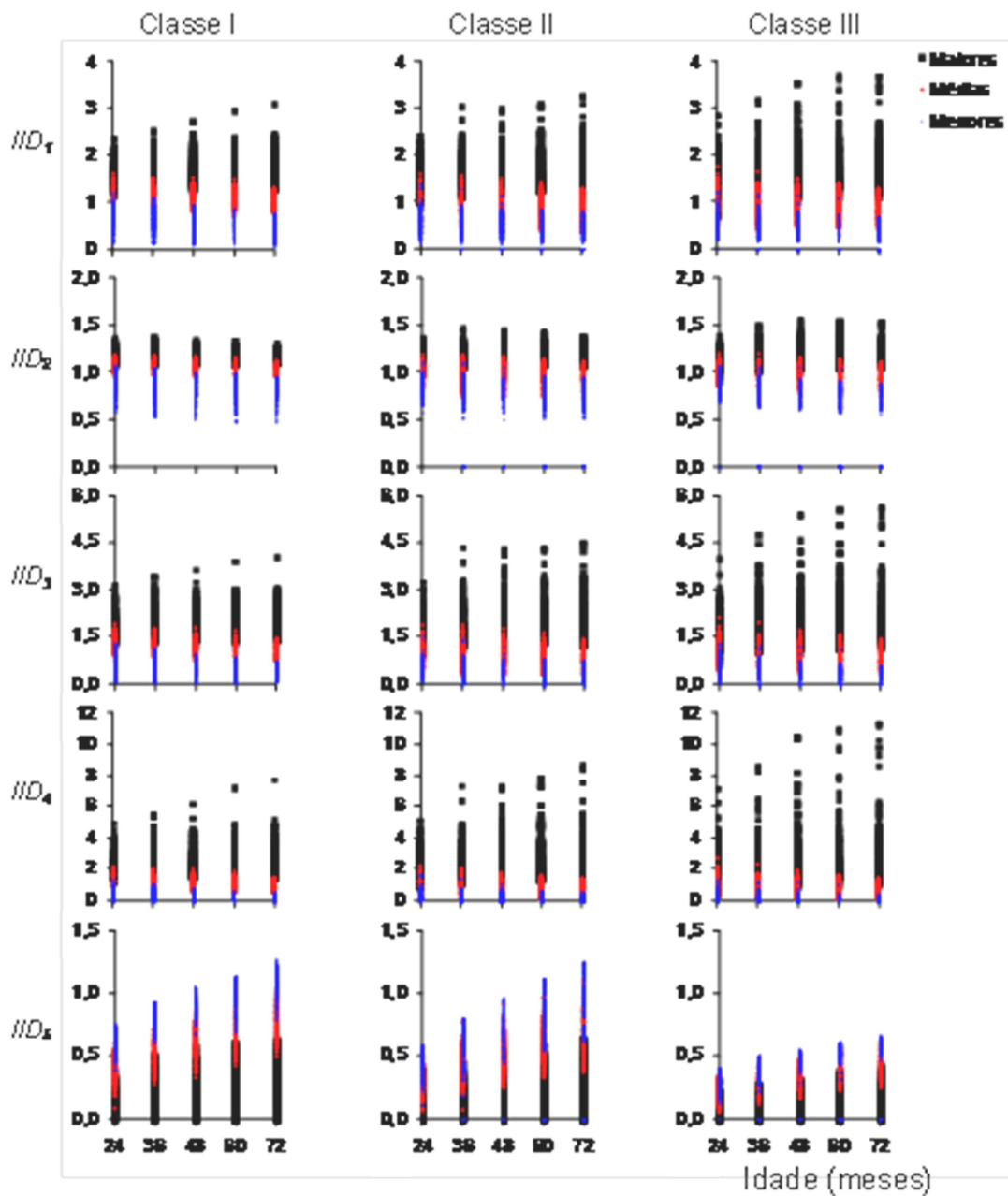


FIGURA 1: Comportamento dos índices de competição (IID₁, IID₂, IID₃, IID₄ e IID₅), em função da idade para as três classes de produtividade.

FIGURE 1: Competition indices in function of age for three site index.

O índice de competição IID₅, que considera a área basal das árvores maiores do que a árvore-objeto, apresentou tendência crescente para as três classes de tamanho. Além disso, árvores menores apresentam valores maiores para o IID₅ (contrário do que ocorre com os índices anteriores), devido a forma de cálculo do índice.

As correlações entre todos os índices de competição e o crescimento dimensional em diâmetro (Δd), variaram entre -0,74 a 0,52 para a classe de produtividade baixa e alta, respectivamente (Tabela 2). Os índices IID₄ (BAI) e IID₅ (BAL) foram os que obtiveram maiores valores: 0,70 e -0,74 na classe de produtividade alta, respectivamente; 0,64 e -0,64 na classe de produtividade média; e 0,62 e -0,63 na classe de produtividade baixa. Estes valores foram ligeiramente superiores aos encontrados na literatura como Monserud e Sterba (1999), que encontraram correlações entre -0,33 a -0,50, para algumas espécies na Áustria. González et al. (2006), que encontraram valores de -0,34 entre o IID₅ e o crescimento em diâmetro de sobreiro; Davies e Pommering (2008), que encontraram valores de -0,42 para *Betula* spp. e -0,75 para *Picea sitchensis*, nas florestas da Escócia.

Todos os índices de competição, exceto o IID₅, apresentaram correlações positivas para crescimento em diâmetro (Δd) e altura (Δh). Para a probabilidade de mortalidade (P(M)) todas as correlações foram negativas, ou seja, quanto maior o valor do índice de competição, maior a capacidade em competir com as árvores vizinhas e menor a sua chance de morrer.

TABELA 2: Matriz de correlação simples entre os índices de competição (IID₁ à IID₅), crescimento dimensional em diâmetro (Δd) e altura (Δh), probabilidade de mortalidade (P(M)), idade (I) e área basal do povoamento (B) para diferentes classes de produtividade (S).

TABLE 2: Correlation matrix among competition indices, diameter growth, height growth, probability of mortality, age and basal area in three site index.

	I	IID ₁	IID ₂	IID ₃	IID ₄	IID ₅	Δd	Δh	P(M)	B
Alta (S = 32)										
I	1,00	-0,05	-0,07	-0,04	-0,06	0,32	-0,34	-0,74	-0,57	0,89
IID ₁		1,00	0,97	1,00	0,99	-0,92	0,68	0,44	-0,54	-0,06
IID ₂			1,00	0,95	0,97	-0,92	0,65	0,47	-0,57	-0,07
IID ₃				1,00	0,99	-0,88	0,67	0,43	-0,43	-0,05
IID ₄					1,00	-0,91	0,70	0,55	-0,62	-0,06
IID ₅						1,00	-0,74	-0,60	-0,59	-0,34
Δd							1,00	0,82	-0,71	-0,36
Δh								1,00	-0,45	-0,68
P(M)									1,00	-0,13
B										1,00
Média (S = 26)										
I	1,00	0,01	-0,01	0,02	-0,01	0,46	-0,36	-0,68	-0,31	0,79
IID ₁		1,00	0,97	0,98	0,98	-0,76	0,63	0,41	-0,38	-0,02
IID ₂			1,00	0,95	0,98	-0,76	0,62	0,45	-0,38	-0,02
IID ₃				1,00	0,99	-0,75	0,62	0,39	-0,35	-0,01
IID ₄					1,00	-0,78	0,64	0,52	-0,47	-0,02
IID ₅						1,00	-0,64	-0,59	-0,39	-0,02
Δd							1,00	0,87	-0,43	-0,24
Δh								1,00	-0,40	-0,48
P(M)									1,00	-0,22
B										1,00
Baixa (S=20)										
I	1,00	0,01	-0,02	0,02	-0,02	0,42	-0,33	-0,49	-0,30	0,90
IID ₁		1,00	0,98	0,99	0,99	-0,84	0,52	0,58	-0,30	-0,01
IID ₂			1,00	0,96	0,98	-0,86	0,54	0,57	-0,11	-0,01
IID ₃				1,00	0,99	-0,82	0,55	0,54	-0,28	-0,02
IID ₄					1,00	-0,86	0,62	0,58	-0,50	-0,02
IID ₅						1,00	-0,63	-0,69	-0,32	-0,46
Δd							1,00	0,94	-0,53	-0,35
Δh								1,00	-0,46	-0,47
P(M)									1,00	-0,46
B										1,00

Sendo: IID₁ = $\frac{d^2}{D^2}$; IID₂ = $\frac{h}{H}$; IID₃ = $\frac{d^2 \cdot h}{D^2 \cdot H}$; IID₄ = BAI = $\frac{d^2}{q^2}$; IID₅ = BAL.

Trabalhos avaliando diferentes índices de competição independentes da distância também

obtiveram valores menores que os encontrados nesse estudo. Como exemplos tem-se o índice de Lorimer (1983), que considera o somatório da razão entre diâmetros das árvores competidoras e a árvore-objeto, com valores iguais a -0,48 e -0,55 para *Acer rubrum* e *Quercus rubra*, respectivamente e o índice da razão entre o diâmetro da árvore-objeto e a média do diâmetro das suas competidoras, com valores entre 0,23 e 0,31 para *Pinus taeda* (DANIELS et al., 1986).

Para o crescimento em diâmetro as correlações simples (em módulo) dos dois índices de competição (IID₄ e IID₅) foram bem próximas nas classes de produtividade alta e baixa, sendo igual na classe de produtividade média (Tabela 2). Além disso, os valores foram menores na pior classe de produtividade, o que demonstrou que o índice de competição foi mais importante quando calculado em classes de maior produtividade.

Weiner e Thomas (1986) demonstraram a relação entre competição e índice de local, concluindo que a competição é diretamente proporcional ao índice de local, sendo que as plantas localizadas em um local de maior capacidade produtiva são as mais aptas a competir pelos mesmos recursos que as plantas localizadas em um local de menor capacidade produtiva. Além disso, plantas em locais de maior produtividade crescem e competem, enquanto plantas em locais de menor produtividade dão prioridade à sobrevivência (WATKINSON et al., 1983).

Analisando as correlações simples entre os índices de competição e o crescimento dimensional em altura (Δh) verificou-se que os índices IID₄ e IID₅ também apresentaram leve superioridade em relação aos outros índices avaliados, com valores variando de 0,52 a -0,69 (Tabela 2). Os valores apresentados no presente estudo também foram maiores que os encontrados na literatura para crescimento em altura. Martin e Ek (1984) encontraram valor de 0,38 para o crescimento em altura de *Pinus resinosa*.

Em comparação com índices dependentes da distância, as correlações encontradas neste estudo foram ligeiramente superiores aos encontrados na literatura. Valores inferiores a -0,41 foram encontrados para crescimento em diâmetro e -0,45 para crescimento em altura, utilizando diferentes índices dependentes da distância (DANIELS, 1976); inferiores a -0,53 utilizando o índice de Hegyi (HOLMES e REED, 1991); inferiores a -0,36 com o índice Bella (BELLA, 1971); não maiores que -0,55 com o conceito de área potencialmente disponível (MOORE et al., 1973); inferiores a -0,63 com índices que utilizam o conceito de área sobreposta (DANIELS et al., 1986; FILIPESCU e COMEAU, 2007; FOX et al., 2007; WEBER et al., 2008; MARTINS, 2011).

Considerando as correlações simples entre os índices de competição e a probabilidade de mortalidade (P(M)) verificou-se que os índices IID₄ e IID₅ apresentaram, mais uma vez, leve superioridade em relação aos demais índices (Tabela 2). Os índices IID₄ e IID₅ apresentaram correlações maiores para o local de maior produtividade (S=32) e correlações menores para os locais de produtividade média (S=26) e baixa (S=20). Esses resultados demonstraram que o índice de competição foi importante no cálculo da probabilidade de mortalidade, principalmente nos locais onde a competição por recursos foi maior, semelhante às tendências observadas no crescimento em diâmetro e altura.

A correlação simples com o crescimento em diâmetro e altura tem sido um critério comum para a seleção à priori de índices de competição (WEBER et al., 2008). No presente estudo, os índices mais correlacionados com o crescimento em diâmetro e altura e com a probabilidade de mortalidade foram o IID₄ (BAI) e IID₅ (BAL). No entanto, o estudo do comportamento dos índices de competição, em modelos de regressão, utilizados para projetar o crescimento e a produção de povoamentos florestais ainda é pouco estudado (GONZÁLEZ et al., 2006; FILIPESCU e COMEAU, 2007). Assim sendo, foram ajustadas equações lineares múltiplas considerando como variáveis dependentes o crescimento em diâmetro (Δd) e altura (Δh) e a probabilidade de mortalidade (P(M)), em função de variáveis do povoamento idade (I) e área basal (B), dap e índice de competição (IC) (Tabela 3).

As equações se ajustaram bem aos dados observados de crescimento em diâmetro e em altura, com \bar{R}^2 maior que 90%, considerando o IID₄. As equações para o crescimento em altura também se ajustaram bem aos dados observados, para o IID₅, com \bar{R}^2 maior que 99%. As equações de probabilidade de mortalidade apresentaram coeficiente de determinação ajustado menores que as equações de crescimento em diâmetro e em altura (\bar{R}^2 entre 0,1394 e 0,5761) (Tabela 3). Valores inferiores para as medidas de precisão foram encontrados em trabalhos de Martin e Ek (1984), Daniels et al. (1986) e González et al. (2006) para o crescimento em diâmetro e altura. No entanto, Schneider et al. (2005) encontraram valores de precisão superiores aos encontrados neste estudo para a probabilidade de mortalidade.

Com relação ao Δd e Δh , os parâmetros estatísticos foram melhores para os locais de média produtividade (S=26) e seguidos pelos locais de alta (S=32) e baixa produtividade (S=20). Para a P(M) os valores de \bar{R}^2 e $S_{y,x}\%$ foram superiores no local S=32 e piores para o local S=26.

Os coeficientes associados às variáveis explicativas nas equações de crescimento em diâmetro e em altura (β_1 , β_2 e β_3) foram significativos (P<0,05), em todas as classes de produtividade e independentemente do índice de competição. Os coeficientes associados ao IID₄ nas equações de probabilidade de mortalidade foram significativos independentemente da classe de produtividade. Contudo, os coeficientes associados ao IID₅ foram não significativos (P<0,05).

A contribuição do IID₄ (BAI) foi significativa (P<0,05) para o crescimento em diâmetro (Δd) e altura (Δh), e também para a probabilidade de mortalidade (P(M)), independentemente da classe de produtividade (Tabela 4). O IID₅ (BAL) foi não significativo para o Δd na classe S = 20, Δh na classe S = 26, e para a probabilidade de mortalidade nas três classes de produtividade. Além disso, o IID₄ (BAI) apresentou menor contribuição para a P(M) quando comparado ao Δd e Δh .

TABELA 3: Coeficientes e parâmetros estatísticos das regressões múltiplas para estimar o crescimento em diâmetro (Δd) e altura (Δh) e probabilidade de mortalidade (P(M)) nas três classes de produtividade (alta/S = 32, média/S = 26 e baixa/S = 20).

TABLE 3: Parameter estimates and related statistics for diameter (Δd) and height growth model (Δh) and probability of mortality model (P(M)) obtained by multiple regression in three site index.

Índice de Local	IC	Coeficientes				Parâmetros Estatísticos	
Crescimento em diâmetro (Δd)							
		β_0	β_1	β_2	β_3	\bar{r}^2	$S_{y,x}\%$
S = 32	IID ₄	-0,3169	0,0596	7,6778	0,2539	0,9524	± 5,46
	IID ₅	14,0142	0,1737	-11,9526	-	0,8577	± 9,44
S = 26	IID ₄	-0,2312	0,0328	6,8421	0,3427	0,9616	± 5,64
	IID ₅	9,4361	0,1892	-10,8480	-	0,6458	± 12,14
S = 20	IID ₄	-0,5367	0,0176	5,2033	0,0214	0,9193	± 8,24
	IID ₅	8,6151	0,1580	-18,0311	-	0,8046	± 10,81
Crescimento em altura (Δh)							
S = 32	IID ₄	-0,1224	0,1674	7,2674	0,3705	0,9427	± 5,90
	IID ₅	-1,1296	0,1015	1,1342	2,3883	0,9924	± 1,85
S = 26	IID ₄	0,8181	0,1278	6,5897	0,4189	0,9559	± 5,29
	IID ₅	0,2625	0,0911	1,0820	1,6533	0,9915	± 2,31
S = 20	IID ₄	0,5446	0,0929	5,1515	0,6519	0,9234	± 6,65
	IID ₅	0,7250	0,0758	1,0829	1,6042	0,9931	± 1,99
Probabilidade de mortalidade (P(M))							
S = 32	IID ₄	0,3789	-0,0038	-0,1867	-	0,5513	± 17,26
	IID ₅	0,4742	-0,0002 ^{ns}	-0,0210	-0,0816 ^{ns}	0,5761	± 17,67
S = 26	IID ₄	0,1288	-0,0006 ^{ns}	-0,0679	-	0,1394	± 27,48
	IID ₅	0,1522	-0,0008 ^{ns}	-0,0097	-0,0599 ^{ns}	0,1421	± 27,43
S = 20	IID ₄	0,2378	-0,0024	-0,1117	-	0,4365	± 26,82
	IID ₅	0,2207	-0,0020	-0,0127	-0,0873 ^{ns}	0,3998	± 25,47

IC = índices de competição; Modelos teóricos utilizados no ajuste das equações de crescimento em diâmetro usando o índice IID₄ (BAI): $\Delta d = f(I, IID_4, B)$; usando o índice IID₅ (BAL): $\Delta d = f(I, IID_5)$; crescimento em altura usando o índice IID₄ (BAI): $\Delta h = f(I, IID_4, B)$; usando o IID₅ (BAL): $\Delta h = f(I, \text{dap}, IID_5)$; probabilidade de mortalidade usando o índice IID₄ (BAI): $P(M) = f(I, IID_4)$; usando o IID₅ (BAL): $P(M) = f(I, \text{dap}, IID_5)$; e ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste 't'.

Com exceção da P(M) para S = 26 e 20, o valor de F-parcial para o IID₄ decresceu do local de maior produtividade para o de menor produtividade, demonstrando que quanto melhor o local de plantio maior será o efeito da competição no crescimento das árvores. Esse resultado corroborou com as discussões anteriores, de que o índice de competição foi uma boa variável explicativa para as melhores classes de produtividade (FOX et al., 2007).

O IID₄ (BAI) foi utilizado com sucesso por Glover e Hool (1979), West (1981), Tomé e Burkhart (1989), Martins (2011) e outros. O IID₅ (BAL) foi utilizado por Della-Flora et al. (2004) em modelos de incremento de *Nectandra megapotamica*, e nos modelos de árvore individual PROGNOSIS (DAVIS et al. 2005), PROGNAUS (STERBA e MONSERUD, 1997), TWIGS (MONSERUD e STERBA, 1999). O IID₅ também foi utilizado com sucesso em estudos com espécies de coníferas, em povoamentos mistos e tropicais em florestas da Áustria e da Espanha (GONZÁLEZ et al., 2006).

Monserud e Sterba (1999) e Eid e Tuhus (2001) salientaram que o IID₅ foi um excelente índice de competição, pois não necessita informações espaciais de cada árvore, no entanto, deve ser associado a uma medida da copa das árvores (fator de copa) para avaliar melhor a competição. O IID₄ também não necessita de informações espaciais e, além disso, não necessita do fator de copa, pois já contém associadas em sua fórmula, as variáveis do povoamento e do tamanho da árvore. Sendo assim, o IID₄ pode ser considerado um índice mais simples que o IID₅, além de apresentar significado biológico e um bom desempenho na avaliação da competição.

TABELA 4: Teste F-parcial para os índices de competição IID₄ (BAI) e IID₅ (BAL) por classe de produtividade (alta S = 32; média S = 26 e baixa S = 20).

TABLE 4: Partial-F for competition indices in three site index.

Índice de Local	Índice de Competição	F-Parcial**
Crescimento em diâmetro (Δd)		
S = 32	IID ₄	209,4224*
	IID ₅	187,4497*
S = 26	IID ₄	159,3996*
	IID ₅	28,3481*
S = 20	IID ₄	4,4761*
	IID ₅	0,0798 ^{ns}
Crescimento em altura (Δh)		
S = 32	IID ₄	129,2693*
	IID ₅	19,1893*
S = 26	IID ₄	109,0264*
	IID ₅	1,4825 ^{ns}
S = 20	IID ₄	17,3345*
	IID ₅	7,6233*
Probabilidade de mortalidade P(M)		
S = 32	IID ₄	55,9536*
	IID ₅	1,5389 ^{ns}
S = 26	IID ₄	6,5762*
	IID ₅	0,9499 ^{ns}
S = 20	IID ₄	15,5525*
	IID ₅	0,4380 ^{ns}

** Valor de $F_{tab}(1, \infty) = 3,84$, ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro; * = significativo a 5% de probabilidade de erro.

Após avaliar o desempenho dos índices de competição e selecionar o IID₄ como melhor índice de competição para plantios clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, foi realizado o teste de identidade de modelos com variável *Dummy* para o crescimento em diâmetro e altura e probabilidade de mortalidade (Tabela 5). De acordo com os resultados das análises de variância (ANOVA) houve necessidade de ajustar uma equação para cada classe de produtividade para o crescimento em diâmetro (Δd) e crescimento em altura (Δh). Com relação à probabilidade de mortalidade foi aceita a hipótese H_0 para a redução, o que possibilitou o ajuste de uma única equação para a probabilidade de mortalidade para as três classes de produtividade.

TABELA 5: Análise de variância para crescimento em diâmetro (Δd), altura (Δh) e probabilidade de mortalidade (P(M)).TABLE 5: Analysis of variance of the diameter (Δd) and height (Δh) growth and probability of mortality (P(M)).

FV	GL	SQ	QM	F _{cal}	F _{tab}
crescimento em diâmetro (Δd)					
Par (M _C)	12	7.287,320	0,001647	-	-
Par (M _r)	6	7.211,803	1.201,967	-	-
Redução H ₀	6	75,51724	12,58621	53,084	2,100
Resíduo	5.941	1.408,566	0,23711	-	-
Total	5.965	8.695,885	-	-	-
crescimento em altura (Δh)					
Par (M _C)	12	31.219,91	2.601,66	-	-
Par (M _r)	6	31.001,36	5.166,89	-	-
Redução H ₀	6	218,55	36,425	106,379	2,100
Resíduo	5.941	2.034,23	0,3424	-	-
Total	5.965	33.254,14	-	-	-
probabilidade de mortalidade (P(M))					
Par (M _C)	9	3,0205	0,3356	-	-
Par (M _r)	5	2,9884	0,5976	-	-
Redução H ₀	4	0,0320	0,0080	2,287	2,419
Resíduo	188	0,6591	0,0035	-	-
Total	206	3,6796	-	-	-

Onde: FV = fonte de variação; Par (M_C) = parâmetros do modelo completo; Par (M_r) = parâmetros do modelo reduzido; redução H₀ = redução devido à hipótese H₀ (nula); F_{cal} = valor F calculado.

Rossi et al. (2007) afirmaram que as árvores morreram devido a influência direta da sua capacidade de competir umas com as outras em uma idade específica, independente do local em que elas estejam plantadas. Isso justifica o uso, na maioria das vezes, do índice de competição nos modelos de mortalidade em nível de árvore individual (SCHNEIDER et al., 2005; CRESCENTE-CAMPO et al., 2009).

No entanto, Monserud e Sterba (1999) e Eid e Tuhus (2001) relacionaram além do índice de competição, variáveis de tamanho. Outras variáveis utilizadas para descrever a mortalidade foram: tamanho das árvores e vigor de crescimento; combinação entre tamanho das árvores e variáveis do povoamento (SCHNEIDER et al., 2005). Com isso, reforça-se a ideia da relação funcional para descrever a probabilidade de mortalidade apresentada por Davis et al. (2005), em que a mesma depende das variáveis índice de competição, tamanho da árvore e variáveis do povoamento, as quais são biologicamente conectadas ao processo de mortalidade em um modelo de árvore individual (CRESCENTE-CAMPO et al., 2009).

CONCLUSÃO

O índice IID_4 (BAI) é o melhor índice para descrever a competição entre árvores em plantios comerciais clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. A superioridade do IID_4 deve-se a simplicidade, facilidade de cálculo e seu realismo biológico, uma vez que combina variáveis de tamanho da árvore e de densidade do povoamento.

Não há possibilidade de ajustar uma única equação para o crescimento em diâmetro e altura para as três classes de produtividade, do contrário, existe a possibilidade de ajustar uma única equação para a probabilidade de mortalidade para as três classes de produtividade.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelas bolsas concedidas aos autores e a FAPEMIG pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLA, I.E. A new competition model for individual tree. **Forest Science**, Washington, v. 17, n. 3, p. 364-372, 1971.
- CAO, Q.V. A method to distribute mortality in diameter distribution models. **Forest Science**, Bethesda, v. 43, n. 3, p. 435-442, 1997.
- _____. Predictions of individual-tree and whole-stand attributes for loblolly pine plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.236, n. 2-3, p. 342-347, 2006.
- CRESCENTE-CAMPO, F.; MARSHALL, P.; SOALLEIRO, R. R. Modeling non-catastrophic individual tree mortality for *Pinus radiata* plantations in northwestern Spain. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 257, n. 4, p. 1542-1550, 2009.
- CHASSOT, T. **Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na floresta ombrófila mista**. Santa Maria, 2009, 48 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) –Universidade Federal de Santa Maria, 2009.
- CUNHA, T. A. da. **Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na floresta amazônica**. Santa Maria, 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2009.
- CUNIA, T.; KUUSELA, K.; NASH, A. J. **Dummy variables and some of their uses in regression analysis**. Nancy: IUFRO, 1973. 146 p.
- DANIELS, R. F. Simple competition indices and their correlation with annual loblolly pine tree growth. **Forest Science**, Washington, v. 22, n. 4, p. 454-456, 1976.
- DANIELS, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. An comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. **Canadian Journal of Forest Research**, Vancouver, v. 16, p. 1230-1237, 1986.
- DAVIES, O.; POMMERING, A. The contribution of structural indices to the modelling of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) and birch (*Betula* spp.) crowns. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 1, p. 68-77, 2008.
- DAVIS, L. S. et al. **Forest Management: to sustain ecological, economic, and social values**. 4. ed., Illinois: Waveland Press, 2005. 804 p.

- DELLA-FLORA, J.B.; DURLO, M.A.; SPATHELF, P. Modelo de incremento para árvores singulares de *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 165-177, 2004.
- DEMOLINARI, R. A. de. **Crescimento de povoamentos de eucalipto não desbastados**. Viçosa, 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- EID, T.; TUHUS, E. Models for individual tree mortality in Norway. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 154, n. 1, p. 69-84, 2001.
- FILIPESCU, C. N.; COMEAU, P. G. Competitive interactions between aspen and white spruce vary with stand age in boreal mixewoods. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 247, n. 1, p. 175-184, 2007.
- FORD, E. D. Competition and stand structure in some even-aged plant monocultures. **Journal of Ecology**, London, v. 63, n. 1, p. 311-333, 1975.
- FOX, J. C.; BI, H.; ADES, P. K. Spatial dependence and individual-tree growth models I. Characterising spatial dependence. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 245, n. 1, p. 10-19, 2007.
- GLOVER, G.R.; HOOL, J.N. A basal area ratio predictor of loblolly pine plantation mortality. **Forest Science**, Washington, v. 25, n. 2, p. 275-282, 1979.
- GONZÁLEZ, M. S. et al. Distance independent tree diameter growth model for cork oak stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 225, p. 262-270, 2006.
- HANN, D.W.; WANG, C.H. **Mortality equations for individual trees in the mixed-conifer zone of southwest Oregon**. Oregon: Forest Research Laboratory, Research Bulletin n. 67, 1990, 17p.
- HOLMES, M.J.; REED, D.D. Competition indices for mixed species northern hardwoods. **Forest Science**, Bethesda, v. 37, n. 5, p. 1338-1349, 1991.
- LORIMER, C. G. Test of age-independent competition indices for individual trees in natural hardwood stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 6, n. 4, p. 343-360, 1983.
- MACHADO, S. do. A. et al. Comportamento da mortalidade natural em bracingais nativos em diferentes densidades iniciais e classes de sítio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 41-50, 2002.
- MARTIN, G.L.; EK, A.R. A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation red pine diameter and height growth. **Forest Science**, Washington, v. 30, n. 3, p. 731-743, 1984.
- MARTINS, F.B. **Modelagem de crescimento em nível de árvore individual para plantios comerciais de eucalipto**. 2011. 143 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MIRANDA, R. C. de. et al. Predição da mortalidade regular para eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 13, n. 2, p.152-173, 1989.
- MONSERUD, R.A.; STERBA, H. Modeling individual tree mortality for Austrian forest species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 113, n. 2, p. 109-123, 1999.
- MOORE, J.A.; BUDELSKY, C.A.; SCHLESINGER, R.C. A new index representing individual tree competitive status. **Canadian Journal of Forest Research**, Vancouver, v. 3, p. 495-500, 1973.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M. H. **Applied linear statistical models: regression, analyses of variance, and experimental designs**. Massachusetts: IRWIN, 1990. 1.181 p.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n.287, p. 9-26, 2003.
- ROSSI, L. M. B. et al. Modelagem da mortalidade em florestas naturais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 275-291, 2007.
- SCHNEIDER, P. R.; TONINI, H. Utilização de variáveis *dummy* em equações de volume para *Acácia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 121-129, 2003.
- SCHNEIDER, P. R. et al. Análise da mortalidade de *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 137-143, 2005.
- SOARES, P.; TOMÉ, M. A distance dependent diameter growth model for first rotation eucalyptus plantation in Portugal. In: AMARO, A.; TOMÉ, M. (Ed.). **Empirical and process – Bases models for forest tree and stand growth simulation**. Lisboa: Salamandra, 1997. p. 267-270.

- STAGE, A. R.; LEDERMANN, T. Effects of competitor spacing in a new class of individual tree indices of competition: semi-distance-independent indices computed for Bitterlich versus fixed-area plots. **Canadian Journal of Forest Research**, Vancouver, v. 38, p. 890-898, 2008.
- STERBA, H.; MONSERUD, R. A. Applicability of the forest stand growth Simulator PROGNAUS for the Austrian part of the Bohemian Massif. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 23-34, 1997.
- TOMÉ, M.; BURKHART, H. E. Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual tree. **Forest Science**, Washington, v. 35, n. 3, p. 816-831, 1989.
- TONINI, H.; KAMINSKI, P.E.; COSTA, P.da. Relação da produção de sementes de castanha-do brasil com características morfométricas da copa e índices de competição. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1509-1516, 2008.
- WATKINSON, A.R.; LONDSDALE, W.M.; FIRBANK, L.G. A neighborhood approach to self-thinning. **Oecologia**, Berlin, v. 56, n. 2-3, p. 381-384, 1983.
- WEBER, P. et al. Using a retrospective dynamic competition index to reconstruct forest succession. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 254, n. 1, p. 96-106, 2008.
- WEINER, J.; THOMAS, S.C. Size variability and competition in plant monocultures. **Oikos**, Copenhagen, v. 47, n. 2, p. 211-222, 1986.
- WEST, P. W. Simulation of diameter growth and mortality in regrowth eucalypt forest of southern Tasmania. **Forest Science**, Washington, v. 27, n. 3, p. 603-616, 1981.
- ZHANG, L.; PENG, C.; DANG, Q. Individual-tree basal area growth models for jack pine and black spruce in northern Ontario. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 80, n. 3, p. 366-374, 2004.
- ZHAO, D. et al. Modeling neighborhood effects on the growth and survival of individual trees in a natural temperate species rich forest. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 196, n. 1, p. 90-102, 2006.

DENSIDADE ÓTIMA DE ESTRADAS E PÁTIOS BASEADA NO CUSTO MÍNIMO DO SISTEMA DE EXPLORAÇÃO NO MANEJO DE FLORESTAS NATIVAS NO ESTADO DE MATO GROSSO

OPTIMUM DENSITY OF ROADS AND LANDING MINIMUM COST-BASED SYSTEM FOR OPERATION IN FOREST MANAGEMENT IN THE NATIVE IN MATO GROSSO STATE

Fidel Cándano Acosta¹; Marcos Leandro García²; Mariana Peres de Lima³

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido num plano de manejo de florestas nativas no Estado de Mato Grosso. Teve como objetivo determinar a densidade ótima de estradas e pátios a construir, em função de minimizar o custo do sistema de exploração. O método utilizado considera a interação que tem as operações de arraste de madeira e construção de estradas e pátios dentro do sistema de exploração de madeira em função das características da floresta e os custos das operações. Foi levantada a informação referente à construção de estradas e pátios com uso do trator (esteira) FIATALLIS Ad7-b e o arraste com o skidder CATERPILAR 525. Os resultados demonstraram que o modelo sistemático aplicado na projeção e construção de estradas e pátios na área de manejo, não minimiza o custo do sistema de exploração. Embora a proposta aumente o número de pátios, propõe uma redução de 26,2 % da densidade de estradas com um efeito econômico de 0,27 R\$/m³ de madeira explorado, sem alterar a produtividade e o custo do arraste.

Palavras-chave: Custos de exploração; densidade de estradas; manejo florestal.

ABSTRACT

This study was conducted in a management plan for native forests in the State Mato Grosso. The objective was to determine the optimal density of roads and landing to minimize the cost of operation system. The method considers the interaction that has kidding operations of wood and construction of roads and landing within the system timber according to the characteristics of the forest and cost of operations. The information was raised for the construction road and landing with use the tractor FIATALLIS Ad7-b and skidding with the CATERPILLAR 525 skidder. The results showed that the systematic model applied to design and construction of roads and landing in the area of management does not minimize the cost of the operation system. Although the proposal increases the number of landings, proposes the 26,2 % reduction in the density of roads which have economic effect of 0,27 R\$/m³, but change the productivity and the cost of skidding.

Keywords: Costs; road density; forest management.

INTRODUÇÃO

Os custos dos sistemas de exploração influenciam diretamente sobre a lucratividade do manejo florestal. Altos investimentos são feitos para a compra das máquinas, a manutenção e nos gastos operacionais. Essa é a razão pela quais muitos pesquisadores fizeram trabalho no tema, com destaque para Becker (1994); Oliveira et al. (1999) e Minette et al. (2008).

A eficiência das operações de exploração florestal tem muita relação umas com outras como acontece em quase todas as cadeias produtivas, no entanto algumas operações tem maior repercussão no custo geral, com destaque para o arraste e a construção de estradas, além de provocar grandes impactos na floresta, segundo, demonstrado por Winkler (1997); Amaral et al. (1998) e Oliveira et al. (2006).

A aplicação da programação lineal, a programação dinâmica e a informática tem sido utilizada por vários autores para aperfeiçoar processos em muitas áreas e também nos processos produtivos do setor florestal, com destaque os trabalhos apresentados por Sessions (1992); Oborn (1996); Malinovski et al. (2000) e Dykstra (2001).

Muitos artigos foram publicados sobre calculo da densidade de estradas, Suddarth et al. (1964); Peters et al. (1978) e Sedlak (1984); O método utilizado pelos autores tinham objetivo de minimizar o custo baseada na relação das operações da densidade de estradas e o custo para o arraste. A falta de consideração de alguns parâmetros e o surgimento dos métodos computacionais fizeram a outros autores

¹Professor Adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Campus Sinop. ICAA. Departamento de Engenharia Florestal. Doutor em Ciências Florestais. fcandano23@gmail.com

²Professor Adjunto da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Campus Alta Floresta. Departamento de Engenharia Florestal. Mestrado em Ciências Florestais. mlgarcia@gmail.com

³Professora Adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Campus Sinop. ICAA. Departamento de Engenharia Florestal. Mestrado em Ciências Florestais. mari_plima@yahoo.com.br

continuarem aperfeiçoando o procedimento, no particular a publicação feita por Sessions et al. (1987) e Sessions et al. (1989), onde propõem uma solução técnica que permite melhorar o resultado para diferentes condições e posterior é publicado por Sessions (1992), o Software PACE, que permite calcular custos das máquinas, custos das estradas e pátios e custos dos sistemas de exploração. Também o Software consegue simular situações e a interação das diferentes operações de exploração, calculando o espaçamento entre estradas e o espaçamento entre pátios que minimiza o custo geral dos sistemas de exploração. Outros trabalhos foram feitos utilizando o procedimento e comparando os métodos (GHAFFARIAN et al., 2008), (GHAFFARIAN et al., 2009).

Embora as pesquisas mostrassem os resultados expostos, ainda é muito comum dentro dos planos de manejo no estado de Mato Grosso a prática de construir estradas e pátios de forma sistemática cada 400 m, com o pensamento que a distância de arraste do skidder é baixa e garante alta produtividade e em consequência baixo custo da operação. Em algumas condições o esquema funciona, mas nem sempre com a certeza que o custo será minimizado. É possível que o custo de arraste seja baixo, porém o custo de construção de estradas e pátios é praticamente desconsiderado na análise, também o impacto da construção da infra-estrutura sobre a vegetação remanescente em geral.

Outro aspecto importante na análise derivado da sistematicidade na projeção e construção das estradas nos planos de manejo é a desconsideração sobre as características próprias da área, como a localização da rede de drenagem, APP, entre outras que reduzem a eficiência na construção das estradas, levando a evasão da legislação ambiental e gastos adicionais do manejo, Muñoz Braz (2007). O problema pode ser resolvido se primeiramente é calculada a densidade ótima de estradas e pátios que proporcione uma distância de arraste onde a somatória das operações minimize o custo do sistema de exploração e depois seja feita a projeção e construção da infra-estrutura sobre o plano da área de manejo, como indica a pesquisa de Moraes et al. (2007).

Levando estas considerações o trabalho tem como objetivo demonstrar que a atual esquema de infra-estrutura de estradas e pátios aplicada nos planos de manejos não minimiza o custo geral da exploração. Porém é utilizado um procedimento com a interação das variáveis que influenciam os custos das operações de estradas, pátios e o arraste de madeira, com a informação procedente da área de manejo, que permitirá dar uma solução ótima, no caso minimizar o custo do sistema de exploração.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área experimental

A colheita de informação foi realizada no plano de manejo da Fazenda Pandora, no Município Peixoto de Azevedo no Estado de Mato Grosso, localizado na latitude 10°13'23" Sul e a longitude 54°58'47" Oeste, a 346 m. O volume de madeira a explorar autorizado foi de 30 m³/ha. O terreno na área de manejo é classificado como plano a ondulado, com declives que não superam os 15 %.



FIGURA 1: Imagem do Município Peixoto de Azevedo-MT

FIGURE 1: Location of the municipality of Peixoto Azevedo, MT

Levantamento e processamento da informação

Para a colheita de dados foram utilizados 17 dias de trabalhos entre os meses de Julho a Outubro do ano 2010 no plano de manejo. Também foi consultado o plano de manejo no nível de escritório, mais informações diretas com os colaboradores envolvidas no manejo.

As operações avaliadas foram à construção de estradas e pátios, com o trator de esteira

FIATALLIS Ad7-b. O equipe estava formada pelo operador, mais um operário de motosserra e um ajudante. Para a operação de arraste das toras, utilizou o skidder CATERPILLAR 525 com pinça, com uma potência de 160 hp (119,3 kW). A equipe estava formada pelo operador e um ajudante. Os operadores de ambas as máquinas tem mais de um ano na operação e também com ajudantes experientes.

Para o processamento da informação se utilizou o Software PACE (SESSIONS, 1992). Foram calculados, os custos de estradas e pátios por metro cúbico e também os custos de arraste. O programa facilitou o cálculo do espaçamento ótimo entre estradas e entre pátios, da qual se deriva a distância de arraste do skidder.

Toda esta informação foi processada para fazer uma média e poder alimentar o Software para obter os valores ótimos do espaçamento de estradas e o espaçamento de pátios.

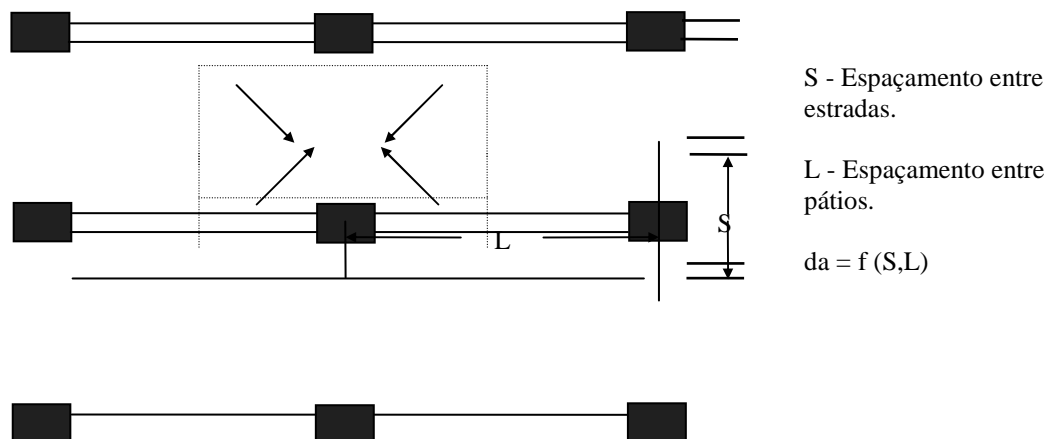


FIGURA 2: Esquema da rede de estradas e pátios
FIGURE 2: Schematic of the network of roads and stockyards

Como se mostra na figura (2), a distância de arraste do skidder é uma função matemática do espaçamento entre estradas e do espaçamento entre pátios. A qual foi o baseamento teórico para otimizar o custo. Também na prática foi calculado o fator de correção da distância média de arraste. Foram medidas 37 trilhas para determinar o fator de correção.

Outras informações importantes foram levantadas, como os tempos do ciclo de trabalho, tanto para o trator de esteira quanto para o skidder, consumos de combustíveis, tempo de trabalho gastado pelo trator de esteira para a construção de estradas e para a construção de pátios. No caso do skidder, também foi mensurada a volumetria por ciclo para determinar a produtividade e a distância de arraste.

As fórmulas aplicadas para obter o custo de construção de estradas e pátios por metro cúbico foram:

$$C_{usl} = \frac{C_r * (L/10^3) + C_l}{V * S * L / 10^4} \quad (1)$$

Em que: C_{usl} - Custo unitário de construção de estradas e pátios de estocagem, (R\$/m³); C_r - Custo de construção de estradas, (R\$/km); C_l - Custo de construção de pátios de estocagem, (R\$/pátios); V - Volume de madeira a explorar, (m³.ha⁻¹); S - Distância média entre estradas, (m); L - Distância média entre pátios de estocagem, (m).

Para o cálculo do custo de arraste:

$$C_{ua} = \frac{C_{op.}}{V_c * (60 - T_i)} \cdot \frac{1}{\frac{da}{V_{sc}} + T_e + \frac{da}{V_{cc}} + T_d} \quad (2)$$

Em que: C_{ua} - Custo do arraste, (R\$/ m³); $C_{op.}$ - Custo operacional do skidder, (R\$/h); V_c - Volume médio da carga do skidder por ciclo, (m³); T_i - Tempo de interrupção do trabalho do skidder, (min./h); da - Distância média de arraste, (m); V_{sc} - Velocidade de deslocamento do skidder vazio, (m/min.); T_e - Tempo de engate das toras, (min.); V_{cc} - Velocidade de deslocamento do skidder com

carga, (m/min.); Td - Tempo de desengate das toras no pátio, (min.).

Para o cálculo da distância de arraste:

$$da = \{1/3*[(0,5*S)^2+(0,25*L)^2]^{0,5}+1/3*[(0,25*S)^2+(0,5*L)^2]^{0,5}\} * k \quad (3)$$

Em que: da- Distância média de arraste do skidder, (m); S- Espaçamento médio entre estradas, (m); L- Espaçamento médio entre pátios, (m); k- Fator de correção da distância de arraste ou relação entre a distancia real e a distância teórica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados do cálculo do custo de construção de estradas e pátios

O custo de construção de estradas foi de 1.842,69 R\$/km e o custo dos pátios de 149,09 R\$, considerando um custo médio operacional do trator (esteira), mais o custo operacional da motosserra para o repique de 198,78 R\$/h de trabalho. Distribuídos da forma seguinte, o custo operacional fixo de 38 %, o custo variável de 42 % e o custo de salário de 20 %. O tempo médio gastado na construção da estrada foi de 9,27 h/km e para a construção dos pátios de 0,75 h/pátio. A largura média das estradas foram de 4 m e os pátios 25x20 m, ou seja, 500 m². O espaçamento entre estradas e entre pátio praticado foi de 400 m.

$$C_{usl} = \frac{C_r * (L/10^3) + C_l}{V * S * L / 10^4}$$

$$C_{usl} = \frac{1.842,69 * (400/10^3) + 149,09}{30 * 400 * 400 / 10^4}$$

$$C_{usl} = 1,85 \text{ R\$/m}^3$$

O resultado do custo unitário para a operação de construção de estradas e pátios corresponde se com os valores obtidos por outros pesquisadores como Winkler (1997). Este custo unitário é muito dependente ao volume a explorar, no caso de planos de manejo com menor volumetria é normal um aumento do mesmo e para maior volume uma diminuição considerável. Também é influenciado pelo custo de construção de estradas e pátios e pela densidade da infra-estrutura.

Resultados do cálculo do custo de arraste com o skidder

Para o cálculo do custo de arraste, é necessário determinar a distância média de deslocamento do skidder, considerando os mesmos espaçamentos utilizados no cálculo de estradas e pátios e o valor do fator de correção da distância de arraste que foi de 1,14.

$$da = \{1/3*[(0,5*S)^2+(0,25*L)^2]^{0,5}+1/3*[(0,25*S)^2+(0,5*L)^2]^{0,5}\} * k$$

$$da = \{1/3*[(0,5*400)^2+(0,25*400)^2]^{0,5}+1/3*[(0,25*400)^2+(0,5*400)^2]^{0,5}\} * 1,14$$

$$da = 169,77 \text{ m.}$$

Agora é possível calcular o custo do arraste com o skidder pela expressão (2):

$$C_{ua} = \frac{C_{op.}}{V_c * (60 - T_i)}$$

$$C_{ua} = \frac{\frac{da}{V_{sc}} + T_e + \frac{da}{V_{cc}} + T_d}{\frac{202,74}{6,32 * (60 - 5,23)}} + 3,36 + \frac{169,77}{86,52} + 2,27$$

$$Cua = 5,42 \text{ R\$/m}^3$$

O valor do custo unitário de arraste esta influenciado por vários parâmetros. O custo operacional do skidder que no caso é elevado em comparação a outras máquinas. A capacidade de carga, que embora não foi totalmente utilizado, o resultado da carga útil é elevado em comparação com outros trabalhos apresentados na floresta nativa. Também tem influência no resultado do custo, a distância de arraste, a velocidade de deslocamento e os tempos terminais, no caso, estão em correspondência com as características do trabalho na floresta nativa.

O custo total de ambas as operações mostram o destaque para o custo de arraste com aproximadamente 80 % do custo, o que sugere fazer uma análise para tentar obter um custo mínimo no resultado geral do sistema de exploração.

Resultado do processo de otimizado do custo para ambas as operações.

No caso, as expressões 1, 2 e 3 foram analisadas no programa PACE, ou seja, para obter o resultado é necessário calcular os valores do espaçamento entre estradas e os valores de espaçamentos entre pátios, que determine a distância de arraste do skidder, para que a somatória do custo de estradas e pátios da expressão (1), mais o custo do arraste, seja mínimo. Estes valores de espaçamento são de 542,00 m para as estradas e de 272,00 m entre pátios.

$$C_{usl} = \frac{Cr * (L/10^3) + Cl}{V * S * L / 10^4}$$

$$C_{usl} = \frac{1\,842,69 * (272,00 / 10^3) + 149,09}{30 * 542,00 * 272,00 / 10^4}$$

$$C_{usl} = 1,47 \text{ R\$/m}^3$$

Como se mostra, o novo valor de espaçamento diminuiu em aproximadamente o 26 % o que acarrete uma redução do custo para estradas e pátios de 20 %. É importante destacar que embora aumente o número de pátios, foi significativa a diminuição da densidade de estradas.

Os valores ótimos forma utilizados para o cálculo da distância média de arraste:

$$da = \{1/3 * [(0,5 * S)^2 + (0,25 * L)^2]^{0,5} + 1/3 * [(0,25 * S)^2 + (0,5 * L)^2]^{0,5}\} * k$$

$$da = \{1/3 * [(0,5 * 542)^2 + (0,25 * 272)^2]^{0,5} + 1/3 * [(0,25 * 542)^2 + (0,5 * 272)^2]^{0,5}\} * 1,14$$

$$da = 178,94 \text{ m.}$$

A distância de arraste praticamente ficou estável, só aumentou 5,12 % o que não provocou diminuição significativa na produtividade do skidder. Conforme o resultado é substituído à distância na expressão (3) para o novo cálculo do custo de arraste.

$$Cua = \frac{Cop.}{Vc * (60 - Ti) + \frac{da}{Vsc} + Te + \frac{da}{Vcc} + Td}$$

$$Cua = \frac{202,74}{6,32 * (60 - 5,23) + \frac{178,94}{102,24} + 3,36 + \frac{178,94}{86,52} + 2,27}$$

$$Cua = 5,53 \text{ R\$/m}^3$$

A variação no custo do arraste não é apreciável, o que demonstra que o aumento do espaçamento entre as estradas foi compensado com a diminuição do espaçamento entre pátio e não trouxe conseqüências sobre o arraste.

TABELA 1: Resumo do processo de otimização das operações

TABLE 1: The optimization process operations

Itens	Condição atual	Proposta otimizada
Espaçamento entre estradas (m)	400,00	542,00
Espaçamento entre pátios (m)	400,00	272,00
Distância média de arraste (m)	169,80	178,90
Produtividade do skidder (m ³ /h)	37,42	36,63
Densidade de estradas (m.ha ⁻¹)	25,00	18,45
Custo de estradas e pátios (R\$/m ³)	1,85	1,47
Custo de arraste (R\$/m ³)	5,42	5,53
Custo Total das operações (R\$/m ³)	7,27	7,00

É evidente que os novos valores de espaçamentos provocaram um resultado importante para diminuir os custos da construção de estradas e os impactos gerados pela operação, embora aumente a quantidade de pátios, há um ganho geral do sistema de exploração.

CONCLUSÕES

Analisando os resultados conclui-se que:

O esquema da infra-estrutura de estradas e pátios utilizada pelo plano de manejo objeto de pesquisa com espaçamentos de 400 m entre estradas e 400 m entre pátios, não minimiza o custo da exploração das operações;

Para obter um custo mínimo nas condições da área avaliada, tem que aumentar o valor de espaçamento de estradas e diminuir o valor do espaçamento de pátios, a qual reduz o custo de construção de estradas na aproximadamente o 20 % e não provoca diminuição significativa da produtividade do skidder;

A proposta indicada de valores de espaçamentos entre estradas e entre pátios embora aumente a quantidade de pátios, reduz a densidade de estradas em 6,55 m/ha, com uma importante diminuição dos impactos à floresta e do custo do sistema de exploração de 0,27 R\$/m³ de madeira; e

O procedimento utilizado permite a otimização para a condição de custo mínimo de qualquer sistema de exploração desde que seja possível subministrar à informação necessária para a análise com a interação das três expressões utilizadas.

O estudo ainda sugere como recomendações que a utilização dos valores propostos no trabalho de espaçamentos entre estrada de 542,00 m e entre pátios de 272,00 m, o que pode corresponder a um esquema de 500 x 200 m, sempre que as condições do manejo sejam semelhantes as avaliadas nesta pesquisa e usar o procedimento da interação das três expressões pela facilidade do mesmo, precisão e rapidez para minimizar o custo do sistema de exploração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, P.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO VIDAL, E. **Floresta para sempre**. Um manual para a produção de madeira na Amazônia. Belém, Pará, Brasil. 1998.155 p.

BECKER, G. Optimization of Road Network and Transport Systems – A Pré-Condition for an improved Organization and Design of Labor in Forestry. In: Seminário de Atualização sobre Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal, VIII, 1994. Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994, p. 111-115.

DYKSTRA, D.P. **RILSIM 2.02: A Financial Simulation Modelling System for Reduced-Impact Logging**. International Forestry Consultant, Blue Ox Forestry. United States of America. 2001.

GHAFFARIAN, M. R.; SOBHANI, H. Optimum road spacing of ground based skidding operations in Nowshahr, Iran. **Caspian Journal of Environmental Sciences**, 2008, v.6, n.2 p.105-112.

GHAFFARIAN, M.R.; STAMPFER, K.; SESSIONS, J. Comparison of three methods to determine optimal road spacing for forwarder-type logging operations. **Journal of Forest Science**, v.55, n.9. p.423–431.2009.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. Programa de computação para simulação e controle de operações de colheita de madeira. XI Simpósio Brasileiro sobre Exploração e Transporte Florestal. 2000. Curitiba. **Anais...** Brasil.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. N.; FREITAS, K. E.; SOUZA, A. P.; SILVA, E. P. Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEAg/UFCG. 2008, v.12, n.6, p.659–665.

MORAES, C. A.; MUÑOZ BRAZ, E.; ORFANÓ, E. F.; MENDES, L.; OLIVEIRA, M. V. N. de; MESQUITA, R. **Manejo de precisão em Florestas Tropicais: Modelo digital de Exploração Florestal**. EMBRAPA ACRE. Rio Branco-AC. 2007. 183 p.

MUÑOZ BRAZ, E. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. RS-Brasil. 2010. 236 p.

OBORN, R. M. A mixed-integer programming model for tactical forest operations planning. Presented at the joint meeting of the council on forest engineering and IUFRO. July 29 – August 1, 1996. Marquette, Michigan USA. 1996. p.201-211.

OLIVEIRA, A. D. DE; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P.; LEITE, H. G. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “CLAMBUNK SKIDDER” **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 2006. v.30, n.2, p.267-275.

OLIVEIRA, A. D. DE; MARTINS, E. P. ; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P. Análise econômica da exploração, transporte e processamento de madeira de florestas nativas – O caso do Município de Jarú, estado de Rondonia-Brasil. **Revista CERNE**, v.5, n.2, p.13-25, 1999.

PETERS, P.A. Spacing of roads and landings to minimize timber harvest cost. **Forestry Science**. v.24. n.2. 1978. p.209-217.

SEDLAK, O. Principios generales sobre planificación de redes de carreteras forestales. **Estudio FAO**. Montes nº.33. La explotación Maderera de bosques de montaña .1984. p.27-47.

SESSIONS, J. Cost Control in forest harvesting and road construction. FAO. **Forestry Paper** 99. Rome, Italy, 1992. 106 p.

SESSIONS, J.; GUANGDA, L. Deriving optimal Road and Landing with microcomputer Programs. **Western Journal of Applied Forestry**, v.2, n.3, July. p.94-98.1987.

SESSIONS, J.; HUAT, Y. Optimizing road spacing and equipment allocation simultaneously. **Forest Products Journal**, Corvallis, Oregon, USA, v.39, n.10, p.43-46.1989.

SUDDARTH, S. K.; HEINRICH, A. M. **Average skidding distance for theoretical analysis of logging costs**. Bull. n. 789. Purdue Univ. Agric. Exp. Stn. Lafayette, Indiana, USA, 1964. 6 p.

WINKLER, N. **Aprovechamiento forestal compatible con el medio ambiente**. Ensayo sobre la aplicación del Código Modelo de la FAO en la Amazona Brasileña. Estudio Monográfico n.8. Roma, Italia, 1997. 84 p.

USO DE MICRO-TRATOR EM SUBSTITUIÇÃO A ANIMAIS NO SISTEMA DE MANEJO FLORESTAL COMUNITÁRIO DO PC PEIXOTO, ACRE

USE OF MICRO-TRACTOR TO REPLACE ANIMALS IN THE COMMUNITY FOREST MANAGEMENT SYSTEM OF THE PC PEIXOTO, ACRE

Henrique José Borges de Araújo¹; Manoel Freire Correia²; Gleyciane Araújo Cardoso³; Fernanda Lopes da Fonseca⁴

RESUMO

Nas últimas duas décadas o manejo florestal em pequena escala ou comunitário tem apresentado forte expansão na Amazônia. Em 1995, a Embrapa Acre deu início ao projeto de manejo florestal comunitário do Projeto de Colonização Pedro Peixoto, no estado do Acre. O sistema de manejo comunitário do PC Peixoto propõe métodos acessíveis para produtores rurais de baixa renda e que consideram suas relações com a floresta, os meios que dispõem e suas tradições como agricultores familiares. Originalmente, no sistema de manejo do PC Peixoto o transporte primário da madeira serrada da floresta até as vias de escoamento é praticado com animais (bois de carga), no entanto, é verificado que a eficiência desse método é baixa e exige demasiado esforço dos animais. Diante dessa limitação, foi proposto substituir os animais por micro-tratores, acoplados a carretas basculantes. Este trabalho tem por objetivo apresentar os índices técnicos e econômicos da colheita de madeira do PC Peixoto com a inserção de um micro-tractor em substituição aos animais. O equipamento foi o micro-tractor Yanmar Agritech TC-14, 14 cv. Em comparação aos animais, o micro-tractor mostrou-se vantajoso em muitos aspectos, tanto na melhoria do desempenho e produtividade, que praticamente dobrou como também em relação aos índices econômicos, apontando para a viabilidade da sua utilização, além de acessível aos produtores de baixa renda.

Palavras-chave: manejo florestal em pequena escala; colheita madeireira; floresta amazônica.

ABSTRACT

In the last two decades the small-scale forest management, or community management, has shown strong growth in the Amazon. In 1995, Embrapa Acre began the project of community forest management in Pedro Peixoto Colonization Project in the state of Acre, Brazil. The system of management of PC Peixoto proposes methods accessible to small farmers and consider their relationship with the forest, the means available to them and their traditions as family farmers. Originally, the system management of PC Peixoto the primary transport of lumber from the forest to the roads is practiced with animals (oxen), however, it is found that the efficiency of this method is low and requires excessive effort for the animals. To solve this limitation, it was proposed to replace the animals by micro-tractors, with trailers attached. This paper aims to present technical and economic indices of timber harvesting system management of PC Peixoto by inserting a micro-tractor to replace the animals. The equipment was micro-tractor Yanmar Agritech TC-14, 14 hp. Compared to animals, the micro-tractor proved advantageous in many aspects, both in improving the performance and productivity, which nearly doubled, and also on the economic indicators, pointing to the feasibility of its use, besides accessible to producers of low income.

Keywords: small-scale forest management; timber harvest; Amazon rainforest.

INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas o manejo florestal em pequena escala ou comunitário tem apresentado forte expansão na Amazônia. Atualmente, esta modalidade de manejo florestal é praticada em cinco dos nove estados amazônicos brasileiros e as primeiras iniciativas datam do início dos anos 90, quando os primeiros planos de manejo comunitários foram operacionalizados (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2009). No final da década de 1990, havia apenas 17 planos operando ou em fase de planejamento e ao final de 2006 já era contabilizado um total de 1566 planos protocolados no IBAMA, ocupando cerca de 850 mil hectares e beneficiando 5.459 famílias (AMARAL NETO *et al.*, 2008).

Tal avanço é relacionado à implementação de políticas públicas e incentivos de governos, disponibilização de recursos financeiros, sobretudo recursos internacionais, bem como o aparelhamento e apoio de instituições locais vinculadas ao segmento. No estado do Acre, são exemplos de instituições

¹Engenheiro Florestal, M.Sc. em Ciências Florestais, Pesquisador da Embrapa Acre. Rodovia BR-364, km 14, CEP 69908-970, Rio Branco-AC. Fone (68) 3212-3200. henrique@cpafac.embrapa.br

² Biólogo, Assistente de pesquisa da Embrapa Acre. freire@cpafac.embrapa.br

³ Graduanda de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Acre, Estagiária de pesquisa da Embrapa Acre. gleyciaraujo@hotmail.com

⁴Engenheira Florestal, Analista da Embrapa Acre. fernanda@cpafac.embrapa.br

apoiadoras do manejo florestal comunitário: Secretaria de Estado de Florestas (SEF), Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (Funtac), Centro dos Trabalhadores da Amazônia (CTA) e Embrapa Acre.

Dado ao pioneirismo, implantação e o desenvolvimento de sistemas de produção, ao expressivo número de planos em execução e ao bom nível organizacional, em que se destaca a atuação de uma cooperativa de produtores florestais comunitários, o estado do Acre é considerado uma referência para o manejo comunitário na Amazônia. Atualmente, quinze associações comunitárias, reunindo 249 famílias, são detentoras de um total de 52.652,87 hectares de florestas manejadas (SEF, 2010, não publicado).

O manejo florestal comunitário e familiar devido à diversidade de público, às diferentes características e histórico de ocupação da terra, é uma atividade de difícil conceituação (SFB, 2010). Em termos legais, o Decreto 6.874, de 5 de junho de 2009, define o manejo florestal comunitário e familiar como “a execução de planos de manejo realizada pelos agricultores familiares, assentados da reforma agrária e pelos povos e comunidades tradicionais para obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema”. Vale observar que o citado decreto considera que as atividades de manejo realizadas por terceiros, comum entre os planos comunitários, não descaracterizam o manejo comunitário, desde que o plano continue sob a responsabilidade das comunidades.

Na busca de um sistema produtivo silvicultural apropriado às particularidades de projetos de assentamento, propondo métodos acessíveis para produtores rurais de baixa renda e que consideram as suas relações com a floresta, os meios que dispõem e suas tradições como agricultores familiares, a Embrapa Acre, em 1995, deu início ao desenvolvimento do projeto de manejo florestal comunitário do Projeto de Colonização Pedro Peixoto (PC Peixoto). O projeto teve o plano de manejo submetido e aprovado pelo IBAMA em 1996 e a primeira exploração madeireira, juntamente com a comercialização desta produção, ocorreu no ano de 1997. Inicialmente o projeto foi realizado em 11 propriedades e em 2001 agregou mais 10 propriedades ao plano, chegando a 750 hectares a área total sob manejo (GUARINO e ARAUJO, 2011).

Os princípios básicos do plano do PC Peixoto são os seguintes: 1) utilização da parte da floresta referente à Reserva Legal; 2) simplicidade metodológica e operacional; 3) baixos investimentos; 4) colheita madeireira não mecanizada e de reduzido impacto ambiental; e 5) efetiva participação dos pequenos produtores manejadores (ARAUJO, 1998).

Originalmente, no sistema de manejo do PC Peixoto o transporte primário (arraste) da madeira serrada, da floresta até as vias de escoamento rodoviário, é praticado com animais (bois de carga) da seguinte forma: após o desdobro ou processamento, que é realizado no próprio local onde a árvore é derrubada, a madeira na forma de peças serradas, como tábuas, pranchões, blocos, estacas, etc., é transportada do interior dos talhões de manejo até o ramal de acesso (via de escoamento) por meio de um implemento denominado "zorra", o qual consiste em um apoio feito com travessas de madeira, com aproximadamente 4,0 metros de comprimento, posicionado em uma canga sobre as costas do animal, onde são colocadas e fixadas as peças de madeira, que são arrastadas com uma das extremidades tocando o chão (ARAUJO, 1998) (Figura 1).



FIGURA 1: Transporte primário da madeira serrada com animal utilizando a “zorra”.
FIGURE1: Primary transport of lumber with animal using the “zorra”.

Ao longo da execução do projeto do PC Peixoto, visando o aprimoramento e melhoria do sistema, especialmente quanto à eficiência produtiva, houve vários ajustes nos métodos propostos. Citam-se como exemplos de ajustes realizados:

1. O corte dos cipós (tratamento silvicultural que visa liberar as copas das árvores a serem

derrubadas no momento da queda, evitando ou reduzindo os danos a outras árvores) que antes era feito em todas as árvores do talhão a ser explorado, de modo concomitante ao inventário de planejamento (a 100%), passou a ser feito somente nas árvores definidas para o corte, portanto, em momento posterior ao inventário de planejamento. Tal ajuste foi necessário devido à alta incidência de queda de árvores por ação do vento, dado que as árvores, com o corte dos cipós, ficam com a sustentação vertical afetada;

2. A substituição de motosserras por serrarias portáteis (Figura 2) no processamento da madeira. Na prática, esta modificação possibilitou triplicar a produtividade, além de aumentar a diversidade e a qualidade (melhor acabamento) da madeira produzida;



FIGURA 2: Processamento da madeira com serraria portátil.
FIGURE2: Processing of wood with portable sawmill.

3. O arraste da madeira serrada com animais e a “zorra” que era feito a distâncias maiores que 1000 metros, desde o ponto de derrubada da árvore até a via de escoamento, passou a ser feito somente dentro do talhão de exploração, a distâncias máximas de 200 metros. Tal ajuste foi possível com a abertura de um carregador permanente central às áreas de manejo, ligando todos os talhões, onde a madeira é transportada em uma pequena carroça, também tracionada por animais, com capacidade de carga cerca de quatro vezes maior do que a “zorra” (Figura 3). Esse ajuste possibilitou maior produtividade no transporte da madeira dentro da floresta manejada, ao mesmo tempo em que reduziu o esforço físico dos animais.



FIGURA 3: Transporte primário da madeira serrada em carregador permanente central às áreas de manejo florestal.

FIGURE3: Transport primary of the lumber in permanent central trail of forest management areas.

Mesmo com a implantação do carregador central nas áreas de manejo tem-se verificado que a eficiência produtiva da retirada da madeira com animais continua baixa e exigindo grande esforço físico dos animais. Houve um caso em que o animal apresentou atrofia muscular irreversível, presumivelmente causada pelo esforço demais de puxar a madeira com a “zorra”, ficando o animal impossibilitado ao trabalho. A situação agravou-se dado que as distâncias de transporte foram gradativamente aumentando

com a entrada em produção dos talhões localizados mais ao fundo das áreas, mais distantes da via de escoamento rodoviário.

Diante das limitações dos animais no transporte primário da madeira, foi proposta a inovação de substituí-los por um equipamento motorizado de pequeno porte do tipo micro-tractor acoplado a uma carreta basculante (reboque), de baixo custo e simplicidade operacional e que proporcione o aumento da produtividade mantendo, ao mesmo tempo, os princípios básicos do modelo de manejo do PC Peixoto, especialmente quanto ao impacto reduzido sobre a floresta.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os índices técnicos de produtividade e econômicos (composição dos custos operacionais, utilização de mão-de-obra e rentabilidade) da colheita de madeira nas áreas manejadas do PC. Peixoto com a inserção de um micro-tractor, acoplado a uma carreta basculante, em substituição aos animais no transporte primário da madeira serrada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados no PC Peixoto, projeto de assentamento federal amazônico classificado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) na modalidade PAD – Projeto de Assentamento Dirigido (MEDEIROS et al., 2009). As áreas sob manejo florestal foram estabelecidas em pequenas propriedades localizadas nas margens da rodovia BR-364, município de Senador Guiomard, a cerca de 110 km da cidade de Rio Branco, capital do estado do Acre. As áreas possuem o ponto central com coordenadas geográficas S009°46'20.0" e W067°06'30.0".

A cobertura florestal destas áreas é constituída por típica floresta tropical primária densa de terra firme amazônica, semi-perenifólia, com formações de floresta aberta e floresta densa (ACRE, 2006; BRASIL, 1976). O inventário diagnóstico das áreas indicou, para árvores com DAP (diâmetro a altura do peito, 1,30 m do solo) $\geq 10,0$ cm, os seguintes parâmetros: abundância (número de indivíduos) de 375 árvores.ha⁻¹, área basal de 21,96 m².ha⁻¹, volume total de 180,36 m³.ha⁻¹ e volume comercial (DAP acima de 50,0 cm) total de 73,07 m³.ha⁻¹ (ARAUJO e OLIVEIRA, 1996).

Em média, cada propriedade componente do plano de manejo do PC Peixoto possui área total de 72 hectares, no formato retangular (2000m x 360m), sendo 36 hectares (50% da área total) a parte efetivamente sob manejo florestal, situada na parte posterior da propriedade e dentro da Reserva Legal (Figura 4). O plano de manejo baseia-se em ciclos de corte curtos (10 anos), baixa taxa de corte (máximo de 10 m³.ha⁻¹.ciclo⁻¹), processamento das toras no ponto de derrubada da árvore, utilizando serrarias portáteis ou motosserras, e o uso de animais para o tracionamento da madeira processada (ARAUJO E OLIVEIRA, 1996).

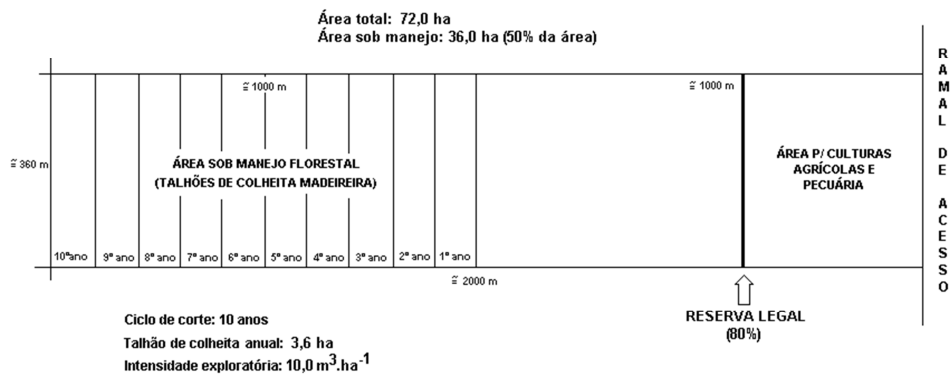


FIGURA 4: Desenho esquemático de uma pequena propriedade sob manejo florestal do Projeto de Colonização Pedro Peixoto.

FIGURE4: Schematic drawing of a small property under forest management in the Pedro Peixoto Colonization Project.

Os equipamentos utilizados nas operações de manejo foram os seguintes: motosserra Stihl 660, potência de 7,1 cv, a gasolina e óleo 2T, sabre de 63 cm (40 dentes); serraria portátil Lucasmill, modelo 825, potência de 27 cv, a gasolina, serra circular (disco) com 05 dentes de vídea, diâmetro de 545 mm (21,5"), espessura do corte de 5,7 mm; micro-tractor Yanmar Agritech TC-14, potência de 14 cv, a diesel, com carreta basculante tracionada, carroceria de madeira com capacidade de carga de 1200 kg. A título de informação, ainda que não tenham sido utilizados neste estudo, os animais de carga usados no sistema de manejo do PC Peixoto são bovinos machos, castrados, de origem local, com idade entre de 4 a 5 anos e peso entre 400 a 450 kg.

Em acordo com o sistema de manejo florestal desenvolvido, as operações com motosserras, de desdobro com serraria portátil e o transporte primário da madeira serrada com o micro-tractor e carreta

basculante (Figura 5) foram realizadas, acompanhadas e registradas no período de março a agosto de 2011.

Entre as informações registradas para a definição dos índices técnicos e econômicos deste trabalho citam-se as seguintes: composição da equipe de trabalho; distâncias de abertura ou manutenção (limpeza) de carregadores e picadas; espécie de madeira; DAP; comprimento comercial e diâmetros das extremidades da tora (ponto de corte junto ao solo e extremidade superior, até as primeiras galhadas); condição de aproveitamento da tora (retilínea, tortuosa, partes danificadas ou podres e presença de organismos xilófagos); altura do toco remanescente; comprimento e diâmetros das extremidades das seções da tora; tempos das operações (abertura ou limpeza de carregadores e picadas, desgalhamento, seccionamento da tora, desdobro, carregamento e transporte e preparos dos equipamentos); tipos, quantidades e dimensões das peças produzidas; consumos de combustível, óleos e materiais (limas, facões, etc.); preços de aquisição dos equipamentos, combustíveis, materiais, EPI's, etc.; valor corrente praticado da mão-de-obra (diárias) florestal.



FIGURA 5: Transporte primário da madeira serrada com micro-tractor e reboque.
FIGURE5: Transport primary of the lumber with micro-tractor and trailer.

Em meio às espécies de madeira processadas e os produtos produzidos (tipos de peças serradas) para este estudo constam os já tradicionais do projeto de manejo do PC Peixoto, a exemplo de: Espécies – Amarelão (*Aspidosperma vargasii* A. DC.), Maçaranduba (*Manilkara surinamensis* (Miq.) Dub.), Cerejeira (*Torresea acreana* Ducke), Cedro-rosa (*Cedrela odorata* L.), Matamatá-roxo (*Eschweilera odora* (Poepp.) Miers.), Catuaba roxa (*Qualea grandiflora* Mart.); Tipos de peças - estacas (0,10 x 0,10 x 2,20 m), mourões (0,20 x 0,20 x 3,00 m), pranchões ou blocos (dimensões médias de 0,15 x 0,30 x 2,20 m), tábuas (dimensões médias de 0,02 m x 0,20 m x 2,00 m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os índices técnicos de produtividade obtidos para as etapas operacionais de colheita de madeira do sistema de manejo florestal comunitário do PC Peixoto. As informações são ordenadas conforme as etapas seqüenciais do sistema de manejo e contem, entre parênteses após a nomenclatura de cada operação, a unidade principal dos seus índices técnicos de produtividade (por propriedade ao ano, talhão ao ano, árvore e dia), a lista dos principais indicadores/dados e as respectivas quantidades/unidades alcançadas.

Tais resultados espelham as médias obtidas na execução das diferentes operações, independente das variáveis que sabidamente influenciam os índices técnicos de produtividade, a exemplo da espécie de madeira e do tipo de produto serrado produzido, ou seja, as médias são representativas da colheita da madeira da propriedade em conjunto, a qual é tipicamente diversa em espécies, tipos de produtos, qualificação da mão-de-obra, condições topográficas (aclives e declives), rede hidrográfica (necessidade de pontes), entre outras variáveis da colheita.

As operações 4, 6 e 7 da Tabela 1 (desdobro com motosserra, transporte primário com animal e “zorra” e transporte primário com animal e carroça) são apresentadas com fins comparativos com as operações 5 e 8 (desdobro com serraria portátil e transporte primário com micro-tractor) e, em razão de não terem sido executadas para este trabalho, os índices técnicos de produtividade são apresentados conforme obtidos por Araujo (1998).

TABELA 1: Índices técnicos de produtividade das operações do sistema de manejo florestal de pequena escala do Projeto de Colonização Pedro Peixoto.

TABLE1: Technical indexes of productivity of operations of small-scale forest management system of the Pedro Peixoto Colonization Project.

Operação (unidade principal)	Indicador/dado	Quantidade/Unidade
1. Abertura e manutenção do carreador central (por propriedade ao ano)	Equipe	2 homem
	Largura média	2,5 m
	Comprimento total do carreador	1100 m
	Metragem de manutenção	800 m
	Metragem de abertura	300 m
	Tempo total da operação	1,5 dia
2. Abertura de picadas dentro do talhão (por talhão ao ano)	Equipe	1 homem
	Largura média	1,5 m
	Comprimento total das picadas	450 m
	Tempo total da operação	1,0 dia
3. Derrubada da árvore e preparo para o desdobro (por árvore)	Equipe	1 homem
	Equipamento básico	Motosserra Sthil 660
	Tempo preparo do equipamento e corte da árvore	1h
	Tempo limpeza, desgalhamento e traçamento	1h 30min
	Tempo total da operação	2h 30min
4. Desdobro com motosserra (por árvore)*	Equipe	2 homem
	Equipamento básico	Motosserra Sthil 660
	Volume médio de madeira serrada produzida	3,0 m ³
	Tipo de peça serrada produzida	Estaca
	Tempo total da operação	2,0 dia
5. Desdobro com serraria portátil (por árvore)	Equipe	2 homem
		Serraria portátil
	Equipamento básico	LucasMill
	Volume médio de madeira serrada produzida	4,1 m ³
	Tipo de peça serrada produzida	Estaca
	Tempo total da operação	1,5 dia
6. Transporte primário com animal e “zorra”, incluindo carga e descarga (por dia)*	Equipe	1 homem
	Equipamento básico	Animal (boi) e “zorra”
	Distância de arraste	450 m
	Volume médio de madeira transportada	1,5 m ³
	Tipo de peça serrada	Bloco
	Volume médio por viagem	0,20 m ³
	Tempo total da operação	1,0 dia
7. Transporte primário com animal e carroça, incluindo carga e descarga (por 0,5 dia)*	Equipe	2 homem
	Equipamento básico	Animal (boi) e carroça
	Distância de arraste	1200 m
	Volume médio de madeira transportada	1,5 m ³
	Tipo de peça serrada	Bloco/estaca
	Volume médio por viagem	0,75 m ³
	Tempo total da operação	0,5 dia
8. Transporte primário com micro-tractor, incluindo carga e descarga (por dia)	Equipe	1 homem
		Micro-tractor Yanmar com reboque
	Equipamento básico	
	Distância de arraste	1200 m
	Volume médio de madeira transportada	4,1 m ³
	Tipo de peça serrada	Estaca
	Volume médio por viagem	0,70 m ³
Tempo total da operação	1,0 dia	

*Fonte: Araujo (1998)

Em comparação aos animais (com a “zorra” e a carroça), a utilização do micro-tractor com o reboque mostrou-se vantajosa em muitos aspectos, tanto na melhoria dos processos, em termos de desempenho e produtividade, como também em relação aos custos (conforme será visto mais adiante). De um modo geral, verificou-se que são poucas as adaptações a serem feitas no sistema de manejo em curso. Entre os pontos observados na atuação do micro-tractor e do reboque, a maior parte positivos, destacam-se os seguintes:

- O equipamento mostrou-se de fácil manuseio e manutenção, não requisitando de treinamentos avançados, bastando ao operador receber as instruções básicas de funcionamento;
- Os carregadores e picadas para o trânsito do equipamento devem ser estar livres de obstáculos (a exemplo de tocos pontiagudos da vegetação retirada que podem perfurar os pneus do reboque) e, preferencialmente, em locais sem aclives e declives acentuados;
- Embora possua pneus apropriados (lameiros na parte dianteira), houve dificuldades de transitar com o micro-tractor carregado em locais com o piso encharcado, principalmente em aclives, dado que os pneus tracionados, sem aderência suficiente, patinam no chão escorregadio;
- Ainda que a capacidade de carga nominal indicada pelo fabricante seja de 1.200 kg, aproximadamente 1,1 m³ de madeira verde (CHICHIGNOUD *et al.*, 1990), verificou-se que a capacidade de carga ótima nas condições observadas (trajeto livre de obstáculos, solo seco, aclives e declives pouco acentuados) situa-se entre 0,70 e 0,80 m³, cerca de 770 e 880 kg, acima desta faixa, o equipamento tende a reduzir a estabilidade e a força de tração;
- O consumo médio diário de combustível (diesel), para uma jornada de trabalho intercalada de 8 horas (cerca de 5-6 horas contínuas de operação efetiva), foi de 7,0 a 8,0 litros, ou cerca de 1,2 litros por hora efetiva de funcionamento;
- A velocidade média de deslocamento a plena carga (reboque carregado) nas condições observadas foi em torno de 6 km.h⁻¹ (similar à passada humana), significando que uma distância de 1200 m, por exemplo, é percorrida em cerca de 12-15 minutos;

A produtividade média alcançada, relativa ao volume de madeira transportado ao dia à distância média de 1.200 m, foi superior à produtividade dos animais com a “zorra” em cerca de três vezes (à distância média de 450 m) e de duas vezes com a carroça (à distância média de 1.100 m);

- Devido ao comprimento da carroceria do reboque (2,0 m), há restrições de carregamento de peças longas (acima de 3,0 m), sendo que nestes casos o transporte é feito com as peças arrastando, com uma das extremidades tocando o chão, além de que nessas condições a capacidade de carga fica reduzida (menor volume transportado);
- Não houve mudanças quanto ao impacto ambiental, ou seja, foi mantido, na prática, o mesmo reduzido impacto sobre a floresta (principalmente em relação à área alterada pelos carregadores e picadas) produzido pela utilização de animais.

A composição dos custos das etapas operacionais do sistema de manejo florestal comunitário do PC Peixoto é apresentada na Tabela 2. Para esta composição foram consideradas duas situações distintas: a primeira, com o processamento da madeira realizado por meio da serraria portátil e o transporte primário com o micro-tractor e reboque (composição 1); e, a segunda, com o processamento da madeira realizado com motosserra e o transporte primário com animais puxando a “zorra” e a carroça (composição 2). Quanto aos custos relativos ao desdobro com motosserra e transporte primário com animal (custos 1.3, 1.5, 1.6 e 2.1 da Tabela 2), foram utilizados e atualizados os valores dos insumos necessários descritos por Sá *et al.* (1998) e Sá *et al.* (2008).

As referidas situações refletem, por assim dizer, estágios do desenvolvimento do sistema de manejo das áreas do PC Peixoto em que, no início dos trabalhos (composição 2), há cerca de 15 anos, o nível tecnológico era incipiente e o uso de equipamentos com algum grau de mecanização quase inexistente, enquanto que atualmente (composição 1), o nível tecnológico evoluiu com a inserção da serraria portátil e do micro-tractor.

Muito embora os custos operacionais utilizando a serraria portátil e o micro-tractor (composição 1) tenham sido ligeiramente superiores (cerca de 1,7%) que os custos utilizando motosserra e animais (composição 2), a análise comparativa revela ampla vantagem para a primeira situação dado que a produtividade é expressivamente maior, acima do dobro. Tal inferência pode ser verificada pelo tempo total projetado de execução das operações de manejo⁵ para uma propriedade, colhendo 36 m³ de madeira em tora ao ano, que é de 15 dias de trabalho efetivo utilizando a serraria e o micro-tractor e de 34 dias de trabalho efetivo, utilizando a motosserra e os animais, ou seja, cerca de 2,2 vezes menor a favor da serraria e o micro-tractor.

Outro aspecto vantajoso do ponto de vista econômico do uso da serraria e micro-tractor se refere à necessidade de mão-de-obra⁶, pois enquanto com estes equipamentos utiliza-se, para uma propriedade, colhendo 36 m³ de madeira em tora ao ano, um total estimado de 23,25 homem.dia⁻¹, com o uso da

⁵ O tempo projetado de execução das operações de manejo para a colheita anual de uma propriedade (36 m³ de madeira em tora) para as duas situações apresentadas (composições 1 e 2) foi calculado com base nos índices técnicos de produtividade constantes na Tabela 1. Por exemplo, para a composição 1 o cálculo foi o seguinte: operação 1 = 1,5 dia; operação 2 = 1,0 dia; operação 3 = 1,25 dia; operação 5 = 6,75 dia; operação 8 = 4,5 dia; soma das operações (1, 2, 3, 5 e 8) = 15 dias de trabalho efetivo.

⁶ Do mesmo modo que o tempo projetado de execução das operações de manejo, a necessidade de mão-de-obra para as duas situações apresentadas (composições 1 e 2) foi calculada com base nos índices técnicos de produtividade constantes na Tabela 1, em que o total estimado é a soma dos produtos do tempo de execução pela quantidade de mão-de-obra (homem) das respectivas operações.

motosserra e animais utiliza-se um total estimado de 53,25 homem.dia⁻¹, ou seja, cerca de 2,3 vezes mais. Por outro lado, sob o ponto de vista da remuneração da mão-de-obra familiar, a vantagem se inverte na mesma proporção a favor do uso da motosserra e animais dado que melhor privilegia o trabalho, podendo assim ser visto como uma vantagem no campo social.

TABELA 2: Índices econômicos e custos de produção por metro cúbico das operações do sistema de manejo florestal de pequena escala do Projeto de Colonização Pedro Peixoto.

TABLE2: Economic indexes and production costs per cubic meter of operations of small-scale forest management system of the Pedro Peixoto Colonization Project.

Custos/ Indicador	Composição 1		Composição 2	
	Custo (R\$.m ⁻³)	%	Custo (R\$.m ⁻³)	%
1. Custos variáveis				
1.1. Abertura e manutenção de carregadores e picadas				
1.1.1. Mão-de-obra	5,56	4,9%	5,56	5,0%
1.1.2. Material (combustível, facões, limas, etc.)	0,37	0,3%	0,37	0,3%
1.2. Derrubada da árvore e preparo para o desdobro				
1.2.1. Mão-de-obra	3,05	2,7%	3,05	2,7%
1.2.2. Material (combustível, correntes, limas, etc.)	0,65	0,6%	0,65	0,6%
1.3. Desdobro com motosserra				
1.3.1. Mão-de-obra	-	-	43,33	38,6%
1.3.2. Material (combustível, correntes, limas, etc.)	-	-	8,05	7,2%
1.4. Desdobro com serraria portátil				
1.4.1. Mão-de-obra	23,78	20,8%	-	-
1.4.2. Material (combustível, peças reposição, etc.)	6,25	5,5%	-	-
1.5. Transporte primário com animal e "zorra"				
1.5.1. Mão-de-obra	-	-	16,67	14,9%
1.5.2. Material (corda, limas, vacinas, etc.)	-	-	0,24	0,2%
1.6. Transporte primário com animal e carroça				
1.6.1. Mão-de-obra	-	-	16,67	14,9%
1.6.2. Material (corda, limas, vacinas, etc.)	-	-	0,24	0,2%
1.7. Transporte primário com micro-tractor				
1.7.1. Mão-de-obra	9,76	8,6%	-	-
1.7.2. Material (combustível, corda, etc.)	3,10	2,7%	-	-
1.8. Outros custos variáveis (serviços, imprevistos, etc.)	5,25	4,6%	9,48	8,4%
Total custos variáveis	57,77	50,6%	104,31	92,9%
2. Custos fixos (todas as operações)				
2.1. Depreciação do animal	-	-	0,67	0,6%
2.2. Depreciação da motosserra	1,62	1,4%	6,47	5,8%
2.3. Depreciação da serraria portátil	35,56	31,2%	-	-
2.4. Depreciação do micro-tractor	9,58	8,4%	-	-
2.5. Depreciação da carreta basculante	4,00	3,5%	-	-
2.6. Juros de capital	0,51	0,4%	0,07	0,1%
2.7. Outros custos fixos (administração, impostos, etc.)	5,08	4,4%	0,71	0,6%
Total custos fixos	56,34	49,4%	7,93	7,1%
Custo Total	114,11	100,0%	112,24	100,0%

Notas: % = participação percentual em relação ao Custo Total; custos por metro cúbico (R\$.m⁻³) referem-se à madeira em tora, sem o desdobro; aos custos variáveis de abertura e manutenção de carregadores e picadas considerou-se a capacidade de produção anual de uma propriedade, que é 36 m³, ao custo fixo de depreciação do animal a capacidade produtiva anual de duas e meia propriedades, que é 90 m³, e aos custos fixos de depreciação dos equipamentos a capacidade produtiva anual de cinco propriedades, que é 180 m³; a Composição 1 refere-se aos custos com desdobro efetuado por serraria portátil e transporte primário com micro-tractor, e a Composição 2 refere-se aos custos com desdobro efetuado por motosserra e transporte primário com animais.

Em relação à rentabilidade anual, considerando que 36 m³ de madeira em tora colhidos ao ano em uma propriedade geram em média 18 m³ de madeira serrada (ARAUJO, 1991; ARAUJO, 1999) a um valor médio de venda⁷ de R\$400,00 por metro cúbico (mercado local, julho de 2011), conclui-se que o uso da motosserra e animais se equivale ao uso da serraria portátil e o micro-tractor, dado que possuem este índice praticamente iguais (apenas 2,2% a favor da motosserra e animais). Isso é comprovado visto que o lucro líquido estimado das atividades com a motosserra e animais é de R\$ 3.159,36 por propriedade.ano⁻¹ (receita total (18 x R\$400,00 = R\$7.200,00) – custo total (36 x R\$112,24 = R\$4.040,64)), contra o lucro líquido estimado da serraria portátil e o micro-tractor de R\$ 3.092,04 por propriedade.ano⁻¹ (receita total (18 x R\$400,00 = R\$7.200,00) – custo total (36 x R\$114,11 = R\$4.107,96)).

Quanto à relação entre benefício (receita) e o custo, em termos percentuais e absolutos, os dados mostram que o sistema usando motosserras e animais é de 78,2%, ou para cada R\$ 1,00 gasto ao ano há retorno de R\$ 1,78, enquanto que o sistema usando a serraria e o micro-tractor é de 75,3%, ou para cada R\$ 1,00 gasto ao ano há retorno de R\$ 1,75. Logo, conclui-se que os dois sistemas são similares quanto à relação entre benefício e o custo. No entanto, é importante ressaltar que as operações de manejo com a serraria portátil e o micro-tractor são realizadas em espaço de tempo muito menor (56% ou 19 dias) do que com o uso da motosserra e os animais, podendo a diferença de tempo ser capitalizada e revertida em renda na execução de outras atividades produtivas.

Sobre o investimento financeiro inicial de aquisição de equipamentos para o modelo de manejo comunitário que utiliza a serraria portátil e o micro-tractor com reboque tem-se que é necessário um capital da ordem de R\$ 79.900,00. Considerando o uso otimizado dos equipamentos (minimização de tempos ociosos), tal investimento é dimensionado para atender a execução do manejo florestal em cinco propriedades, portanto, o investimento médio inicial de cada propriedade é de R\$ 15.980,00. Desse modo, as quantidades e os valores de aquisição, em agosto de 2011, de cada equipamento são os seguintes: 01 serraria portátil Lucasmill, modelo 830, 30 cv, a gasolina - R\$ 48.000,00 (frete incluso); 01 micro-tractor Yanmar Agritech, modelo TC-14 com enxada rotativa, 14 cv, a diesel - R\$ 23.000,00 (frete incluso); 01 carreta basculante com carroceria em madeira, capacidade de carga de 1200 kg - R\$ 4.000,00 (frete incluso); 02 motosserras Stihl, modelo 660, a gasolina e óleo 2T - R\$ 4.900,00 (R\$ 2.450,00 cada motosserra) (frete incluso).

CONCLUSÕES

Avalia-se a inovação da adoção do micro-tractor em substituição aos animais no sistema de manejo do PC Peixoto como viável técnica e economicamente, além de acessível aos produtores florestais de baixa renda. Além dos aspectos vantajosos citados, tais como o aumento expressivo da produtividade, simplicidade de manuseio, baixo custo operacional e baixo impacto ambiental, tal equipamento, devido a sua grande versatilidade, pode ser utilizado não apenas nas atividades do manejo madeireiro, mas durante todo o ano de maneira integrada a outras atividades da propriedade rural, a exemplos de arar o solo, roçar áreas agrícolas e pastos, geração de energia (acoplado a um gerador), transporte de cargas, etc.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Tecnologia do Estado do Acre – FUNTAC e ao Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FDCT pelo aporte de recursos financeiros para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico. Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II Documento síntese – escala 1:250.000. Rio Branco, Secretaria de Estado de Meio Ambiente. 355p. 2006.

AMARAL NETO, M.; AMARAL, P.; FERNANDES, K.; ARMSTRONG, G. A expansão do manejo florestal comunitário na Amazônia Brasileira: oportunidades e limites. In: Nurit Bensusan e Gordon Armstrong (Org.). O manejo da paisagem e a paisagem do manejo. 1 ed. Belém: IEB, 2008, v. 1, p. 229-243.

⁷ Nesta análise não houve diferenciação entre o valor médio de venda da madeira processada com motosserra e com a processada com serraria portátil, no entanto, por possuir qualidade de acabamento superior, além de serem peças prontas ao uso (a exemplo de tábuas e vigas), a madeira processada com a serraria agrega maior valor e, conseqüentemente, alcança melhores valores de venda, podendo assim nivelar, ou mesmo superar, a rentabilidade obtida com o processamento com motosserra aliado ao transporte com animais.

- ARAUJO, H.J.B. Diagnóstico das indústrias de serraria do Estado do Acre. Rio Branco: FUNTAC, 1991. 238p.
- ARAUJO, H.J.B. Índices técnicos da exploração e transformação madeireira em pequenas áreas sob manejo florestal no PC. Pedro Peixoto - Acre. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF-Acre. 1998. (EMBRAPA-CPAF-Acre. Circular Técnica, 23). 30p.
- ARAUJO, H.J.B. Rendimento do processo de transformação de toras com motosserra. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF-Acre. 1999. (EMBRAPA-CPAF-Acre. Comunicado Técnico, 104). 5p.
- ARAUJO, H.J.B.; OLIVEIRA, L.C. Manejo florestal sustentado em áreas de reserva legal de pequenas propriedades rurais do PC. Pedro Peixoto - Acre. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF-Acre. 1996. 7p. (EMBRAPA-CPAF-AC. Pesquisa em Andamento, 89).
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento de Produção Mineral. Projeto Radambrasil: Folha SC19. Rio Branco; Rio de Janeiro: [s.n.], Levantamento dos recursos naturais, v. 12, 1976, 458 p.
- CHICHIGNOUD, M.; DÉON, G.; DÉTIENNE, P.; PARANT, B.; VANTOMME, P. Atlas de maderas tropicales de América Latina. Yokohama: OIMT/CTFT, 1990. 218p.
- GUARINO, E.S.G.; ARAUJO, H.J.B.. Manejo florestal comunitário na Amazônia: o caso do Acre. In: Siveiro, A.; Ming, L. C.; Silveira, M.; Daly, D.; Wallace, R. (Eds.). Etnobotânica e botânica econômica do Acre. Rio branco, AC: EMBRAPA Acre/EDUFAC, 2011. No prelo.
- MEDEIROS, A.B.; ANDRADE NETO, R.C.; OLIVEIRA, M.G.; COELHO, D.M. Plano de ação qualificado para regularização ambiental em assentamentos de reforma agrária no estado do Acre. Rio Branco: MDA/Superintendência Regional do INCRA no Acre, 2009. 66p.
- PÁGINA 20. Governo garante madeira legal para marceneiros do Acre. Disponível em: (http://pagina20.uol.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=23102) Acesso em: 25 de agosto de 2011.
- SÁ, C.P.; ARAUJO, H.J.B.; FIGUEIREDO, E.O.; OLIVEIRA, L.C. Coeficientes técnicos para o manejo florestal madeireiro em áreas de reserva legal de pequenas propriedades no estado do Acre. Rio Branco: EMBRAPA Acre. 2008. (EMBRAPA Acre. Comunicado Técnico, 167). 6p.
- SÁ, C.P.; ARAUJO, H.J.B; SANTOS, J.C; BRAZ, E.M.; MIRANDA, E.M.; SOUZA, P.R. Insumos necessários para o manejo florestal em áreas de reserva legal no Acre. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF-Acre. 1998. (EMBRAPA-CPAF-Acre. Instrução Técnica, 10). 2p.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Plano anual de manejo florestal comunitário e familiar: período 2011. Brasília: SFB/MMA, 2010. 148p.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Plano anual de manejo florestal comunitário e familiar: período 2010. Brasília: SFB/MMA, 2009. 99p.

ANÁLISE DE TRONCO COMPLETA DE ÁRVORES AMOSTRADAS EM PLANTAÇÕES DE *Pinus taeda* LOCALIZADAS EM AVARÉ E ITAPEVA, ESTADO DE SÃO PAULO

COMPLETE STEM ANALYSIS OF TREES SAMPLED IN LOBLOLLY PINE PLANTATIONS LOCATED IN AVARÉ AND ITAPEVA, SÃO PAULO STATE, BRAZIL

Luiz Alberto Blanco Jorge¹; Hideyo Aoki²; Ananias de Almeida Saraiva Pontinha³

RESUMO

O presente trabalho se baseou em análise de tronco completa para avaliar o crescimento em volume de quatro indivíduos de *Pinus taeda* amostrados em povoamentos localizados na Floresta Estadual de Avaré II e na Estação Experimental de Itapeva, unidades do Instituto Florestal do Estado de São Paulo. Examinou-se também a variação da largura dos anéis de crescimento ao longo do tronco e a influência da precipitação sobre o incremento radial das árvores. Em Avaré, aos 50 anos de idade, a árvore codominante apresentou um valor adicional em volume de 87,95 % em relação ao do indivíduo da classe de diâmetro médio. Por outro lado, em Itapeva, aos 28 anos de idade, a árvore codominante mostrou um valor adicional em volume de 37,58 % em relação ao do indivíduo da classe de diâmetro médio. Esse comportamento é resultado da maneira como o crescimento secundário se retratou de forma mais intensa na árvore codominante do povoamento mais velho. O efeito da precipitação anual sobre o índice de largura de anel foi verificado pela confrontação entre as séries temporais dessas variáveis pelo método de similaridade baseado no coeficiente de convergência (GL). Para as árvores amostradas, os valores de GL foram iguais a 69,39 %, 67,35 %, 65,38 % e 61,54 %.

Palavras-chave: crescimento em volume; índice de largura de anel; dendrocronologia.

ABSTRACT

This work is based on a complete stem analysis to evaluate the volume growth of four loblolly pine (*Pinus taeda*) trees sampled in stands located in the state-owned forest of Avaré II and at the Itapeva experimental station, which are units owned by the *São Paulo Forest Institute*. The variation in growth ring width along the stem and the influence of rainfall on the radial increment of the trees were also examined. In Avaré, at 50 years of age, the co-dominant tree exhibited an additional value of 87.95% in volume in relation to the individual of the medium diameter class. On the other hand, in Itapeva, at 28 years of age, the co-dominant tree showed an additional value of 37.58% in volume in relation to the individual of the medium diameter class. This behavior is the result of the more intense secondary growth of the co-dominant tree in the older stand. The effect of annual rainfall on the tree-ring width index was verified by comparing the temporal series of these variables by the method of similarity based on the coefficient of convergence (GL). The sampled trees showed GL values of 69.39%, 67.35%, 65.38% and 61.54%.

Keywords: volume growth; tree-ring index; dendrochronology.

INTRODUÇÃO

O perfil do tronco dos indivíduos de espécies arbóreas que emitem anéis de crescimento anuais pode ser reconstituído a partir da contagem e medição dos anéis de seções transversais tomadas em diversas alturas. Através da análise de tronco completa verifica-se os padrões do crescimento em camadas, o que permite o ajuste de modelos de funções de crescimento e incremento, conforme realizado por Barusso (1977) com árvores de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* amostradas em plantações florestais localizadas na região de Ponta Grossa, Estado do Paraná. As funções ajustadas descrevem o comportamento do crescimento passado relacionado a variáveis como diâmetro, altura, fator de forma e volume. O entendimento do crescimento passado, registrado nos anéis de crescimento dos indivíduos, possibilita prognosticar o crescimento futuro. Para que se possa fazer uma prognose do crescimento relacionada aos povoamentos florestais e não somente aos indivíduos, deve-se proceder a uma amostragem intensiva, em que indivíduos de diferentes idades, sítios, classes fitossociológicas e classes de diâmetros estejam representados. De qualquer maneira a medição dos anéis de crescimento se caracteriza por um trabalho lento e repetitivo. Buscando resolver esse problema, Rosot et al. (2003)

¹ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Assistente Doutor do Departamento de Recursos Naturais, FCA – UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu (SP). blanco@fca.unesp.br.

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador do Instituto Florestal do Estado de São Paulo. Caixa Postal 1322, CEP 01059-970, São Paulo (SP). hiaoki@iflorestal.sp.gov.br.

³ Engenheiro Florestal, Mestre, Pesquisador do Instituto Florestal do Estado de São Paulo. Caixa Postal 1322, CEP 01059-970, São Paulo (SP). apontinha@iflorestal.sp.gov.br.

desenvolveram um método digital para medição dos anéis, utilizando fotografia digital dos discos amostrados, processamento digital de imagens e sistema de informações geográficas.

O *Pinus taeda* é uma espécie arbórea que possui, assim como a maioria das coníferas, uma distinção muito grande dos anéis de crescimento, ou seja, a cada ano é acrescentado um novo anel no tronco. Essa característica estimulou o desenvolvimento do presente trabalho, que se constitui em uma apreciação inicial do comportamento do crescimento passado da espécie em povoamentos localizados na Floresta Estadual de Avaré II e na Estação Experimental de Itapeva, unidades do Instituto Florestal do Estado de São Paulo. Nessa primeira avaliação trabalharam-se aspectos relacionados com a metodologia utilizada na análise dos anéis de crescimento, numa expectativa de que possa haver o desdobramento em um projeto que gere um aprofundamento na amostragem realizada. Os objetivos específicos da pesquisa foram: 1. a partir da análise de tronco completa, avaliar o comportamento do crescimento em volume de indivíduos de *Pinus taeda* amostrados em povoamentos localizados nas duas unidades do Instituto Florestal citadas; 2. examinar a variação da largura dos anéis de crescimento ao longo do tronco; 3. analisar a influência da precipitação sobre o incremento radial das árvores.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

A Floresta Estadual de Avaré II (23° 06' de latitude sul e 48° 55' de longitude oeste) e a Estação Experimental de Itapeva (24° 02' de latitude sul e 49° 06' de longitude oeste) se encontram em uma faixa de transição entre as regiões tropical e subtropical do Brasil, a primeira unidade do Instituto Florestal do Estado de São Paulo ao norte e a segunda ao sul do Trópico de Capricórnio: 23° 26' 22" de latitude sul. O tipo climático da região segundo Köppen é o Cfa. A temperatura média do mês mais quente, que ocorre em janeiro, é de 22,3 °C em Avaré e de 23,7 °C em Itapeva. A temperatura média do mês mais frio é de 15,5 °C (julho) em Avaré e de 17,3 °C em Itapeva (junho). Informações sobre precipitações médias mensais foram obtidas com base em dados de chuva de 1954 a 2008 para Avaré e de 1981 a 2008 para Itapeva (Figura 1). A precipitação média anual é igual a 1424mm em Avaré e 1378 mm em Itapeva. Quanto as unidades de solo, na Floresta Estadual de Avaré II ocorre o predomínio de Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa) e na Estação Experimental de Itapeva predomina Latossolo Vermelho Escuro-orto (LE). Nos dois talhões em que foram derrubados indivíduos de *Pinus taeda* com a finalidade de se realizar a análise de tronco, talhão 44 em Avaré e talhão 51 em Itapeva, também efetuaram-se coletas de solo para se proceder a análise granulométrica (Tabela 1) e análise química (Tabelas 2 e 3), de tal maneira a contribuir para uma caracterização geral dessas áreas de estudo. Para isso foram tomadas amostras compostas relacionadas as profundidades de 0 – 20 cm e 40 – 60 cm.

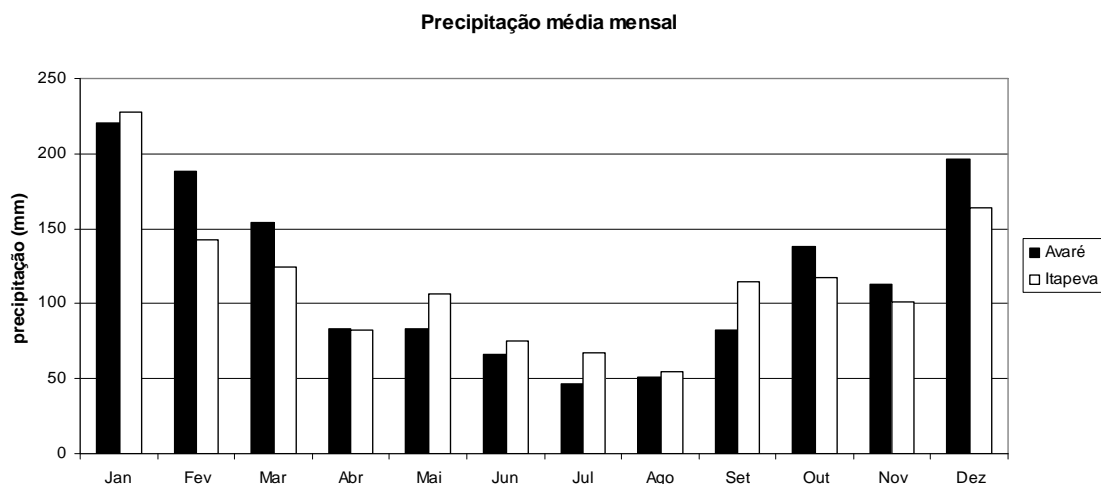


FIGURA 1: Distribuição de chuvas nas regiões de Avaré e Itapeva.

FIGURE 1: Rainfall distribution in the Avaré and Itapeva regions.

TABELA 1: Resultados da análise granulométrica do solo do talhão 44 em Avaré e talhão 51 em Itapeva.
 TABLE 1: Results of the granulometric analysis of the soil of stand 44 in Avaré and stand 51 in Itapeva.

Amostra		Areia			Argila	Silte	Textura	
Talhão/ local	Profundidade (cm)	Grossa	Fina	Total				
		(g/Kg)					do Solo	
44	Avaré	0 – 20	283	498	781	160	59	Média
44	Avaré	40 – 60	251	512	763	179	58	Média
51	Itapeva	0 - 20	304	249	552	345	103	Média
51	Itapeva	40 - 60	316	241	557	353	90	Argilosa

TABELA 2: Resultados da análise química/macronutrientes do solo do talhão 44 em Avaré e talhão 51 em Itapeva.

TABLE 2: Results of the macronutrient analysis of the soil of stand 44 in Avaré and stand 51 in Itapeva.

Amostra		pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	
Talhão / local	Prof. (cm)	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol/dm ³							
		44	Avaré	0-20	4,0	13	3	57	0,3	3	1	4
44	Avaré	40-60	4,1	11	3	50	0,2	2	1	3	52	5
51	Itapeva	0-20	6,3	8	28	11	1,6	25	5	31	43	74
51	Itapeva	40-60	4,0	20	2	84	0,9	4	1	6	90	7

Seleção das árvores e de fatias retiradas do tronco

O talhão 2 da Floresta Estadual de Avaré II, constituído por uma superfície de 3,70 ha, foi implantado em março de 1958 com uma densidade de 2500 indivíduos de *Pinus taeda* por hectare. Foram realizados três desbastes, aos 6, 16 e 26 anos. Em outubro de 2008, tendo a plantação 50 anos de idade, foram derrubados na área dois indivíduos para se proceder a análise de tronco completa. Inicialmente, foi feita uma varredura nas linhas de plantio, medindo-se os diâmetros à altura do peito (DAPs) de duzentas árvores, o que permitiu gerar a distribuição de diâmetros, como representado na Figura 2a. Selecionaram-se os dois indivíduos em função da distribuição nas classes de tamanho. O primeiro, com dimensões de 32,0 cm de DAP e 27,0 m de altura total, referente a classe de diâmetro médio (29,0 – 32,5 cm) e o segundo, com dimensões de 42 cm de DAP e 28,7 m de altura total, sendo uma árvore codominante (classe de diâmetro: 39,5 – 43,0 cm).

O talhão 3 da Estação Experimental de Itapeva, constituído por uma superfície de 19,19 ha, foi implantado em 1981 com uma densidade de 1667 indivíduos de *Pinus taeda* por hectare. Foram realizados quatro desbastes, aos 9, 14, 20 e 27 anos. Em outubro de 2009, tendo a plantação 28 anos de idade, foram derrubados na área dois indivíduos para se proceder a análise de tronco completa. Inicialmente, foi feita uma varredura nas linhas de plantio, medindo-se os diâmetros à altura do peito (DAPs) de duzentas árvores, o que permitiu gerar a distribuição de diâmetros, como representado na Figura 2b. Selecionaram-se os dois indivíduos em função da distribuição nas classes de tamanho. O primeiro, com dimensões de 31,9 cm de DAP e 25,6 m de altura total, referente a classe de diâmetro médio (29,0 – 32,5 cm) e o segundo, com dimensões de 39,9 cm de DAP e 24,5 m de altura total, sendo uma árvore codominante (classe de diâmetro: 39,5 – 43,0 cm).

TABELA 3: Resultados da análise química/micronutrientes do solo do talhão 44 em Avaré e talhão 51 em Itapeva.

TABLE 3: Results of the micronutrient analysis of the soil of stand 44 in Avaré and stand 51 in Itapeva.

Amostra		Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	
Talhão / local	Prof. (cm)	mg/dm ³					
		44	Avaré	0-20	0,24	1,5	48
44	Avaré	40-60	0,23	1,7	38	4,3	0,1
51	Itapeva	0-20	0,16	1,3	16	20,3	3,0
51	Itapeva	40-60	0,26	1,1	75	1,5	0,1

Foram retiradas do tronco dos indivíduos amostrados uma série de fatias com 5 cm de espessura, tomadas nas alturas de 0,30 e 1,30m a partir da base das árvores, bem como nas seguintes posições relativas: 0,05h; 0,15h; 0,25h; 0,35h; 0,45h; 0,55h; 0,65h; 0,75h; 0,85h e 0,95h. As fatias, identificadas, acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas para laboratório, foram secas em estufa com temperatura e umidade controladas. Após a secagem, a face superior de cada fatia foi lixada.

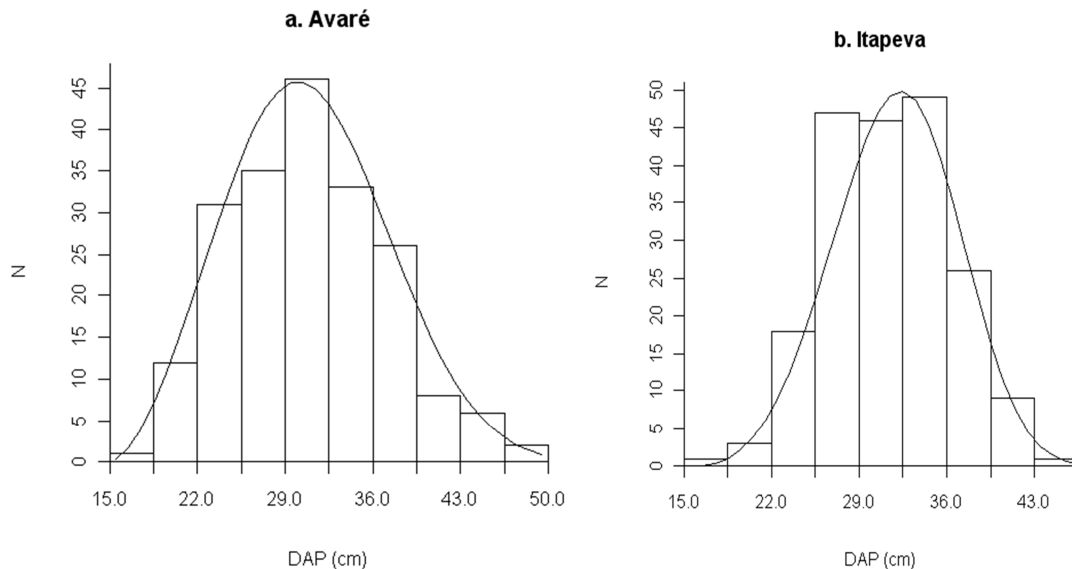


FIGURA 2: Distribuições diamétricas dos povoamentos de *Pinus taeda*: a. talhão 44 da Floresta Estadual de Avaré II, com 50 anos de idade; b. talhão 51 da Estação Experimental de Itapeva, com 28 anos de idade.

FIGURE 2: Diameter distributions of the communities of *Pinus taeda*: a) stand 44 of the 50-year-old Avaré II State-owned Forest; b) stand 51 of the 28-year-old Itapeva Experimental Farm.

Análise de tronco completa

Em cada fatia lixada foram marcados quatro raios, formando entre eles um ângulo de 90°. Todas as fatias foram escaneadas, de tal maneira que se pôde fazer as leituras dos anéis de crescimento no ambiente do software ImageTool for Windows v. 3.0. A medição foi feita diretamente sobre os raios marcados, no sentido medula – casca, obtendo-se os valores das larguras dos anéis ao final do lenho tardio ou outonal. Após a obtenção dos dados relacionados aos discos de madeira de todos os indivíduos selecionados, foi estruturado um banco de dados no ambiente do Microsoft Access. A utilização dos valores médios dos anéis de crescimento, tomados a partir dos valores dos quatro raios amostrados, permitiu reconstituir o perfil do tronco das árvores. A altura de término de cada anel de crescimento foi obtida com base no método do paralelismo ao anel imediatamente anterior (BARUSSO, 1977; ROSOT et al., 2003).

Para a avaliação do comportamento do crescimento em volume dos indivíduos amostrados, foram calculados os volumes relacionados aos anéis de crescimento através das seguintes fórmulas:

$$v = \sum v_s + v_c ;$$

$$v_s = \pi \frac{(R_1^2 + R_2^2)}{2} L ;$$

$$v_c = \frac{\pi R^2}{3} L$$

em que: v = volume acumulado até a camada de crescimento (m^3); v_s = volume da seção acumulado até a camada de crescimento (m^3); v_c = volume do cone acumulado até a camada de crescimento (m^3); R_1 , R_2 , R = raios da medula até a camada de crescimento (m); L = comprimento da seção da camada de crescimento (m).

Os cálculos relacionados com as alturas de término de anel e aos volumes observados das camadas de crescimento, foram obtidos após o desenvolvimento, no ambiente do Microsoft Access, de módulos de programação com o Visual Basic for Applications – VBA. Os ajustes dos modelos de equações polinomiais (Tabela 4) que descreveram o comportamento do crescimento em volume dos indivíduos amostrados foram realizados no StatistiXL – Statistical Power for MS Excel.

TABELA 4: Modelos polinomiais utilizados na descrição do comportamento do crescimento em volume dos indivíduos amostrados.

TABLE 4: Polynomial models used in the description of the volume growth behavior of the sampled individuals.

Local	DAP	Modelo de crescimento
Avaré	32,0 cm	$v = b_1 I + b_2 I^2$
Avaré	42,0 cm	$v = b_0 + b_1 I + b_2 I^2 + b_3 I^3 + b_4 I^4 + b_5 I^5$
Itapeva	31,9 cm	$v = b_1 I + b_2 I^2$
Itapeva	39,9 cm	$v = b_1 I^2 + b_2 I^4 + b_3 I^6$

v= volume acumulado até a camada de crescimento (m^3); I= idade em anos.

Variação da largura dos anéis de crescimento ao longo do tronco

A variabilidade das camadas dos anéis de crescimento influencia as diferentes características físico-químicas e mecânicas da madeira. Por isso, em concordância com Margarido et al. (2009), foi avaliada a variação da largura dos anéis de crescimento ao longo do tronco. Utilizou-se a fatia obtida a 0,30 m, além de quatro discos tomados a intervalos de 30% da altura total (h), ou seja, 5%, 35%, 65% e 95% da altura dos indivíduos amostrados. Os valores médios de largura de anel do disco seccionado a 0,30 m do tronco foram estabelecidos como base de comparação, pois foi a posição do tronco, em cada uma das quatro árvores selecionadas para desenvolver a pesquisa, que apresentou todos os anéis de crescimento. A análise comparativa foi feita pela apreciação do gráfico gerado para cada indivíduo, em que se verificaram as larguras de anéis em milímetros obtidas em cada uma das outras quatro posições no tronco em relação à largura do mesmo anel de crescimento amostrado no disco da posição 0,30 m.

Influência da precipitação no incremento radial das árvores

Takahashi et al. (2005), Wilczynski e Feliksik (2007) e Feliksik e Wilczynski (2008), estudaram a influência das condições climáticas sobre a largura dos anéis de crescimento, usando para isso variáveis como temperatura e precipitação. Em face da disponibilidade de dados históricos apenas de precipitação, no presente trabalho avaliou-se os efeitos da precipitação acumulada durante um ano sobre o índice de largura de anel referente aos valores das fatias obtidas na posição 0,30m dos troncos das árvores amostradas, visto que os discos tomados nessa posição foram aqueles que apresentaram todos os anéis de crescimento. Em função dos maiores valores de correlação simples obtidos com o índice de largura de anel, a precipitação anual foi calculada somando-se os valores das precipitações dos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro do ano anterior mais as precipitações dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril do ano de emissão do anel de crescimento. O índice de largura de anel (cronologia residual) foi calculado, de acordo com Fritts (1976), pela seguinte fórmula:

$$I_i = R_i \cdot Y_i^{-1}$$

em que: I = índice de largura de anel; R = largura de anel de crescimento; Y = valor da curva ajustada; I = ano.

O modelo utilizado para ajustar a curva, cujo valor se refere ao denominador da fórmula do índice de largura de anel, foi um polinômio de décimo grau, em que o logaritmo neperiano do raio do anel de crescimento é a variável dependente e a idade a variável independente básica.

Para analisar a influência da precipitação anual sobre o incremento radial das árvores, foi utilizado um método de similaridade baseado no coeficiente de convergência – GL (FELIKSIK e WILCZYNSKI, 2003), calculado pela fórmula:

$$GL = 100 \cdot m \cdot (n - 1)^{-1}$$

em que: m = número de seções convergentes das curvas comparadas; n = número de anos comparados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Gerados os perfis dos troncos (Figuras 3, 4, 5 e 6) e calculados os volumes das camadas de crescimento das árvores, pôde-se verificar o comportamento do crescimento em volume dos indivíduos de *Pinus taeda* selecionados em Avaré e Itapeva, conforme se observa nos gráficos mostrados nas Figuras 7a, 7b, 7c e 7d.

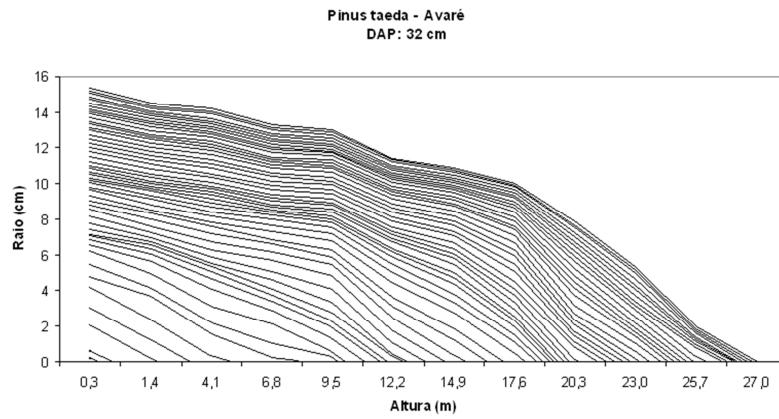


FIGURA 3: Perfil do tronco de indivíduo de *Pinus taeda* com 32 cm de DAP e 50 anos de idade, Avaré/SP.

FIGURE 3: Tree trunk profile of a 50-year-old individual of *Pinus taeda* with a DBH of 32 cm, Avaré, SP.

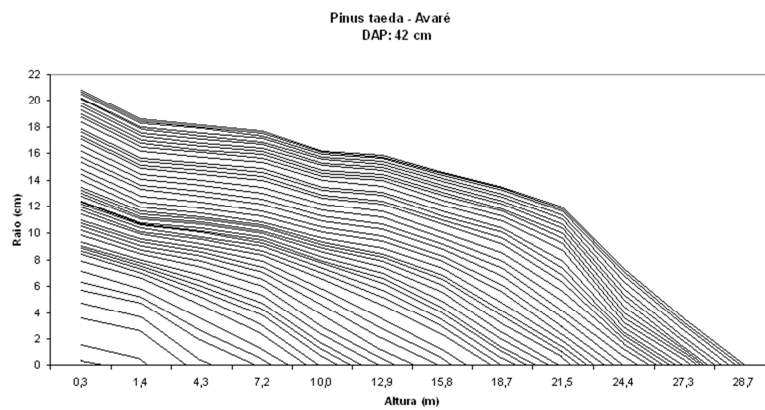


FIGURA 4: Perfil do tronco de indivíduo de *Pinus taeda* com 42 cm de DAP e 50 anos de idade, Avaré/SP.

FIGURE 4: Tree trunk profile of a 50-year-old individual of *Pinus taeda* with a DBH of 42 cm, Avaré, SP.

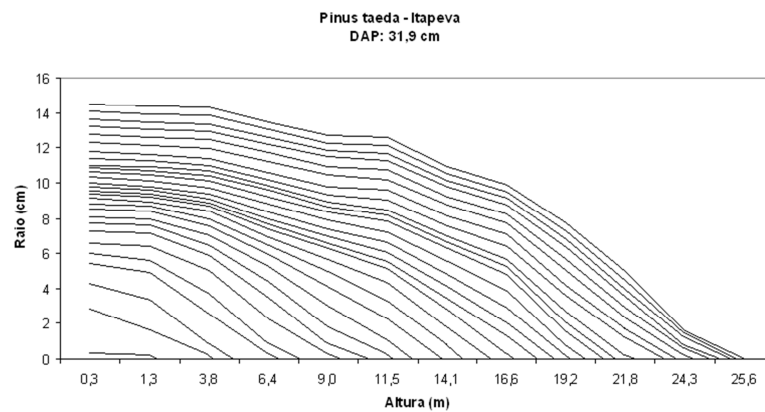


FIGURA 5: Perfil do tronco de indivíduo de *Pinus taeda* com 31,9 cm de DAP e 28 anos de idade, Itapeva /SP.

FIGURE 5: Tree trunk profile of a 28-year-old individual of *Pinus taeda* with a DBH of 31.9 cm, Itapeva, SP.

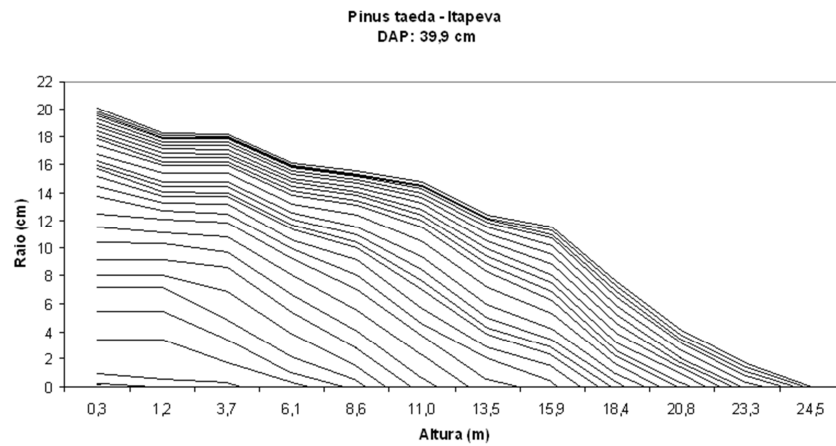


FIGURA 6: Perfil do tronco de indivíduo de *Pinus taeda* com 39,9 cm de DAP e 28 anos de idade, Itapeva/SP.

FIGURE 6: Tree trunk profile of a 28-year-old individual of *Pinus taeda* with a DBH of 39.9 cm, Itapeva, SP.

No que se refere as equações ajustadas com base nos modelos polinomiais (Tabela 4) selecionados para descrever o comportamento do crescimento em volume dos indivíduos de *Pinus taeda* submetidos a análise de tronco completa, como pode ser observado nas legendas das Figuras 7a, 7b, 7c e 7d, verificou-se que os ajustes foram apropriados visto que todos os coeficientes de determinação (R^2) apresentam valores acima de 90 %. As equações que descreveram o comportamento de crescimento dos indivíduos exibiram valores de erros padrões de estimativa em percentagem (syx %) abaixo de 6 %, indicando a adequação da precisão.

Apesar de serem de idades diferentes (50 e 28 anos), as árvores codominantes obtidas nos povoamentos de Avaré e Itapeva, apresentaram curva de crescimento em volume com forma típica sigmoidal (Figuras 7b e 7d), enquanto as árvores da classe de diâmetro médio dos dois povoamentos mostraram curva de crescimento com forma exponencial (Figuras 7a e 7c). Para tentar confirmar se esse comportamento se relaciona com a posição fitossociológica dos indivíduos no povoamento florestal, e reflete as condições de competição, a pesquisa precisa ser desdobrada em um outro projeto que considere uma amostragem mais intensa.

A diferença de idade entre os povoamentos de Avaré e Itapeva, se expressou na divergência da percentagem adicional do volume final sem casca que a árvore codominante apresentou em relação à árvore da classe de diâmetro médio. Em Avaré as árvores codominante e da classe de diâmetro médio mostraram volumes finais sem casca respectivamente de 1,87992143 e 1,00021137 m³, ou seja, um valor adicional em volume de 87,95 % para a árvore codominante. Em Itapeva as árvores codominante e da classe de diâmetro médio mostraram volumes finais sem casca respectivamente de 1,32104722 e 0,96023205 m³, ou seja, um valor adicional em volume de 37,58 % para a árvore codominante. Esse comportamento é resultado da maneira como o crescimento secundário se retratou de forma mais intensa na árvore codominante do povoamento mais velho.

A apreciação do gráfico da Figura 8 permitiu analisar a variação radial e axial da largura dos anéis do indivíduo de *Pinus taeda* codominante selecionado em Avaré, tendo como referência os anéis de crescimento obtidos na fatia da posição 0,30 m, localizada na base do tronco. O gráfico possibilitou verificar que tanto na fatia da base como naquelas localizadas em posições acima dessa, ou seja, 5%, 35 %, 65 % e 95 % da altura total da árvore, os anéis de crescimento que se encontram mais próximos a medula são mais largos (acentuado ritmo de crescimento) e apresentam uma maior variação em seus valores do que os anéis mais externos. Estes são mais estreitos, com menor variação nos valores de largura. Notou-se também que, em relação à variação axial, os anéis da fatia localizada a 5 % da altura total dos indivíduos apresentam valores de espessura muito semelhantes aos correspondentes no disco tirado a 0,30 m, o que está em conformidade com a pequena distância existente entre as duas fatias no tronco. Nas fatias das posições superiores (35 %, 65 % e 95 % da altura total), observou-se, para os anéis mais próximos a medula (anéis mais largos), valores mais distantes daqueles encontrados no disco de 0,30 m. Porém nas camadas mais externas (anéis mais estreitos) dos discos amostrados em posições superiores, os valores dos anéis se aproximam dos encontrados no disco da posição 0,30 m, denotando uma diminuição de ritmo de crescimento nas camadas mais externas, que está presente tanto na fatia adquirida na parte mais baixa como nas obtidas em partes mais altas do tronco. Exceção feita para a fatia tomada na posição 0,95h, muito próxima do meristema apical e apresentando uma flutuação considerável dos valores de espessura de anel em relação aos anéis correspondentes no disco de 0,30 m. O comportamento descrito foi observado também nos outros indivíduos amostrados.

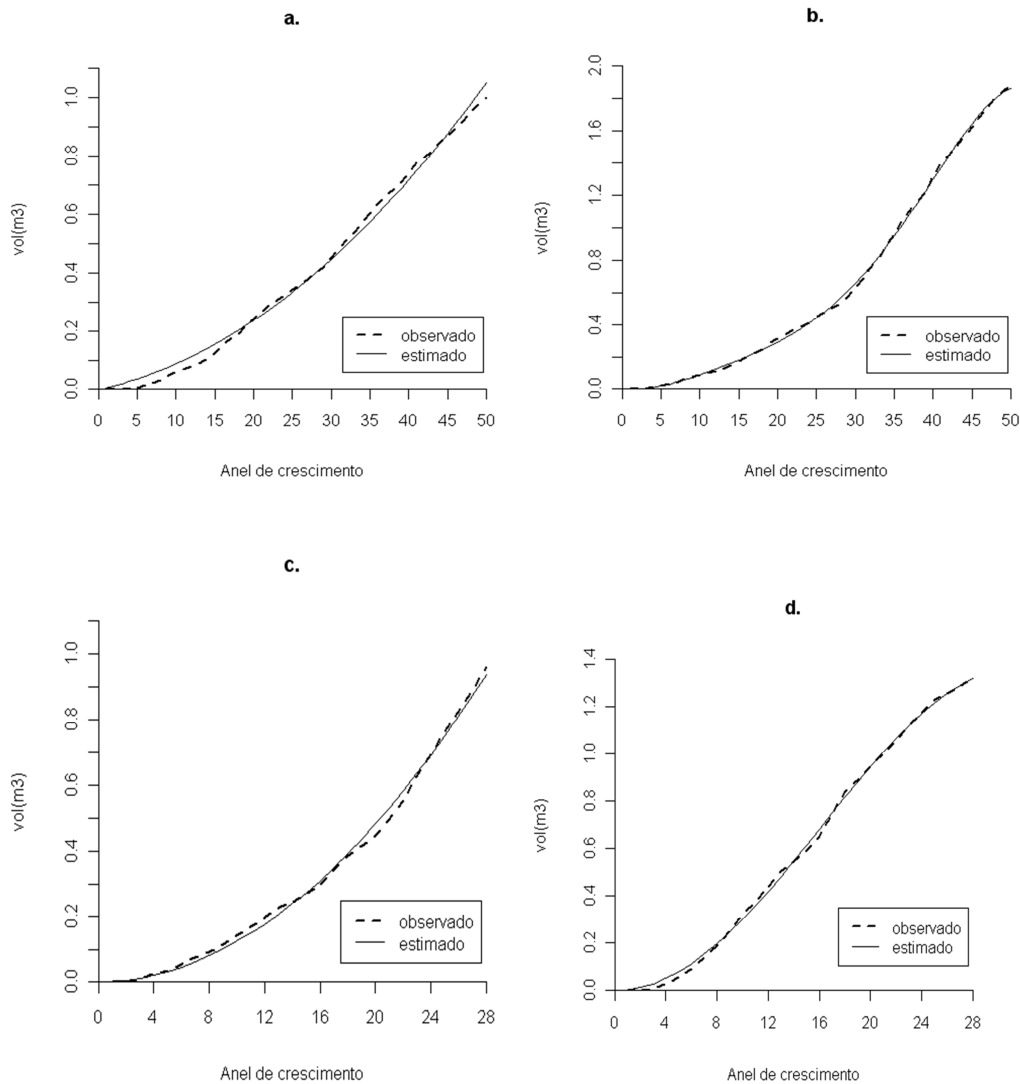


FIGURA 7: Crescimento em volume de indivíduos de *Pinus taeda*: a. árvore com 32 cm de DAP e 50 anos de idade, Avaré / SP ($R^2 = 97,71\%$ e $syx\% = 5,84\%$); b. árvore com 42cm de DAP e 50 anos de idade, Avaré / SP ($R^2 = 99,94\%$ e $syx\% = 2,28\%$); c. árvore com 31,9 cm de DAP e 28 anos de idade, Itapeva / SP ($R^2 = 96,01\%$ e $syx\% = 4,99\%$); d. árvore com 39,9 cm de DAP e 28 anos de idade, Itapeva / SP ($R^2 = 95,96\%$ e $syx\% = 2,59\%$).

FIGURE 7: Volume growth of individuals of *Pinus taeda*: a– 50-year-old tree with a DBH of 32 cm, Avaré, SP ($R^2 = 97.71\%$ and S.E.% = 5.84 %); b– 50-year-old tree with a DBH of 42 cm, Avaré, SP ($R^2 = 99.94\%$ and S.E.% = 2.28 %); c– 28-year-old tree with a DBH of 31.9 cm, Itapeva, SP ($R^2 = 96.01\%$ and S.E.% = 4.99 %); d– 28-year-old tree with a DBH of 39.9 cm, Itapeva, SP ($R^2 = 95.96\%$ and S.E.% = 2.59 %).

Futuras pesquisas devem averiguar se diferentes ritmos de crescimento, que se refletem nas larguras de anéis, estão associados a variações na qualidade da madeira dos indivíduos de *Pinus taeda* originados de plantações pertencentes ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

Foi verificada a influência da precipitação sobre os índices de largura dos anéis (cronologia residual), calculados para os anéis das fatias tiradas a 0,30 m dos troncos das quatro árvores amostradas. Os discos tomados nessa posição foram aqueles que apresentaram todos os anéis de crescimento. Para se fazer uma comparação visual entre as duas séries temporais locadas nos gráficos das Figuras 9a, 9b, 9c e 9d, em função da escala no eixo das ordenadas, a precipitação foi transformada em índice de precipitação, pela divisão do valor de precipitação de cada anopela média das precipitações anuais do período.

Além da comparação visual (Figuras 9a, 9b, 9c e 9d), o efeito da precipitação acumulada durante um ano (soma dos valores das precipitações dos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro do ano anterior mais as precipitações dos meses de janeiro, fevereiro, março e abril do ano de emissão do anel de crescimento) sobre o incremento radial das árvores, representado pelo índice de largura de anel (cronologia residual), foi avaliado pela confrontação entre as séries temporais dessas variáveis pelo método de similaridade baseado no coeficiente de convergência (GL), cujos valores

calculados foram iguais a 69,39 %, 67,35%, 65,38% e 61,54 % respectivamente para as árvores da classe de diâmetro médio e classe codominante de Avaré, classe de diâmetro médio e classe codominante de Itapeva.

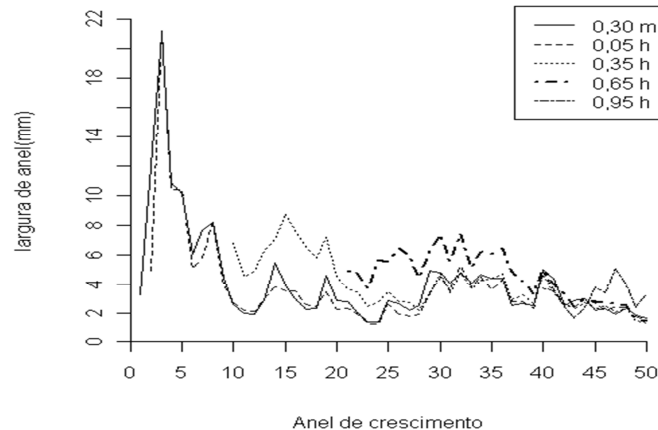


FIGURA 8: Variação radial e axial da largura dos anéis de crescimento de indivíduo de *Pinus taeda* com 42 cm de DAP e 50 anos de idade, Avaré / SP.

FIGURE 8: Radial and axial variation of the growth ring width of a 50-year-old individual of *Pinus taeda* with a DBH of 42 cm, Avaré, SP.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

Com base nos resultados do presente trabalho de pesquisa, conclui-se que:

a. as árvores amostradas na classe de diâmetro médio dos povoamentos de *Pinus taeda* de Avaré (50 anos de idade) e Itapeva (28 anos de idade), apresentaram valores de diâmetro à altura do peito e altura total muito próximos. O mesmo foi constatado quando se comparou os valores dessas variáveis básicas nas árvores amostradas nas classes codominantes dos dois povoamentos. Entretanto houve divergência significativa nos valores finais de volume, principalmente na comparação dos indivíduos das classes codominantes dos dois locais. Esse comportamento é resultado da maneira como o crescimento secundário se retratou de forma mais intensa na árvore codominante do povoamento mais velho.

b. o efeito da precipitação anual sobre o índice de largura de anel foi retratado pela confrontação entre as séries temporais dessas variáveis pelo método de similaridade baseado no coeficiente de convergência (GL).

Recomenda-se a continuação dos estudos de crescimento com suporte em análise de tronco. Sugere-se o desdobramento em um projeto em que se intensifique a amostragem realizada nas plantações, considerando-se primeiro uma classificação de sítios e em seguida a seleção de indivíduos que leve em conta de forma hierárquica a idade, o sítio e as classes de diâmetro dos povoamentos florestais.

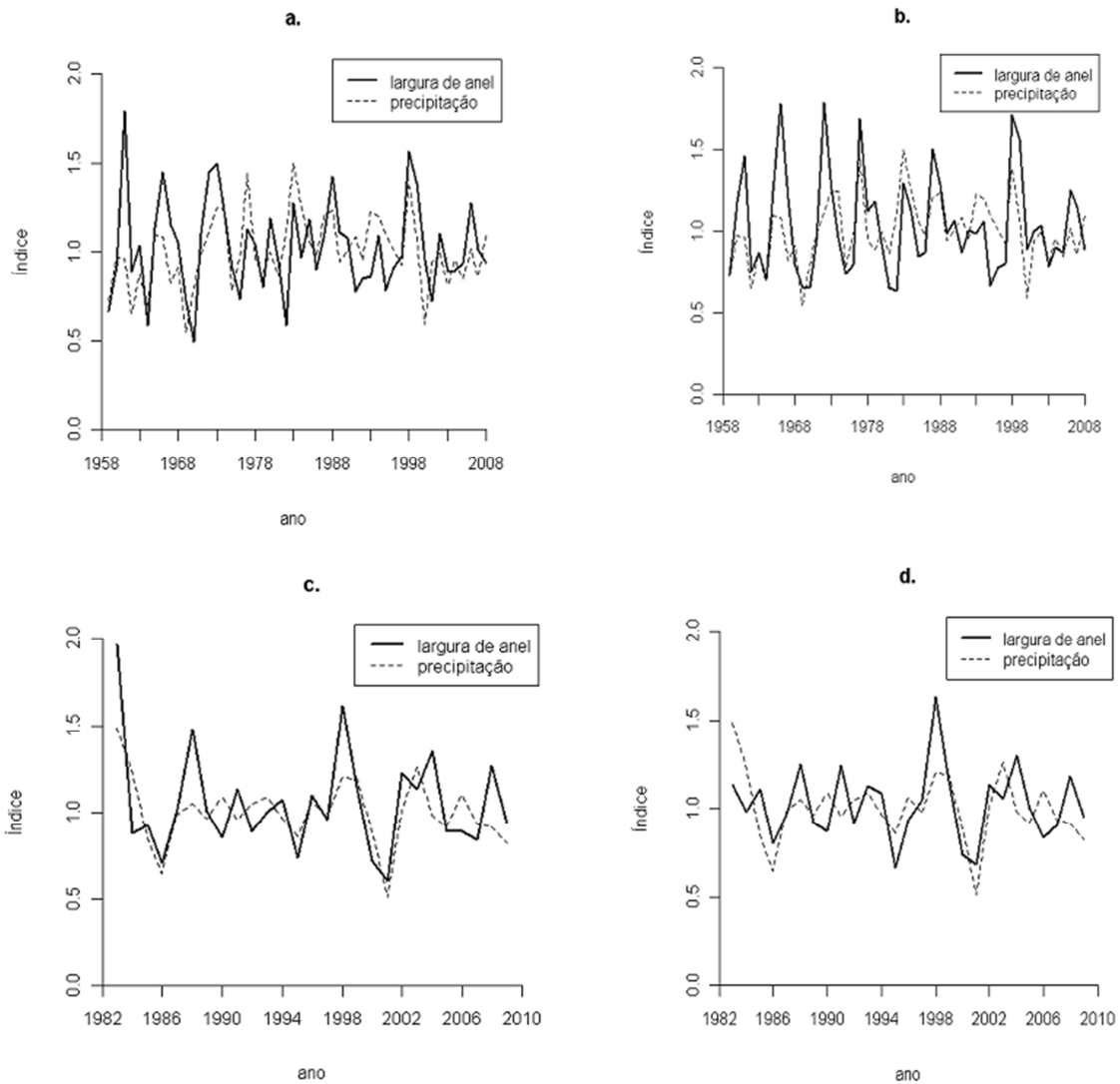


FIGURA 9: Séries temporais de índice de precipitação e índice de largura de anel relacionado à fatia tomada na posição 0,30 m do tronco de indivíduo de *Pinus taeda* com: a. 32 cm de DAP e 50 anos de idade, Avaré / SP; b. 42 cm de DAP e 50 anos de idade, Avaré / SP; c. 31,9 cm de DAP e 28 anos de idade, Itapeva / SP; d. 39,9 cm de DAP e 28 anos de idade, Itapeva / SP.

FIGURE 9: Temporal series of rainfall index and ring-width index related to the disc removed at a height of 0.30 m from the trunk of an individual of *Pinus taeda*: a- with a DBH of 32 cm, 50 years old, Avaré, SP; b- with a DBH of 42 cm, 50 years old, Avaré, SP; c- with a DBH of 31.9 cm, 28 years old, Itapeva, SP; d- with a DBH of 39.9 cm, 28 years old, Itapeva, SP.

AGRADECIMENTO E DEDICATÓRIA

Gostaríamos de agradecer ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo por ceder o material que permitiu o desenvolvimento do presente trabalho.

Essa pesquisa é dedicada a Altair Pereira Barusso, Engenheiro Florestal, aluno do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, que deixou o plano físico pouco tempo antes de defender sua dissertação de mestrado em 1977. O trabalho de dissertação do Altair é fonte de inspiração para todos aqueles que buscam se aprofundar nos estudos de análise de tronco e crescimento florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARUSSO, A.P. **Determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco.** 1977. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Não defendida.

FELIKSIK, E.; WILCZYNSKI, S. Diversification of increment reactions of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) from mountainous regions of southern Poland. **Journal of Forest Science**, v.49, n.12,

p.552-558. 2003.

FELIKSIK, E.; WILCZYNSKI, S. Tree-ring chronology as a source of information on susceptibility of Sitka Spruce to climatic conditions of Pomerania (Northern Poland). **Geochronometria**, v.30, p.79-82. 2008.

FRITTS, H.C. **Tree-rings and climate**. New York: Academic Press, 1976. 567p.

MARGARIDO, M.; PINTO, I.; PEREIRA, H.; USENIUS, A.; Anjos, O. Caracterização da variação da espessura dos anéis de crescimento em pinheiro bravo. Disponível em: <<http://www.esac.pt/Cernas/cfn5/docs/T4-22.pdf>>. Acesso em: 01 de outubro de 2009.

ROSOT, M.A.D; FIGUEIREDO FILHO, A.; Disperati, A.A.; Emerenciano, D.B. Análise de tronco digital: uma nova medição de anéis de crescimento. **Revista Floresta**, v.33, n.3, p.235-255. 2003.

TAKAHASHI, K.; TOKUMITSU, Y. YASUE, K. Climatic factors affecting the tree-ring width of *Betula ermanii* at the timberline on Mount Norikura, Central Japan. **Ecological Research**, v.20, p.445-451. 2005.

WILCZYNSKI, S.; FELIKSIK, E. Local chronologies and regional diversity of dendrochronological signal of Douglas Fir in Poland. **Geochronometria**, v.26, p.69-80. 2007.

**SECONDARY SUCCESSION DYNAMICS OF A TROPICAL FOREST FRAGMENT IN
SOUTHEASTERN BRAZIL**

**DINÂMICA DA SUCESSÃO SECUNDÁRIA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA TROPICAL
NO SUDESTE DO BRASIL**

Luiz Alberto Blanco Jorge¹; Renata Cristina Batista Fonseca²; Aparecido Agostinho Arruda³

RESUMO

O objetivo geral do presente trabalho foi estudar a dinâmica da vegetação em um dos cinco fragmentos de floresta tropical na Fazenda Experimental Edgardia, no município de Botucatu, São Paulo, Brasil. Um total de 40 unidades permanentes (1 ha de área de amostragem) foram inventariados em 2006 e 2010. Análise de componentes principais (PCA) foi usada para separar as unidades de amostragem de acordo com a fase de desenvolvimento do mosaico sucessional. A composição florística indicou que a vegetação do fragmento é um ecótono entre floresta estacional semidecidual e savanas florestadas. Três fases distintas da dinâmica de sucessão secundária foram identificadas, o que reflete a resposta da vegetação natural para os eventos passados de dois tipos de perturbações causadas pela ação antrópica no fragmento florestal: o uso de parte da área como pastagem e da exploração seletiva de economicamente importantes espécies de árvores.

Palavras-chave: Fragmento vegetação natural; Inventário florestal; caracterização tipológica; análise componentes principais

ABSTRACT

The overall goal of the present paper was to study the vegetation dynamics in one of the five tropical forest fragments at Edgardia Experimental Farm, Botucatu municipality, São Paulo State, Brazil. A total of 40 permanent units (1 ha of sampling area) were inventoried in 2006 and 2010. Principal components analysis (PCA) was used to separate the sampling units according to the development phase of the successional mosaic. The floristic composition indicated that the vegetation of this fragment is an ecotone between semideciduous seasonal forest and forested savanna. Three different phases of secondary succession dynamics were identified, which reflected the response of the natural vegetation to the past events of two types of disturbances caused by anthropogenic action in the forest fragment: the use of part of the area as pastureland and the selective exploitation of economically important tree species.

Keywords: Natural vegetation fragment; forest inventory; typological characterization; principal components analysis.

INTRODUCTION

Local anthropogenic effects on tropical forests include land-cover change, invasive species and timber extraction (WRIGHT, 2005). Some studies have assessed the impact of different degrees of disturbance on the species composition, structure and dynamics (SAGAR et al., 2003; HITIMANA et al., 2009). Secondary forests resulted from these disturbances have rapid rates of aboveground production, particularly during the early stages of succession. Consequently, they have the potential to assimilate and store relatively large fractions of the carbon and nutrients that are lost during deforestation and land use phases (HUGHES et al., 1999). Martínez-Garza e Howe (2003) argue that in a mix of successional forests, species richness and diversity may approach that of mature forest in 100 years, but species composition does not resemble that of mature forests. Ecosystem function may return, but much of the biological function of a primary forest does not.

The hydrographic basin of the Capivara River, which covers an area of 22,218 hectares, is located in a portion of the territory of the municipality of Botucatu, state of São Paulo, Brazil that belongs to the State Water Resources Management Unit of the Middle Tietê-Sorocaba Basin. The basaltic cuesta comprises a landscape of singular beauty in this region. The disordered human occupation of this land, allied to the region's natural fragility, has resulted in environmental problems of soil, water resources,

¹ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Assistente Doutor do Departamento de Recursos Naturais, FCA – UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu (SP). blanco@fca.unesp.br.

² Engenheira Florestal, Dra., Professor Assistente Doutor do Departamento de Recursos Naturais, FCA – UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu (SP). rfonseca@fca.unesp.br.

³ Funcionário do Departamento de Recursos Naturais, FCA – UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu (SP). secdcf@fca.unesp.br.

vegetation and fauna conservation. The natural vegetation of the Capivara River basin is fragmented. According to Martínez-Garza e Howe (2003), very low densities of most species make tropical forest fragments particularly vulnerable to high rates of local extinction. Species number is positively associated with size of habitat patches, while population densities of all but the dominants are inversely correlated with richness.

The Edgardia Experimental Farm, a teaching and research unit managed by the São Paulo State University– UNESP at Botucatu, in the state of São Paulo, Brazil, is located in the Capivara River basin and contains five fragments of natural vegetation. These fragments, which cover a total of 746 hectares, are important within the context of the municipality of Botucatu, the drainage basin, and the region. This relevance led to the implementation of the following researches: a) determination of the areas of the remaining fragments, verification of the dynamics of the natural vegetation cover, land use survey in the surroundings, and analysis of the interaction with spatial information of environmental variables (JORGE eSARTORI, 2002); b) structure and characterization of the mosaic of natural vegetation (SILVA FILHO eENGEL, 1993; FONSECA eRODRIGUES, 2000; FONSECA eFONSECA, 2004); and c) restoration of the natural vegetation (ENGEL ePARROTA, 2000; ENGEL ePARROTA, 2001; PARROTA eENGEL, 2001).

The overall goal of the present paper was to study the vegetation dynamics in one of the five forest fragments of Edgardia Experimental Farm. The specific objectives were: 1) to survey the floristic composition and the vegetation structure of the forest fragment; 2) characterize the fragment's vegetation typology; and 3) evaluate secondary succession dynamics in response to disturbances resulting from anthropogenic action.

MATERIAL AND METHODS

Study area

The forest fragment under study is situated at Edgardia Experimental Farm, which is located in the Capivara River basin, Botucatu municipality, São Paulo State, Brazil. The Farm is circumscribed by the geographic coordinates of 22° 47'30" to 22° 50' latitude S and 48° 26'15" to 48° 22'30" longitude W. The unit comprises: i – a small area at cuesta reverse (beginning of the São Paulo Eastern Plateau), with altitudes of 700 to 810 m; ii – a cuesta front (a sandstone and basaltic escarpment with their originated soils); and iii – a peripheral depression segment, with altitudes of 465 to 600 m, comprising an area of sandstones and alluvial sediments encompassing the Capivari River wetlands.

The climate has two distinct seasons, one rainy and hot (September to March) and the other dry and cold (April to August). The native vegetation of the teaching and research unit partially loses its leaves in the dry cold season. It is classified as Semidecidual Seasonal Forest (VELOSO, 1992), with fragments of altered forest that have undergone various levels of anthropogenic disturbance. A transition of forest to forested savanna (cerradão), and gallery forest are also present. Land is used mainly as pasture. Small areas are planted with forests and cultivated as farmland.

The inventoried forest fragment is situated in an area of predominantly Albic Arenosols, with low fertility. Most of the 111.29 hectares of the vegetation fragment are located on the Edgardia Farm, but a portion of the study area is located on the neighboring property. This fragment has suffered disturbances generated in the past by: 1) use of part of the area as pastureland, and 2) selective exploitation of economically important tree species, with the last intervention occurring between 1975 and 1980.

Vegetation sampling

The survey of the natural vegetation of the forest fragment involved the allocation of adjoining units of 10 x 25m strips transecting the variation gradient, characterizing a systematic single-stage sampling design. The distance between the two strips was 300 meters. A total of 40 permanent units were sampled (first strip units numbered from 101 to 124 and second strip units numbered from 201 to 216), covering an area of 1 hectare. The entry and exit points of the strips in the fragment, as well as the location of the units in the field, were georeferenced using GPS. All individual trees and shrubs in the sampling units presenting a circumference at breast height (CBH) of ≥ 15 cm were inventoried in 2006 and 2010. A collection of botanical material allowed for the identification of the species occurring in the area. Exsiccata of reproductive material were deposited in the herbarium of the Department of Natural Resources of the Faculty of Agronomic Sciences of UNESP at Botucatu. The species found in the forest fragment were classified according to the APG II botanical classification system.

Figures 1a and 1b show aerial photographs of Edgardia Experimental Farm and its surroundings, taken in 1962 and 2005, respectively. The figures include the digitized boundaries of the Farm (in white), the 2005 boundaries of the forest fragment under study (in black), and the two strips of inventoried sampling units (in white). The photos also reveal the regeneration dynamics of the area's natural vegetation.

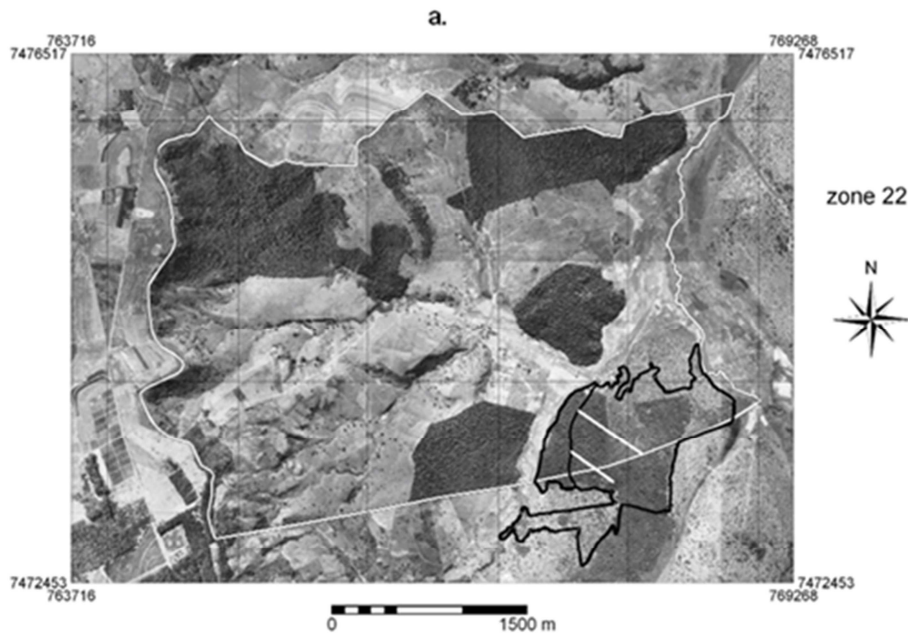


FIGURE 1: Boundaries of the Edgardia Experimental Farm and the study area, outlined on an aerial photograph of: a. 1962; b. 2005.

FIGURA 1: Limites da Fazenda Experimental Edgardia e da área de estudo, descritos em uma fotografia aérea de: a. 1962; b. 2005.

Data Analysis

A Microsoft Access database was set up containing the field data, which served as the basis for: 1) a study of the floristic composition and horizontal structure of the vegetation in the forest fragment; 2) preparation of the data for the adjustment of frequency distributions (total sample diameters, basal area, quadratic mean diameter and indicator species diameters); and 3) preparation of the data for a principal components analysis, which was used to help in the evaluation of secondary succession dynamics.

To characterize the phytophysognomy of the fragment, the species were classified as a function of their natural occurrence in the ecosystems, according to the amendment of Resolution SMA 47 (SÃO PAULO, 2003).

The quantitative parameters employed in the study of the horizontal structure of the vegetation were absolute density (AD), relative density (RD), absolute dominance (ADo), relative dominance (RDo), absolute frequency (AF) and relative frequency (RF), which were also expressed in the form of an importance value index (IVI) resulting from the sum of the relative values of these parameters (MÜELLER-DOMBOIS e ELLENBERG, 1974). The parameters related to the horizontal structure of the sample of 1 hectare were calculated after developing the corresponding module using the Visual Basic for Applications (VBA) programming language of Microsoft Access.

The two-parameter Weibull function was used to describe the distributions of total sample diameters, basal area and quadratic mean diameter of the 40 permanent sampling units. The probability density function of the two-parameter model of the Weibull random variable x is:

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{b}\right)^c\right); \quad x \geq 0, b > 0, c > 0.$$

and is characterized by the scale parameter b and the shape parameter c (BAILEY e DELL, 1973). The parameters were estimated by the percentile method. The adjustment index (AI) and the Kolmogorov-Smirnov non-parametric test were employed to compare the observed and estimated distributions. The mean values and standard deviations of the variables diameter at breast height (DBH) (total of the sample), basal area, and mean quadratic diameter were estimated using the formulas related to the Weibull distribution, which include the use of the gamma function (LEE, 1980).

Principal components analysis (PCA) was used to separate the 40 permanent sampling units according to the development phase of the successional mosaic in which the natural vegetation of different sites of the observation gradient is located. The following variables were used for the PCA in the R software environment: the basal area – BA (2006 inventory), recruitment rate – R (2006 to 2010), mortality rate – M (2006 to 2010), all of them relating to the sampling units, and the absolute dominance (2006 inventory) of four tree species that are indicators of the phases of the successional mosaic. To complement the above, an analysis was made of the diameter distribution of these species, which were also adjusted by the 2-parameter Weibull distribution.

RESULTS AND DISCUSSION

Sampling involved 1191 individuals of 37 families and 107 species (Table 1). The floristic composition indicated that the vegetation consists of an ecotone between semideciduous seasonal forest and forested savanna (cerradão), which was confirmed by the proportion of species characteristic of each ecosystem and principally by the percentage of species common to the two formations (Figure 2).

The diametric distribution of the individuals included in the total sample (Figure 3a) shows a typical inverted J-shape pattern, i.e., a decreasing distribution characteristic of natural vegetation, a shape that is associated with parameter c of the Weibull distribution, whose value is close to 1 (Table 2). The number of individuals per class in this distribution decreased exponentially. The class with upper and lower boundaries of 58 and 67 cm presented 1 individual, while the next three classes showed an absence of individuals, and the last class contained one *Hymenaea courbaril* tree remaining from the last selective felling that was carried out. The high variability of the basal area (Figure 3b and Table 2) reflected the changes caused by anthropic actions on the remnant vegetation of the fragment. Also worth noting is the low mean value (Table 2) of the distribution of mean quadratic diameters (Figure 3c) of the 40 sampled units.

Among the 10 species of highest importance (Figure 4), the following were selected as indicators of the development phases of the successional mosaic: *Croton floribundus* (Euphorbiaceae), *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae), *Metrodorea nigra* (Rutaceae) and *Astronium graveolens* (Anacardiaceae). *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) is a pioneer species. *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae) is characterized for occupying very open areas where the vegetation shows a higher level of disturbance. *Metrodorea nigra* (Rutaceae) predominates in the understory where the structure of the vegetation is more complex. *Astronium graveolens* (Anacardiaceae) occupies the upper forest canopy.

After performing the principal components analysis, the biplot graph (Figure 5) of the first and second components, whose proportion of accumulated variance presented a value of 0.505, indicated the following: 1) a positive correlation between the values of absolute dominance of *Metrodorea nigra* (Rutaceae) and the basal area of the sampling units; 2) a positive correlation between the values of absolute dominance of *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) and the recruitment rate; 3) a negative correlation of the mortality rate values with basal area of the sampling units and the absolute dominance of *Metrodorea nigra* (Rutaceae); and 4) a negative correlation of the absolute dominance of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae) with the absolute dominance of *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) and the recruitment rate. The use of the absolute dominance of *Astronium graveolens* (Anacardiaceae) in the PCA (Figure 6) demonstrated that this indicator species occupies the same areas as *Metrodorea nigra* (Rutaceae) in the successional mosaic.

TABLE 1: List of species found in the forest fragment of this study and their respective phytoecological zones of distribution.

TABELA 1: Lista de espécies encontradas no fragmento florestal do presente estudo e suas respectivas zonas de distribuição fitoecológica

Family	Species	SSF ^a	FS ^b
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	X	
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	X	X
Annonaceae	<i>Annona cacans</i> Warm.	X	X
	<i>Guatteria nigrescens</i> Mart.	X	X
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	X	
	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	X	X
	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	X	
	<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud	X	X
Asteraceae	<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	X	X
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassm.	X	X
Bignoniaceae	<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Tol.		X
	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Standl.	X	
	<i>Tabebuia ochraceae</i> (Cham.) Standl.	X	X
	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau	X	X
Boraginaceae	<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	X	X
	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	X	X
	<i>Patagonula americana</i> L.	X	
Cactaceae	<i>Cereus peruvianus</i> Mill	X	
Celastraceae	<i>Maytenus robusta</i> Reiss.	X	X
Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i> (Cambess.) Eichler	X	X
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon communis</i> (Muell. Arg.) Pax	X	
	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	X	X
	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	X	X
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	X	X
	<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M. Johns.	X	
Fabaceae - Cercideae	<i>Bauhinia longifolia</i> D.Dietr.	X	X
Fabaceae - Caesalpinioideae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	X	X
	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	X	
	<i>Hymenaea courbaril</i> (Hayne) A.T. Lee & Langenh.	X	
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	X	X
	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	X	
	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	X	
Fabaceae - Faboideae	<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	X	X
	<i>Machaerium villosum</i> Vogel	X	X
	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	X	
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	X	X
Fabaceae - Mimosoideae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	X	X
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan		X
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	X	
	<i>Inga striata</i> Benth.	X	
	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	X	
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	X	X
Lamiaceae	<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	X	X
Lauraceae	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees & Mart. ex Nees	X	
	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	X	
	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	X	
	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meissn.) Mez	X	X
	<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	X	

^a semideciduous seasonal forest; ^b forested savannah (cerrado (lato sensu) in the SMA 47).

TABLE 1: List of species found in the forest fragment of this study and their respective phytoecological zones of distribution. (Continued).

TABELA 1: Lista de espécies encontradas no fragmento florestal do presente estudo e suas respectivas zonas de distribuição fitoecológica. (Continuação)

Family	Species	SSF ^a	FS ^b
	<i>Ocotea silvestris</i> Vattimo	X	
	<i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer	X	X
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	X	X
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Dawson	X	
	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Rob.	X	
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	X	X
	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	X	
	<i>Trichilia casaretti</i> C.DC.	X	
	<i>Trichilia catigua</i> A. Juss.	X	
	<i>Trichilia claussenii</i> C.DC.	X	
	<i>Trichilia pallida</i> Swartz	X	X
Monimiaceae	<i>Mollinedia widgrenii</i> A. DC.		X
Moraceae	<i>Ficus guaranitica</i> Chodat ex Chodat e Vischer	X	X
Myrtaceae	<i>Calycorectes acutatus</i> (Miq.) Toledo	X	
	<i>Calyptanthus clusiifolia</i> (Miq.) O. Berg	X	X
	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg.	X	X
	<i>Campomanesia</i> sp. 1		
	<i>Eugenia blastantha</i> (O. Berg) D. Legrand	X	
	<i>Eugenia involucreta</i> DC.	X	
	<i>Gomidesia affinis</i> (Cambess.) D. Legrand	X	
	<i>Gomidesia palustris</i> (DC) Kausel		
	<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.		X
	<i>Myrcia guianensis</i> DC.		X
	<i>Myrcia selloi</i> (Spreng) N. Silveira		X
	<i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) Legrand	X	X
	<i>Myrciaria floribunda</i> (West ex Willd.) Berg		
	<i>Myrtaceae</i> sp. 1		
	<i>Myrtaceae</i> sp. 2		
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	X	X
Ochnaceae	<i>Ouratea castanaefolia</i> (DC) Engl.	X	X
Polygonaceae	<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	X	X
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpus</i> Reiss.	X	
Rosaceae	<i>Prunus sellowii</i> Koehne	X	X
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	X	X
	<i>Coutarea hexandra</i> Schum.	X	
	<i>Ixora gardneriana</i> Benth.	X	X
Rutaceae	<i>Esenbeckia frebifuga</i> (A.St.-Hil.) A.Juss. ex Mart.	X	X
	<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart.	X	
	<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.	X	
	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	X	X
	<i>Metrodorea nigra</i> A.St.-Hil	X	
	<i>Pilocarpus pauciflorus</i> A.St.-Hil.		
	<i>Zanthoxylum chiloperone</i> Mart. ex Engl.	X	
	<i>Zanthoxylum hiemale</i> A.St.-Hil.	X	X
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	X	X
	<i>Zanthoxylum tingoassuiba</i> A.St.-Hil		
Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briquet	X	X
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	X	X

^a semideciduous seasonal forest; ^b forested savannah (cerrado (lato sensu) in the SMA 47).

TABLE 1: List of species found in the forest fragment of this study and their respective phytoecological zones of distribution.(continued).

TABELA 1: Lista de espécies encontradas no fragmento florestal do presente estudo e suas respectivas zonas de distribuição fitoecológica (Continuação)

Family	Species	SSF ^a	FS ^b
	<i>Xylosma sp. 1</i>		
Sapindaceae	<i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk.		
	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	X	
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	X	X
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	X	X
Solanaceae	<i>Solanum argenteum</i> Dunal	X	
	<i>Solanum pseudo-quina</i> A. St.–Hil.	X	X
Styracaceae	<i>Styrax acuminatus</i> Pohl	X	
Vochysiaceae	<i>Qualea jundiahy</i> Warm.	X	X
	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	X	X
	<i>Vochysia tucanorum</i> (Spreng.) Mart.	X	X

^a semideciduous seasonal forest; ^b forested savannah (cerrado (lato sensu) in the SMA 47).

TABLE 2: Variables related with the total sampled area in the forest fragment.

TABELA 2: Variáveis relacionadas com a área total amostrada no fragmento florestal

Variable	Distribution Estimators			Kolmogorov-Smirnov		standard	
	b	c	AI(%)	D	Critical(0.05)	mean	deviation
diameter - DBH (cm)	7.2794	1.1824	99.64	0.021	0.039	10.9	5.8
basal area (m ² ha ⁻¹)	11.6484	1.3421	94.36	0.038	0.210	16.69	8.05
quadratic mean diameter (cm)	4.6424	2.4394	93.50	0.095	0.210	12.9	1.8

The PCA separated three sets of sampling units that occur as described below:

– Group 1: in areas whose natural vegetation is more structured and where *Metrodorea nigra* (Rutaceae) and *Astronium graveolens* (Anacardiaceae) have significant values of absolute dominance. These species indicate less disturbed sites in the fragment, a larger basal area, and three tree strata. *Metrodorea nigra* (Rutaceae) occupies the understory of these areas and *Astronium graveolens* (Anacardiaceae) the upper canopy. It is interesting to note that the diameter distribution of the two species presents an inverted J-shaped pattern (Figures 7a and 7b; Table 3), indicating continuous regeneration.

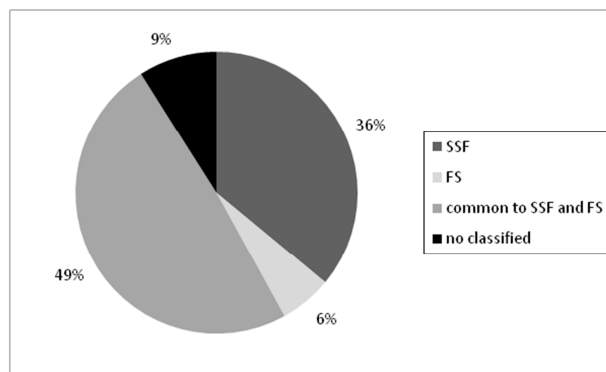


FIGURE 2: Species proportion of each ecosystem in the forest fragment composition (SSF= semideciduous seasonal forest; FS = forested savannah).

FIGURA 2: Proporção de espécies de cada ecossistema na composição do fragmento florestal (SSF=floresta estacional semidecidual; FS =floresta de cerrado)

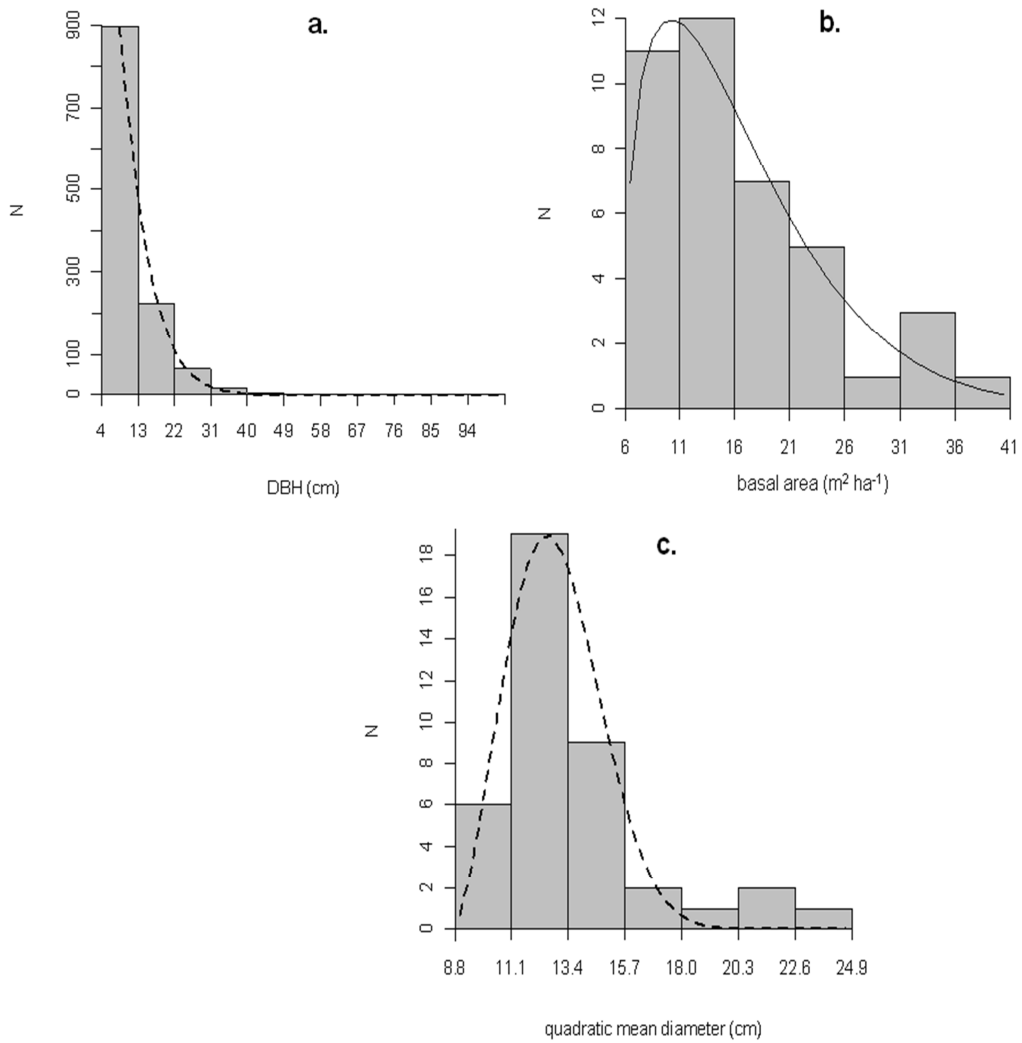


FIGURE 3: Frequency distributions: a. Total sample DBH; b. basal area; c. quadratic mean diameter.

FIGURA 3: Distribuições de frequência: a. Total da amostra DAP; b. área basal; c. diâmetro médio quadrático.

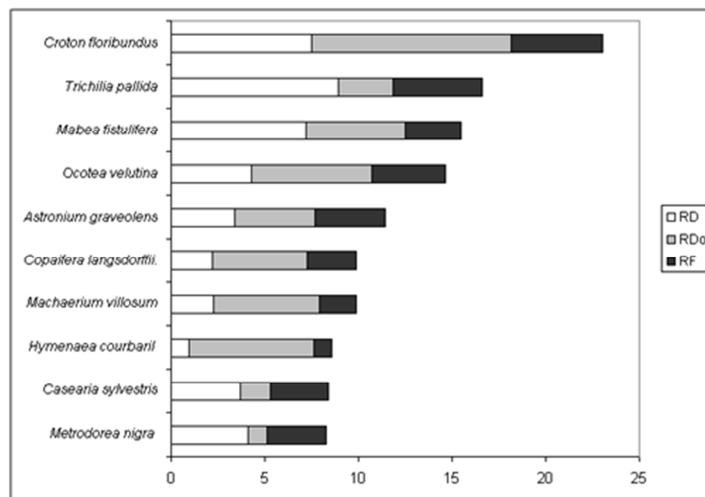


FIGURE 4: Ten species ranking as the most important in the sampled area; the value of the sum of the IVI of the other species is 173.69.

FIGURA 4: Dez espécies de classificação como o mais importantes na área amostrada, o valor da soma do IVI das outras espécies é 173,69

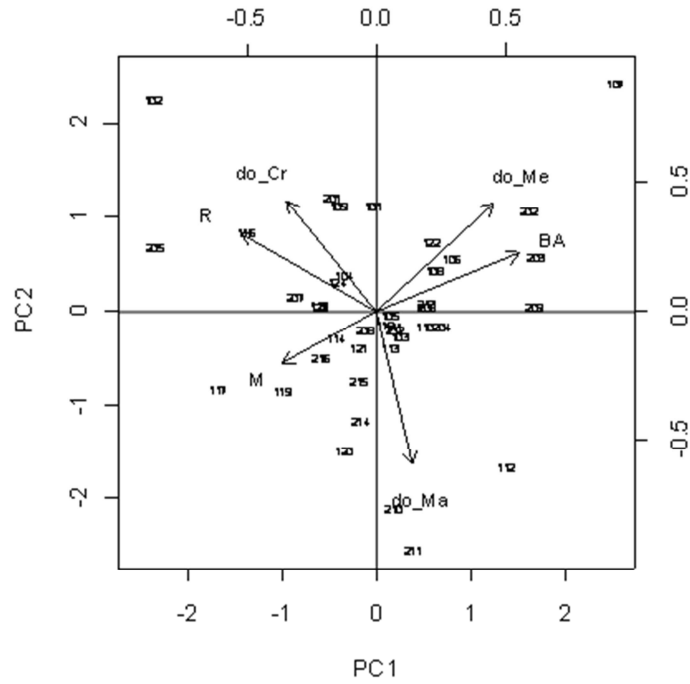


FIGURE 5: Biplot graph of variables basal area (BA), recruitment rate (R), mortality rate (M), absolute dominance of *Metrodorea nigra* (do_Me), absolute dominance of *Croton floribundus* (do_Cr) and absolute dominance of *Mabea fistulifera* (do_Ma), in relation to first two components.

FIGURA 5: Biplot gráfico de variáveis área basal (BA), taxa de recrutamento (R), taxa de mortalidade (M), dominância absoluta de *Metrodorea nigra* (do_Me), absoluta dominância de *Croton floribundus* (do_Cr) e dominância absoluta de *Mabea fistulifera* (do_Ma), em relação aos dois primeiros componentes.

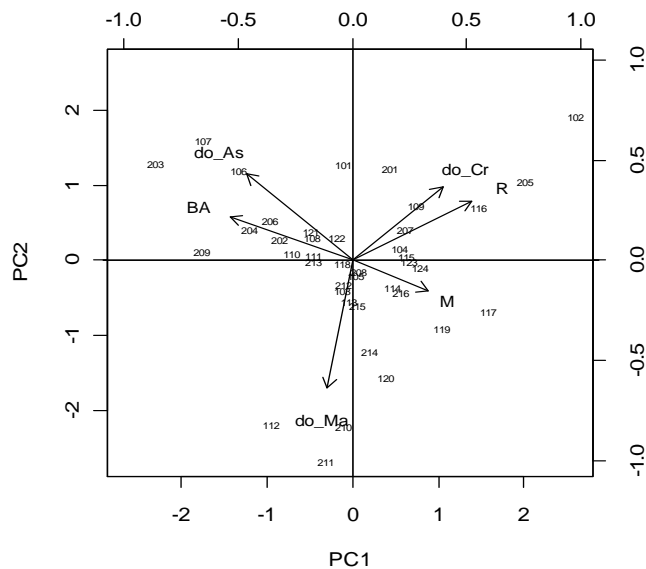


FIGURE 6: Biplot graph of variables basal area (BA), recruitment rate (R), mortality rate (M), absolute dominance of *Astronium graveolens* (do_As), absolute dominance of *Croton floribundus* (do_Cr) and absolute dominance of *Mabea fistulifera* (do_Ma), in relation to first two components.

FIGURA 6: Biplot gráfico de variáveis área basal (BA), taxa de recrutamento (R), taxa de mortalidade (M), dominância absoluta de *Astronium graveolens* (do_As), dominância absoluta de *Croton floribundus* (do_Cr) e dominância absoluta de *Mabea fistulifera* (do_Ma), em relação aos dois primeiros componentes.

— Group2: in sites where the regeneration of the vegetation is at an intermediary level in secondary succession, where *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) shows significant values of absolute dominance associated with higher recruitment rates. The diameters of the *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) trees presented a unimodal distribution (Figure 7c) typical of pioneer species, indicating that there was regeneration of the individuals in the same period.

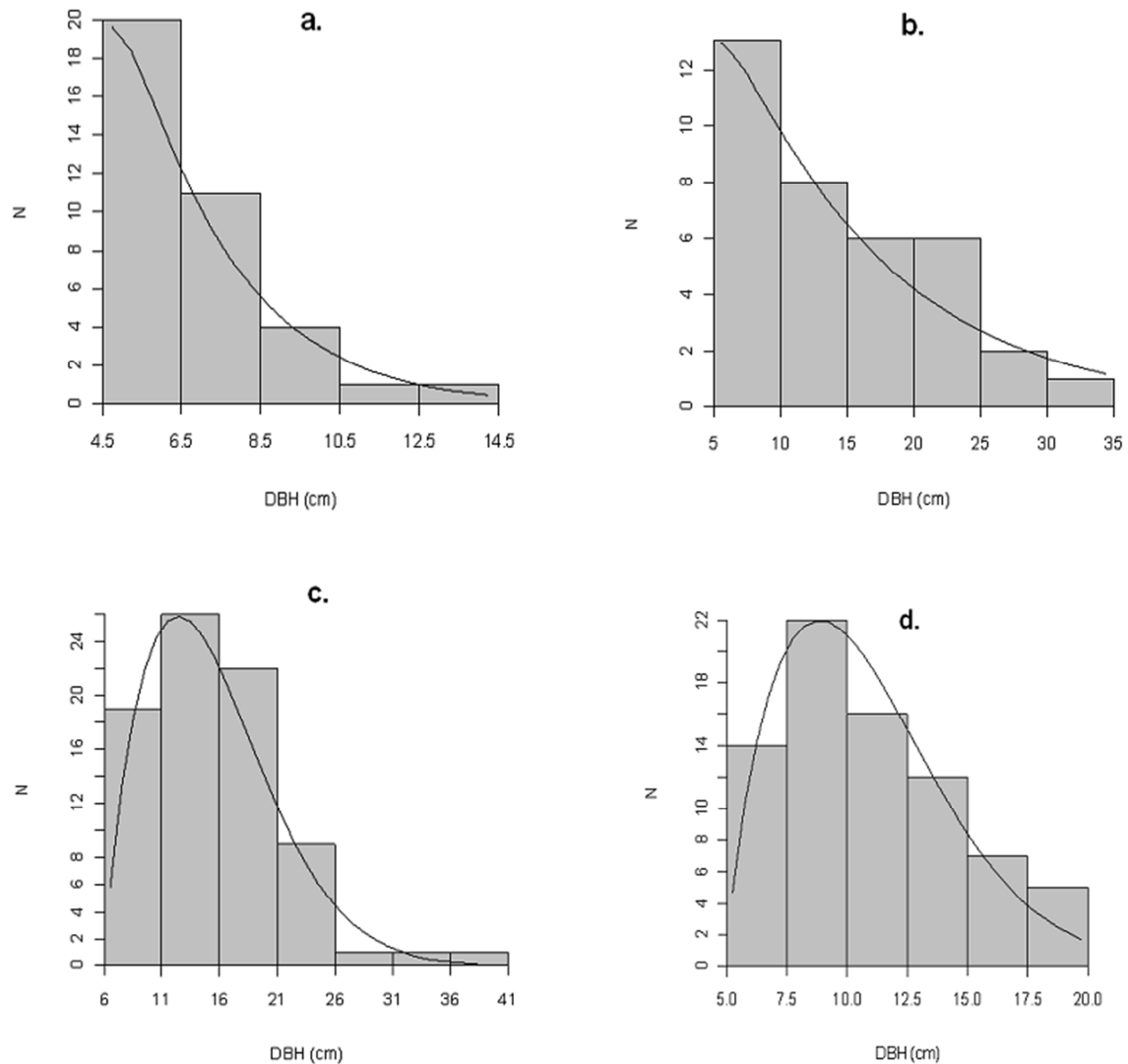


FIGURE 7: Diameter distributions of indicator species: a. *Metrodorea nigra*; b. *Astronium graveolens*; c. *Croton floribundus*; d. *Mabea fistulifera*.

FIGURA 7: Distribuições de diâmetro de espécies indicadoras: a. *Metrodorea nigra*; b. *Astronium graveolens*; c. *Croton floribundus*; d. *Mabea fistulifera*

The distribution is a positive asymmetric one, as confirmed by the value of the estimator of parameter c of the Weibull distribution (Table 3). Among the individuals recruited between 2006 and 2010 in the permanent units of this group, *Croton floribundus* (Euphorbiaceae) and *Metrodorea nigra* (Rutaceae) were the most abundant (12.86% for each of the two species) among the 26 species observed. This information reinforces the finding that these sites present an intermediary level of secondary succession due to the regeneration of *Metrodorea nigra* (Rutaceae).

— Group3: in sites where the history of land use indicates the occurrence of pasture land, with a currently relevant dominance of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae). Higher mortality rates occur among individuals. *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae) shows a unimodal diameter distribution (Figure 7d), also with a positive asymmetry, which was confirmed by the estimator of the shape parameter of the Weibull distribution (Table 3). For the indicator species of this group, the diameter distribution indicates that individuals regenerated in the same period, enabling them to occupy these more open areas of the

fragment. As for recruitment between 2006 and 2010, the most abundant species were *Trichilia pallida* (Meliaceae), *Myrciaria floribunda* (Myrtaceae) and the indicator of the group, i.e., *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae), whose percentages of occurrence in relation to all the recruited individuals in the group were, respectively, 17.46%, 14.29% and 11.11%. The general behavior of these three species, which presented the highest recruitment in the third group of sampling units in the period under analysis, allows us to state that *Trichilia pallida* (Meliaceae) occupies the understory of some areas of the forest fragment, but competes with *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae) in the more open sites related to Group 3. In this condition, *Myrciaria floribunda* (Myrtaceae) is one of the main species that occur in the understory.

Studies about the composition, structure and dynamics of forest fragments should serve as supporting data for the development of restoration programs for forest ecosystems located in tropical regions. Martínez-Garza and Howe (2003) propose that, in addition to monitoring of secondary succession, areas dominated by pioneers should be enriched with seeds and seedlings of late-successional animal dispersed tree species. The species should be dispersed by animals to take the best advantage of natural dissemination processes inside and outside forest fragments. A major challenge in the restoration of areas surrounding the location of the present study is the selection of species that adapt well to sites with sandy soils, rapid drainage, and low fertility, such as those where there was vegetation regeneration on pasture land, and which are part of the forest fragment under study. At these sites, the species to be tested should include those that displayed better adaptation to the aforementioned environmental conditions, i.e., *Croton floribundus* (Euphorbiaceae), *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae), *Trichilia pallida* (Meliaceae), *Ocotea velutina* (Lauraceae), *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae – Caesalpinioideae), *Machaerium villosum* (Fabaceae – Faboideae), *Machaerium brasiliensis* (Fabaceae – Faboideae), *Casearia sylvestris* (Salicaceae), *Myrciaria floribunda* (Myrtaceae), *Terminalia glabrescens* (Combretaceae), *Coccoloba mollis* (Polygonaceae) and *Gochnatia polymorpha* (Asteraceae).

TABLE 3: Diameter distributions of indicator species – estimators and statistics of Weibull's function.

TABELA 3: Distribuições de diâmetro de espécies indicadoras-estimadores estatísticas da função Weibull

Indicator species	Estimators			Kolmogorov-Smirnov	
	b	c	AI (%)	D	Critical (0.05)
<i>Metrodorea nigra</i>	2.6041	1.0814	99.11	0.042	0.224
<i>Astronium graveolens</i>	11.6402	1.0380	88.07	0.090	0.227
<i>Croton floribundus</i>	10.5521	1.7264	97,52	0.028	0.153
<i>Mabea fistulifera</i>	6.5986	1.6906	90.33	0.038	0.156

CONCLUSIONS

Based on the results of this work, the following conclusions can be drawn:

a – Using PCA, we were able to separate groups of sampling units, which reflected three different development phases of the successional mosaic of the natural vegetation of the forest fragment studied here.

b – The separation of the three phases of the successional mosaic was achieved mainly as a function of the response of the natural vegetation to the past events of two types of disturbances caused by anthropogenic action in the forest fragment, i.e., the use of part of the area as pasture land and the selective exploitation of economically important tree species.

REFERENCES

- BAILEY, R.L.; DELL, T.R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, v. 19, p.97–104. 1973.
- ENGEL, V. L.; PARROTTA, J.A. Sistemas alternativos de plantio para a restauração de ecossistemas florestais da Mata Atlântica em Botucatu, SP. **Agroecologia Hoje**, v. 1, n.5, p.10-11. 2000.
- ENGEL, V. L.; PARROTTA, J.A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, p.169-181. 2001.
- FONSECA, R.C.B., Rodrigues, R.R. Análise estrutural e aspectos do mosaico sucessional de uma floresta semidecídua em Botucatu-SP. **Scientia Forestalis**, v. 57, p.27-43. 2000.
- FONSECA, R.C.B.; FONSECA, I.C.B. Utilização de métodos estatísticos multivariados na caracterização do mosaico sucessional em floresta semidecidual. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p.351-359. 2004.
- HITIMANA, J.; KIYIAPI, J.; NJUNGE, J.; BARGEREI, R. Disturbance indicators and population decline of logged species in Mt. Elgon Forest, Kenya. **African Journal of Ecology**, v. 48, p.699 – 708. 2009.

- HUGHES, R.F.;KAUFFMAN, J.B.;JARAMILLO, V.J. Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of México. **Ecology**, v.80, n. 6, p.1892–1907. 1999.
- JORGE, L.A.B.;SARTORI, M.S. Uso do solo e análise temporal da ocorrência de vegetação natural na Fazenda Experimental Edgardia, em Botucatu-SP. **Revista Árvore**, v.26, n. 5, p.585 – 592. 2002.
- LEE, E.T. **Statistical methods for survival data analysis**. Lifetime Learning Publications, Belmont. 557 p. 1980.
- MARTÍNEZ-GARZA, C.;HOWE, H.F. Restoring tropical diversity: beating the time tax on species loss. **Journal of Applied Ecology**, v. 40, p. 423 – 429. 2003.
- MÜELLER-DOMBOIS, D.;ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. John Wiley & Sons, New York. 547 p. 1974.
- PARROTTA, J.A.;ENGEL, V.L. Direct seeding of native species is low-cost method of restoring forests on degraded agricultural lands (São Paulo State, Brazil). **Ecological Restoration**, v. 19, n. 3, p.174-175. 2001.
- SAGAR, R.;RAGHUBANSHI, A.S.;SINGH, J.S. Tree species composition, dispersion and diversity along a disturbance gradient in a dry tropical forest region of India.**Forest Ecology and Management**, v. 186, p.61 – 71. 2003.
- SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA 47, vinte seis de novembro de dois mil e três. Fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas. Secretaria do Meio Ambiente (Documentos ambientais), São Paulo. http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/estadual/resolucoes/2003_Res_SMA_47.pdf. Accessed 24 mar 2010. 2003.
- SILVA FILHO, S.R., ENGEL, V.L. **Estrutura de um fragmento de mata mesófila semidecídua secundária tardia e implicações para o manejo**.In: 7º Congresso Florestal Brasileiro, SBS-SBEF, Curitiba, 1, p. 343-346. 1993.
- WRIGHT, S.J. Tropical forests in a changing environment. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 20, n. 10, p.553 – 560. 2005.
- VELOSO, H. P. (org). **Manual técnico da vegetação brasileira**. IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. 1992.

DINÂMICA DE COMERCIALIZAÇÃO DA ESPÉCIE *Manilkarahuberi* (Ducke) NO BRASIL

TRADE DYNAMICS OF *Manilkarahuberi* (Ducke) IN BRAZIL

André Sócrates de A. Teixeira¹; Marcos A. Camargo Ferreira²; Marcos A. Bauch³; Yalmo C. Júnior⁴

RESUMO

O estudo se propôs a mostrar a dinâmica de comercialização e transporte da espécie *Manilkara huberi* (Ducke) – Maçaranduba - conforme os dados levantados no sistema DOF (Documento de Origem Florestal). O Documento de Origem Florestal, instituído pela Portaria MMA nº253, de 18 de agosto de 2006 e regulamentado pela IN IBAMA nº112, constitui-se licença obrigatória para o controle do transporte e armazenamento de produtos e subprodutos florestais de origem nativa, contendo as informações sobre a procedência desses produtos e subprodutos. Os dados de origens e destinos foram espacializados utilizando softwares de SIG (Sistema de Informações Geográficas). Após análise concluiu-se que a exploração da espécie em questão é parcialmente sustentável, já que 60% dos processos autorizativos são oriundos de manejo florestal. No entanto, de 2009 para 2010 houve um incremento de 1.034,22% nas autorizações de uso alternativo do solo, enquanto que nas de PMFS foi de apenas 180,08%.

Palavras-chave: Maçaranduba; documento de origem florestal; *Manilkara huberi*.

ABSTRACT

This study is purposed to show the commerce and transportation dynamic behavior of the species *Manilkara Huber* (Ducke) – Maçaranduba. The data for this paper was collected in the DOF system (Forest Origin Document). The Forest Origin Document, established by the Act n °253, from 18 of August, 2006 and regulated by the Normative Instruction nº112/2006 consists of a compulsory license to control the transportation and storage of native forest timber and its sub-products, containing information about the origins of these products and sub-products. The data sources and destinations were spatialized using GIS (Geographic Information System) software. After the analysis the conclusion was that the exploitation of the species is partly sustainable, since 60% of authorized processes are derived from Sustainable Forest Management (PMFS). However, from 2009 to 2010 there was an increase of 1034.22% in deforestation permits, while in the PMFS the increase was of only 180.08%.

Keywords: Maçaranduba, Forest Origin Document, *Manilkara huberi*.

INTRODUÇÃO

A *Manilkara huberi* (Ducke) Stand. (Sapotaceae), popularmente conhecida como maçaranduba é uma espécie amazônica madeireira intensamente explorada, cujas árvores podem atingir até 50m de altura. Ocorre na Amazônia Brasileira, do Pará ao Amazonas, nas matas de terra firme e de várzeas pouco inundáveis; é a maior, mais procurada e de mais ampla dispersão das maçarandubas amazônicas, fornecendo quase a totalidade da madeira exportada por Belém conforme Azevedo (2005). O estudo se propõe a mostrar o comportamento da espécie *Manilkara huberi* (Ducke) – Maçaranduba – em relação à comercialização e transporte conforme os dados levantados no sistema DOF (documento de origem florestal). Para isso, foram confrontadas informações de município de origem, principais subprodutos e principais autorizações de exploração emitidas. As informações de comercialização da espécie foram levantadas a partir do banco de dados do Sistema DOF/IBAMA, de janeiro de 2007 até dezembro de

¹Engenheiro Florestal, Analista Ambiental, IBAMA - Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, IBAMA-SEDE. Caixa Postal: 09566, CEP: 70818-900, Brasília (DF). email- andre.socrates@ibama.gov.br

²Engenheiro Florestal, M.Sc. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, UnB, Universidade de Brasília, IBAMA -Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, IBAMA-SEDE. Caixa Postal: 09566, CEP: 70818-900, Brasília (DF). email- marcos.ferreira@ibama.gov.br

³Engenheiro Agrônomo, Analista Ambiental, IBAMA - Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, IBAMA-SEDE. Caixa Postal: 09566, CEP: 70818-900, Brasília (DF). email- marcos.bauch@ibama.gov.br

⁴Engenheiro Florestal, M.SC. Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Analista Ambiental, IBAMA - Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, IBAMA-SEDE. Caixa Postal: 09566, CEP: 70818-900, Brasília (DF). email- yalmo.correia-junior@ibama.gov.br

2010.

Características gerais da espécie

A Maçaranduba - *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. é uma árvore com cerca de 40 a 50m de altura. Ocorre geralmente nas regiões de terra firme da Amazônia de até 700m de altitude. Dentre as espécies do gênero, é a mais conhecida e com a maior distribuição na Amazônia. Apesar de serem facilmente reconhecidas, devido suas folhas grandes e amarelas na face abaxial, é frequentemente confundida com outras espécies do gênero devido à similaridade dos seus troncos. O cerne vermelho-arroxeadado, com tendência a se tornar vermelho-escuro com o tempo, distinto do albúneo que é castanho-claro; textura fina e uniforme, brilho médio, grã usualmente direita; cheiro e gosto imperceptíveis (EMBRAPA, 2011).

De acordo com o trabalho de tese Braz (2009) a Maçaranduba foi a espécie com maior amplitude diamétrica, atingindo a classe de 125 cm de DAP. De acordo com Braz (2009), a Maçaranduba apresenta desenvolvimento razoável. Isso se deve, provavelmente, às especificidades ecológicas locais, indicando mais uma vez a necessidade de mais pesquisas sobre o crescimento das florestas. Possui ampla distribuição, ocorrendo nos estados do Pará, Amazonas, Mato Grosso, Maranhão, Roraima, Rondônia e Amapá, chegando ao Suriname, sendo mais freqüente em mata de terra firme, podendo, também, ser encontrada em várzeas pouco inundáveis (SUDAM, 1979). Conforme Paiva (2009) as dez espécies mais exploradas no estado do Pará somaram 52% do volume total (1.839.305m), destacando-se a maçaranduba (12,7% com 451.036m), e as espécies restantes somaram 1.712.163m, ou seja, 48%.

A madeira de Maçaranduba é muito pesada, com alta retratibilidade volumétrica e resistência mecânica de média a alta. Possui alta durabilidade natural. Massa específica aparente (15% de umidade): 1,04 g/cm³ - 1.040 kg/m³ e básica: 0,85 g/cm³ - 850 kg/m³ (EMBRAPA, 2011). Sua madeira é moderadamente difícil de cortar e aplainar, porém fácil de tornejar e colar. Tendência a rachar se pregada ou parafusada sem furação prévia. Recebe bom acabamento, pintura, verniz, lustro e emassamento. O uso é variado como em construções civis externas como estruturas de pontes, moirões, postes, estacas, defensas, dormentes, cruzetas; partes internas em construção civil como molduras, tacos e tábuas de assoalho, vigas, caibros, ripas, marcos ou batentes de portas e janelas; obras hidráulicas, etc.

Sistema DOF

O Documento de Origem Florestal – DOF, instituído pela Portaria/MMA/ nº.253, de 18 de agosto de 2006 e regulamentado pela IN/IBAMA/no 112/2006, constitui-se licença obrigatória para o controle do transporte e armazenamento de produtos e subprodutos florestais de origem nativa, contendo as informações sobre a procedência desses produtos e subprodutos.

Por ser uma ferramenta de gestão florestal, utilizada pelos estados brasileiros, ela estabelece um retrato do setor florestal de base nativa. Isso por que, todas as informações de operações feitas por aqueles que utilizam o sistema, empresários e servidores, ficam registradas em sua base de dados.

O referido sistema possui atualmente cinco tipos de autorizações: (1) Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS, (2) Uso alternativo do solo, (3) Autorização de supressão da vegetação (ASV) – Licenciamento, (4) Exploração em florestas plantadas e (5) Corte de árvore isolada.

As supracitadas autorizações passaram a depender de prévia homologação dos órgãos estaduais a partir de 2006. Isso por que, até março daquele ano, a gestão florestal competia ao governo federal, no entanto, com a alteração do art. 19 do Código Florestal, pelo art. 83 da Lei 11.284/2006, esta gestão passou a ser competência dos estados, exceto nos casos previstos nessa lei, como as florestas públicas de domínio da União, as Unidades de Conservação criadas pela União e os PMFS maiores que 50 mil ha.

Objetivo

Identificar através do sistema DOF a dinâmica da comercialização de madeira de Maçaranduba (*Manilkara huberi*) no Brasil oriunda de manejo florestal e de área de supressão de vegetação para uso alternativo do solo, os principais municípios de origem e de destino da espécie e os produtos ou subprodutos florestais mais comercializados.

Diagnosticar a sustentabilidade e tendências da exploração madeireira da espécie Maçaranduba (*Manilkara huberi*) entre os anos 2007 a 2010 através da análise da dinâmica de comercialização da espécie dos dados inseridos no Sistema DOF.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados de comercialização da espécie foram levantados a partir do banco de dados do Sistema DOF/IBAMA, desde janeiro de 2007 até dezembro de 2010, embora o DOF tenha sido instituído em setembro de 2006.

Foram consideradas as comercializações intra e interestadual. No entanto, no caso do Pará e de Rondônia, não se obteve acesso aos dados do seu sistema de controle, já que utilizam sistema próprio de

controle Florestal.

Do Sistema DOF, foram analisados os seguintes critérios: a) Consumo anual dos produtos florestais provenientes de manilkara huberi b) os principais municípios de origem e de destino da espécie; c) as principais autorizações emitidas pelos órgãos competentes; d) os produtos ou subprodutos florestais mais comercializados;

Cada autorização de exploração (Autex) corresponde a uma origem no Sistema DOF. Entretanto, para efeito do cômputo dos principais estados/municípios comercializadores de *Manilkara huberi*, os pátios de estocagens ou depósitos também foram considerados origens. Os dados de origens e destinos foram espacializados utilizando um sistema de informações geográficas. Além disso, foram utilizadas planilhas eletrônicas para tratamento das informações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo anual dos produtos florestais provenientes de manilkara huberi

Segundo (IBAMA, 2010), durante o período de 2007 a 2009 o Sistema-DOF registrou movimentação de 2.022 espécies de madeira em todo o País. A maçaranduba (*Manilkara huberi*) apareceu como a segunda mais movimentada com 1,3 milhão m³ (4,67%).

Os dados volumétricos anuais da *Manilkara huberi* apresentados na figura 02 mostram um crescimento do consumo entre os anos de 2007 a 2010. No entanto, quando se analisa os incrementos anuais neste mesmo período de crescimento observam-se comportamentos distintos entre os anos subseqüentes.

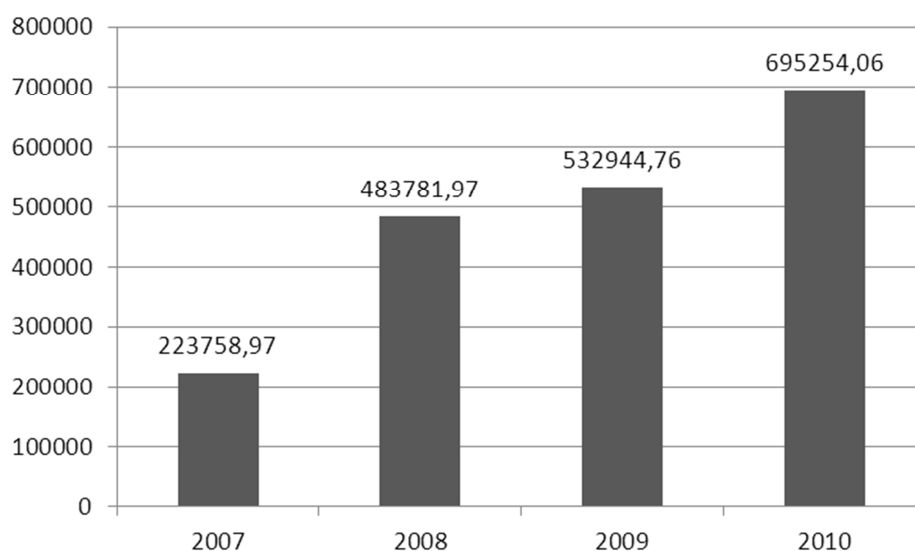


FIGURA 01: Consumo total anual da espécie Maçaranduba (*Manilkara huberi*) no Brasil em metros cúbicos.

FIGURE 01: Total annual consumption of *Manilkara huberi* in Brazil in cubic meters.

A análise do incremento anual de anos subseqüentes no período de 2007 a 2010 (TABELA 01) mostra uma queda percentual significativa, quando comparados os períodos de 2007-2008 em relação aos anos de 2008-2009 e 2009-2010 (TABELA 01).

As diversas medidas de incentivo ao mercado imobiliário, adotadas a partir do ano de 2004, e a injeção em 2007 de R\$ 5,2 bilhões para financiamento nas áreas de habitação pelo Programa de Aceleração do Crescimento – PAC pode ter contribuído para o incremento do consumo de *Manilkara huberi* em 116,21 % entre os anos de 2007 a 2008, uma vez que uma das principais destinações desta espécie é a construção civil. Os dados de consumo total dos principais materiais consumidos na atividade de construção civil (IBGE, 2011) confirmam esta hipótese sobre o aumento percentual.

TABELA 01: Incremento médio anual no consumo de Maçaranduba (*Manilkara huberi*) no Brasil

TABLE 01: Annual average increase on the consumption of Maçaranduba (*Manilkara huberi*) in Brazil

Período	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2007-2010
Incremento Volumétrico %	116,21%	10,16%	30,45%	52,27%

A crise financeira mundial, iniciada a partir de janeiro de 2008, indica que o significativo incremento do consumo de *Manilkara huberi* entre os anos de 2007 a 2008 deve-se primordialmente ao consumo do mercado interno.

A diminuição do incremento anual do ano de 2009 em relação ao ano de 2008 reflete os efeitos da crise financeira mundial no mercado interno, apesar da observação do aumento do consumo.

Os principais municípios de origem e de destino da espécie

A *Manilkara huberi* foi comercializada principalmente por seis dos nove estados que compõe a Amazônia legal, Pará, Roraima, Amazonas, Amapá, Maranhão e Rondônia, como se observa na tabela 1. Juntos transacionaram 83,8% de todo o produto oriundo dessa espécie. O Pará é o principal estado de origem, pois, sozinho comercializou um pouco mais de 58% de todo volume transportado.

TABELA 2: Estados de origem, volumes e percentual do comercio *Manilkara huberi*.no Brasil.

TABLE 2: Volume and percentage of trade from the main States of origin of *Manilkara huberi* in Brazil.

UF Origem	Volume (m ³)	(%)
PA	1.063.595,08	58,15
RR	140.557,08	7,68
AM	124.417,07	6,80
CE	106.573,49	5,83
AP	99.623,40	5,45
MA	87.293,68	4,77
RO	85.195,66	4,66

O Ceará, com aproximadamente 6% de todo volume comercializado, ocupa o quarto lugar na lista dos estados produtores mais significativos. Isso acontece porque considerou-se como origem, além das autorizações de exploração florestal, os pátios de estocagens e depósitos. Além disso, o aludido estado é um dos principais consumidores de *Manilkara huberi* do Brasil, tendo um elevado comércio interno, o que explicaria sua presença entre os produtores.

Dentre as 10 unidades municipais mais importantes na comercialização da Maçaranduba, nove são do estado do Pará. Paragominas, Santarém e Belém são os mais representativos desse estado (vide tabela 2). O município de Porto Grande no Amapá aparece como a sexta origem, com 69.247,28 m³ comercializados.

TABELA 3: Os 10 principais municípios de origem, volumes e percentual do comercio *Manilkara huberi* no Brasil

TABLE 3: Top 10 municipal suppliers, trade volume and percentage of *Manilkara huberi* in Brazil

Município Origem	UF Origem	Volume (m ³)	(%)
Paragominas	PA	136.787,60	7,07
Santarém	PA	134.816,80	6,96
Belém	PA	88.640,52	4,58
Moju	PA	77.129,76	3,98
Tome-Açú	PA	74.459,86	3,85
Porto Grande	AP	69.247,28	3,58
Tailândia	PA	58.650,25	3,03
Benevides	PA	45.860,72	2,37
Santa Barbara do Para	PA	45.704,27	2,36
Ulianópolis	PA	44.021,12	2,27

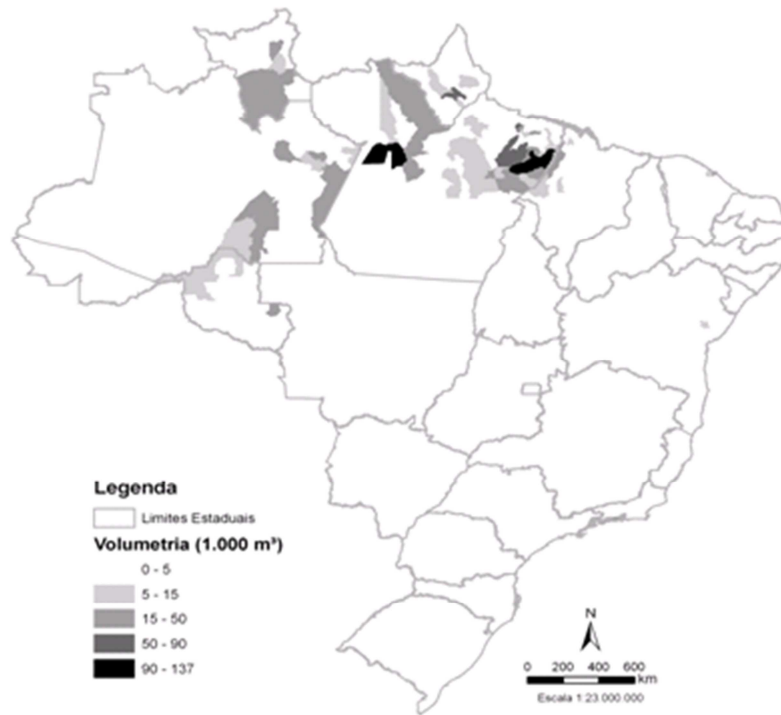


FIGURA 2: Mapa dos principais municípios de origem da comercialização de *Manilkara huberi* no Brasil.

FIGURE 2: Map of the main municipal suppliers of *Manilkara huberi* trade in Brazil.

No que tange o consumo da referida espécie, identificou-se que Minas Gerais, Bahia, Ceará, Rio de Janeiro e Sergipe são respectivamente os principais consumidores da madeira oriunda do Pará, segundo o que mostra a tabela abaixo.

TABELA 3: Os principais consumidores de *Manilkara huberi* oriunda do Estado do Pará.
TABLE 3: Main consumers of *Manilkara huberi* deriving from the State of Pará – Brazil.

UF Destino	Volume	%
MG	219.356,81	20,62
BA	204.779,98	19,25
CE	176.425,05	16,58
RJ	120.411,97	11,32
SE	74.914,50	7,04

Quanto aos principais municípios consumidores, Fortaleza foi destino de 5,81% dos DOFs emitidos de Maçaranduba, aproximadamente o dobro do estado do Rio de Janeiro, segundo maior consumidor. Essa informação ratifica o que foi dito alhures, quando foi comentado que o Ceará estava presente entre as origens mais importantes, pois se Fortaleza é um grande consumidor então, possivelmente, o comércio interno tende a ser expressivo.

Essa mesma análise pode ser usada para o estado do Amapá, que aparece tanto entre os principais municípios de origem quanto entre os de destino.

TABELA 4: Os principais municípios consumidores de *Manilkara huberi* no Brasil.
 TABLE 4: Main municipal consumers of *Manilkara huberi* in Brazil.

Município de Destino	Volume	%
Fortaleza	112.406,67	5,81
Rio de Janeiro	57.027,97	2,95
Belo Horizonte	54.520,60	2,82
Feira de Santana	51.968,25	2,68
Porto Grande	43.015,92	2,22
Aracaju	41.663,06	2,15
Maceio	38.979,63	2,01
Maracanau	37.320,27	1,93
Belem	31.404,04	1,62
Itacoatiara	29.120,07	1,50
Natal	26.586,62	1,37



FIGURA 3: Mapa dos principais municípios de destino de comercialização de *Manilkara huberi* no Brasil.

FIGURE 3: Map of the main municipalities of destination of *Manilkara huberi* traded in Brazil.

As principais autorizações emitidas pelos órgãos competentes

A análise deste tópico desconsiderou pátios de estocagens ou depósitos, pois visou identificar apenas os tipos de autorizações de exploração emitidas pelos Órgãos Ambientais competentes. Assim, a exploração de *Manilkara huberi* foi assentada a partir de três dos cinco tipos de autorizações existente no Sistema DOF: Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), Uso alternativo do Solo e Autorização de Supressão da Vegetação-ASV (emitida em processos de licenciamentos).

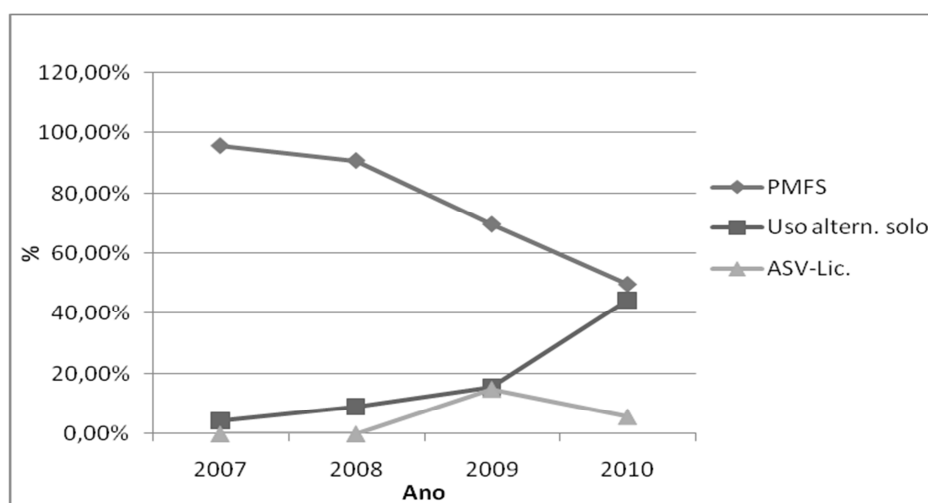
Do ano de 2007 até 2010, 155.259,04 m³ de Maçaranduba foram autorizados. Desses, 60% são procedentes de PMFS, 33,57% são de Uso alternativo do Solo e 6,4% são de ASV (vide tabela).

Observa-se, tabela 5, um alto incremento no volume autorizado. Entre as possíveis causas desse incremento estão: o aumento da demanda da espécie no mercado florestal, a diminuição da procura por outras espécies com características fenotípicas similares e um maior acompanhamento e controle dos volumes autorizados, com advento do Sistema DOF.

TABELA 5: Volume anual autorizado para a espécie *Manilkara huberi* discriminado por tipo de autorização concedida.TABLE 5: Annual authorized volume of *Manilkara huberi* by authorization type.

Autorização	2007	2008	2009	2010	Volume total (m ³)
PMFS	14.122,99	8.478,34	18.614,17	52.135,13	93.350,63
Uso altern. solo	618,21	843,95	4.112,64	46.646,23	52.221,03
ASV-Lic.		5,00	3.974,16	5.978,22	9.957,38
Total geral	14.741,21	9.327,29	26.700,96	104.759,58	155.529,04

Atualmente a exploração da espécie em questão pode ser considerada como parcialmente sustentável uma vez que 60% do total de volume autorizado são de plano manejo florestal sustentável. No entanto, a Figura 04 mostra que a participação volumétrica percentual anual autorizada em Planos de Manejo Florestais Sustentáveis decresceu com o passar dos anos, enquanto que a participação volumétrica percentual anual autorizada em processos de Uso Alternativo do Solo cresceu de valores próximos a 10% para pouco mais de 40% nesse mesmo período.

FIGURA 04: Participação percentual anual dos diferentes tipos de autorização para espécie Maçaranduba (*Manilkara huberi*) no Brasil.FIGURE 04: Annual percentage of different exploration authorization types for *Manilkara huberi* in Brazil in cubic meters.

A análise da Tabela 6 mostra que os volumes provenientes de PMFS tiveram taxas de incremento inferiores às de Uso Alternativo do Solo. As maiores taxas foram observadas entre os anos de 2009 e 2010, onde o incremento nas autorizações de uso alternativo do solo foi de 1.034,22%, enquanto que nas de PMFS foi de apenas 180,08%, mais de cinco vezes menor.

TABELA 6: Incremento percentual anual no volume autorizado para a espécie *Manilkara huberi* discriminado por tipo de autorização concedida.TABLE 6: Annual increase rates of authorized volume of *Manilkara* authorization *huberi* by type of

Ano	PMFS	Uso altern. solo
2007-2008	-39,97%	36,52%
2008-2009	119,55%	387,31%
2009-2010	180,08%	1034,22%

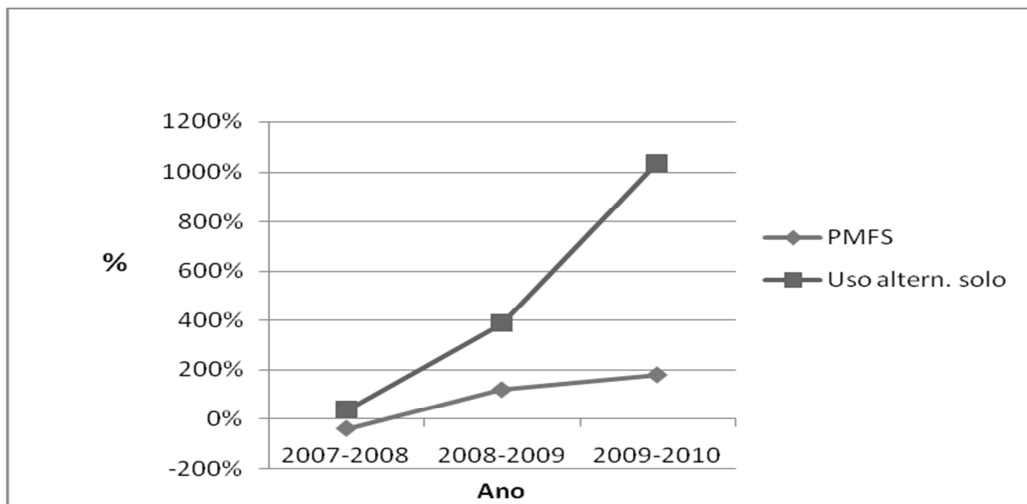


FIGURA 05: Incremento percentual anual no volume autorizado para espécie *Maçaranduba (Manilkara huberi)* no Brasil.

FIGURE 05: Annual increase rate of authorized volume of *Manilkara huberi* in Brazil.

Produtos e Subprodutos Florestais mais comercializados

O art. 22, do Decreto nº 5975/2006, especificamente nos incisos I e II, define o que são produtos florestais e subprodutos florestais para efeito de controle do transporte e do armazenamento de produtos e subprodutos florestais de origem nativa. Segundo seus ditames, produto florestal é aquele que se encontra em seu estado bruto e subproduto florestal aquele que passou por processo de beneficiamento.

Considerando essa normativa, verificou-se que, conforme a Figura 06, a madeira serrada (viga) e a madeira serrada (caibro) foram os produtos mais comercializados, representando juntos 58,58% de todo produto florestal comercializado. Poder-se-ia inferir que a *Maçaranduba* tem como seus principais destinos a construção civil.

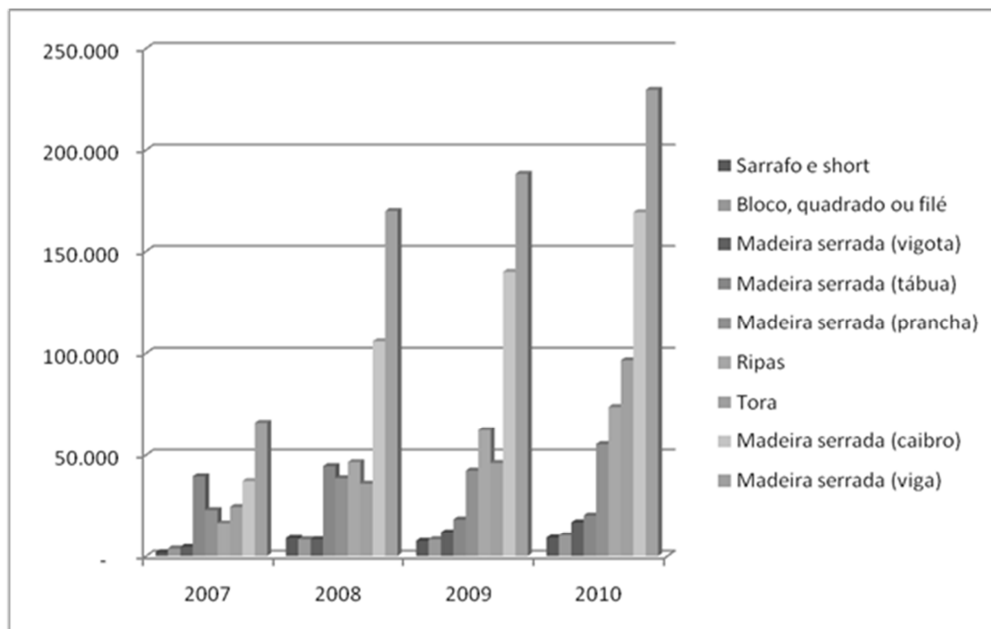


FIGURA 06: Gráfico dos principais produtos e subprodutos da *Maçaranduba (Manilkara huberi)* comercializados no Brasil.

FIGURE 06: Chart of the main products of *Maçaranduba (Manilkara huberi)* commercialized in Brazil.

É interessante observar que o incremento no comércio de tora de 2009 para 2010 foi maior, quando comparado aos outros anos e aos demais produtos. Esse incremento foi de 109,98%, enquanto que para o de madeira serrada (vigota), segundo maior incremento, foi de 41,98%.

Visto que a Maçaranduba tem um alto valor comercial no mercado brasileiro, quando comparada a outras espécies, grande parte do volume explorado é comercializado na forma de toras. Isso explica esse incremento significativo no período de 2009 a 2010, já que o volume autorizado nesse mesmo período sofreu seu maior incremento.

De todos os subprodutos florestais da Maçaranduba a madeira serrada na forma de tábua foi a que apresentou maior decréscimo no consumo, sendo o período de 2008 a 2009 a que registrou a maior queda (58,91%), mantendo-se estável no ano seguinte.

CONCLUSÕES

O consumo de *Manilkara huberi* é parcialmente sustentável, dado que o maior volume e a maioria dos processos autorizativos de exploração da espécie são originários de processos de plano de manejo florestal sustentável.

No entanto, o aumento de volume e o grande incremento anual de fontes não sustentáveis de exploração da *Manilkara huberi* apontam a necessidade de estabelecer políticas públicas que fomentem a atividade mais sustentáveis, como os PMFS, para atendimento à demanda futura da espécie.

Mediante o crescimento da demanda pela espécie *Manilkara huberi*, a opção pelo uso de fontes não sustentáveis na exploração da Maçaranduba decorre, entre outros fatores, de procedimentos mais simplificados de licenciamento florestal para supressão de vegetação em relação aos de plano de manejo florestal.

A região norte do Brasil deve ser o principal alvo de políticas de incentivo ao PMFS. Nessa região, o estado do Pará necessita de especial atenção na implementação de ações para exploração de Maçaranduba, uma vez que 58% de todo o volume são oriundos dessa unidade da federação.

Visto que os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia e Ceará juntos são responsáveis por 67,77% do consumo da espécie no país, as ações de monitoramento da comercialização da *Manilkara huberi* deverão focar as regiões sudeste e nordeste.

Os órgãos do meio ambiente componentes do SISNAMA devem reforçar ações de comando e controle sobre os subprodutos de *Manilkara huberi* que serão utilizados no setor da construção civil nos 11 municípios apontados na tabela 04, já que a viga e caibro representam 58% dos produtos comercializados no país.

O Sistema DOF se mostrou como uma excelente ferramenta de gestão para análises da dinâmica da comercialização da espécie *Manilkara huberi*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO V.C. R. et al. **Desenvolvimento e Aplicação de Marcadores Microsatélites em Maçaranduba (*Manilkara huberi*)**. 2005

<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=../biotecnologia>.

BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia**. 2009. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, - Santa Maria. 200 f.: il.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Maçaranduba - Características Gerais da Espécie *Manilkara huberi***. 2011 http://dendro.cnptia.embrapa.br/Agencia1/AG01/arvore/AG01_64_309200411813.html

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Disponível em: www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm. Acesso em: 27 Set. 2011

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **DOF: Informação estratégica para a gestão florestal no Brasil: período 2007-2009**. Brasília/DF, 2010.

PAIVA, C. VILLAS-BÔAS; **Análise da produção madeireira do estado do Pará**. 2009, Monografia Apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Departamento de Recursos Naturais Centro de Tecnologia Madeira. **Pesquisa e Informações sobre espécies**. Belém, 1979.

SEGURANÇA NO TRABALHO FLORESTAL E SUSTENTABILIDADE DO MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA NO ESTADO DE MATO GROSSO

OCCUPATIONAL SAFETY AND SUSTAINABILITY OF FOREST MANAGEMENT IN THE AMAZON FOREST IN THE STATE OF MATO GROSSO

Marcos Antônio Camargo Ferreira¹; José Imaña-Encinas².

RESUMO

Nas últimas décadas, o uso de coerentes critérios e indicadores para avaliar a sustentabilidade do manejo florestal se tornou cada vez mais importante. O presente trabalho avaliou verificadores de sustentabilidade relativos a segurança no trabalho em 20 áreas sob planos de manejo florestal sustentado, localizadas na região norte do Estado de Mato Grosso. Foi utilizada a metodologia de critérios e indicadores previstos na legislação federal. Os verificadores de sustentabilidade relativos ao item segurança ficaram subdivididos em quatro tópicos: 1) avaliação de uso e existência de equipamento de proteção individual (EPIs) para funcionários florestais; 2) procedimentos de segurança no trabalho; 3) providências gerais de segurança no trabalho florestal, e 4) sinalização, avaliados conforme procedimentos descritos na Norma de Execução nº 1 de 2006 do Ibama. Os resultados deste trabalho indicam que as atividades de manejo relacionadas a segurança no trabalho se encontram no patamar "potencialmente insustentáveis". Estes resultados apontam setores em que políticas públicas podem concentrar suas ações no sentido de melhorar aspectos da segurança no trabalho do trabalhador florestal.

Palavras-chave: verificadores de sustentabilidade; planos de manejo florestal; exploração florestal.

ABSTRACT

In recent decades, the use of consistent criteria and indicators for sustainable forest management has become increasingly important. The present study checks sustainability relating to safety at work in 20 areas under sustainable forest management plans, located in northern Mato Grosso. The methodology of criteria and indicators provided in Federal law. For this work was used the checkers sustainability of forest management plans relating exclusively to these security items subdivided into four topics: 1) evaluation of use and availability of personal protective equipment (PPE) to forest officials, 2) security procedures at work, 3) general security measures in forestry work and 4) signaling, assessed according to procedures described in Rule Execution No. 1, 2006 IBAMA. The results of this study indicate that the management activities related to safety at work are at a level "potentially unsustainable." These results indicate sectors in which public policies can focus its action to improve aspects of safety of forest workers.

Keywords: sustainability checkers; forest management plans; forest exploitation.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o uso de coerentes critérios e indicadores para avaliar a sustentabilidade do manejo florestal se tornou cada vez mais importante. Pode-se definir que os critérios e indicadores (C&I) são conceitos chaves no desenvolvimento de sistemas efetivos de informação e comunicação que se apresentam como marco referencial para definir, monitorar e avaliar o manejo florestal sustentável conforme foi descrito por Pokorny e Adams (2003). Os mesmos servem por tanto como componentes estruturadores de uma variedade de instrumentos relacionados com o uso e manejo do recurso. Assim, para o planejamento florestal os C&I permitirão inclusive desenvolver propostas e instrumentos de políticas públicas.

Este trabalho de avaliação baseou-se no fato de que o trabalho na exploração e transporte florestal, na maioria dos países, se constitui em uma atividade do setor industrial muito perigosa, e sua segurança não deve ser considerada como última medida a ser levada em conta. A segurança do trabalho florestal deve começar a partir de normas em âmbito nacional a serem rigorosamente seguidas em nível de empresa e no local de trabalho conforme recomendações de Yamashita (2005). As avaliações dos princípios de sustentabilidade da atividade de manejo florestal realizado sobre as 20 áreas de manejo selecionadas relativas às atividades de segurança fazem parte do princípio de sustentabilidade nº 5 da ABNT 15789.

Reconhecendo a experiência da EMBRAPA e sua parceria com o CIFOR, no desenvolvimento de

¹ Engenheiro Florestal, M.Sc, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, UnB, Universidade de Brasília - Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, IBAMA-SEDE. Caixa Postal: 09566, CEP: 70818-900, Brasília (DF). email- marcos.ferreira@ibama.gov.br

² Engenheiro Florestal, Dr. Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Caixa Postal 04357, CEP 70919-970, Brasília (DF). imana@unb.br

critérios e indicadores para a avaliação da adoção do manejo florestal sustentável, foi estabelecida uma parceria adicional entre essas instituições e o IBAMA, no âmbito do Projeto Bom Manejo (EMBRAPA/IBAMA, 2006) no escopo de desenvolver procedimentos de campo orientados à vistoria de Planos de Manejo Florestal Sustentável, e correspondente emissão dos respectivos Laudos de Avaliação. Assim, para avaliar cada etapa e cada aspecto importante da cadeia do manejo florestal foram definidos 140 verificadores. Para cada um destes verificadores foi desenvolvida uma correspondente metodologia de avaliação em campo como também limites quantitativos para facilitar a interpretação das informações levantadas com respeito à avaliação final das operações. Estes verificadores foram corporificados na Legislação Federal através da Norma de Execução do nº 1 do IBAMA publicado no Diário Oficial da União em 18 de dezembro de 2006. O presente trabalho analisou a obediência dos verificadores relativos à segurança por parte das pertinentes empresas florestais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em 2008 em 20 áreas de manejo florestal de propriedade privada, submetidas às exigências do sistema de manejo florestal do IBAMA, aplicando os critérios e indicadores previstos na Norma de Execução nº 1 do IBAMA de 2006 (BRASIL, 2007). Estas áreas estão localizadas nos municípios de Alta Floresta, Aripuanã, Colniza, Cotriguaçu, Marcelândia, Nova Bandeirantes, Nova Ubiratan, Paranaíta, Peixoto de Azevedo e São Félix do Araguaia, na região norte do estado de Mato Grosso (Figura 1). Embora se encontrem em um estado da região do centro-oeste brasileiro, todas as 20 áreas de manejo, se localizam em região de domínio da floresta amazônica, com clima predominantemente equatorial, densidade populacional variando entre 1 e 3 habitantes/ha. Consequentemente as unidades de manejo estão localizadas na bacia amazônica, com exceção das unidades de números 16 e 17 no município de São Félix do Araguaia, pertencentes à bacia Araguaia-Tocantins.

Para a avaliação da segurança dos trabalhadores florestais atuantes nos Planos de Manejo Florestal - PMF foram aplicados os verificadores previstos na legislação federal para este fim. Consequentemente foram utilizados os 19 verificadores de sustentabilidade dos planos de manejo florestal relativos exclusivamente ao item segurança (Tabela 1), que ficaram subdivididos em quatro áreas específicas: 1) avaliação de uso e existência de equipamento de proteção individual (EPI) para funcionários florestais; 2) procedimentos de segurança no trabalho; 3) providências gerais de segurança no trabalho florestal, e 4) sinalização.

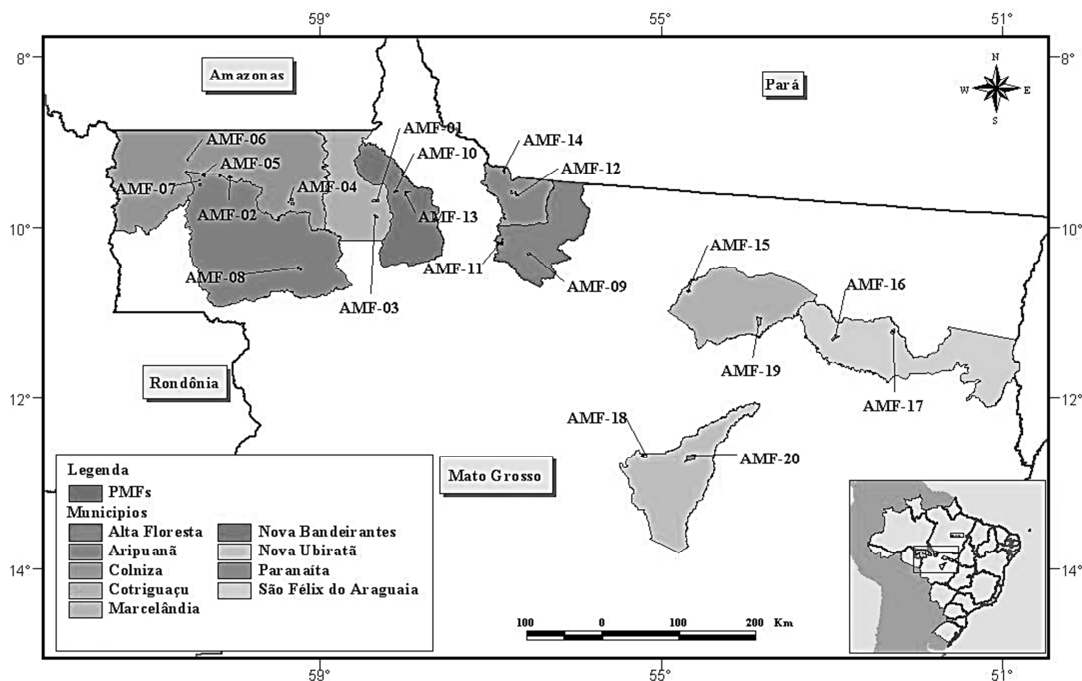


FIGURA. 1: Mapa de localização das 20 áreas de manejo florestal (AMF) no Estado de Mato Grosso.
FIGURE. 1: Location map of the 20 forest management areas (AMF) in Mato Grosso – Brazil.

Embora todos os verificadores possuam apenas duas possibilidades de resultado (sim ou não / atende ou não atende) para a correspondente análise estatística dos verificadores neste trabalho, foi estabelecida uma pontuação, a fim de definir uma escala MoFRUS de sustentabilidade.

TABELA 1: Verificadores de sustentabilidade do item infraestrutura.

TABLE 1: Checkers sustainability of infrastructure item.

Verificador	Especificação	Área específica
V 104	Para funcionários de campo, uso de (a) capacete, (b) botas ponta de aço cano curto e (c) perneira (ou botas bico de aço cano longo), (d) macacão (ou camisa longa e calça), (e) colete reflexivo de segurança e (f) facão com (g) bainha.	Uso de EPI
V 105	Para operadores de máquinas, uso de (a) capacete (b) com protetor auricular, (c) botas ponta de aço cano curto, (d) macacão (ou camisa longa e calça comprida), (e) colete reflexivo de segurança e (f) par de luvas.	Uso de EPI
V 106	Para ajudantes dos operadores de máquinas, uso de (a) capacete (b) com protetor auricular, (c) botas bico de aço cano curto, (d) macacão (ou camisa longa e calça comprida), (e) colete reflexivo de segurança, (f) um par de luvas, e (g) apito.	Uso de EPI
V 107	Para motosserristas, uso de (a) capacete com protetor facial e (b) auricular, (c) botas com ponta de aço cano curto e (d) perneira (ou botas cano longo), (e) camisa de manga longa, (f) calça comprida especial, (g) colete reflexivo de segurança, (h) facão com (i) bainha, (j) par de luvas, (l) apito.	Uso de EPI
V 108	Nas motosserras, segundo as normas do Ministério do Trabalho e Emprego: situação do (a) freio manual de corrente, (b) pino pega corrente, (c) protetores de mãos direita e (d) esquerda e (e) trava de segurança do acelerador.	Procedimentos de segurança
V 109	Antes do corte das árvores, abertura de dois caminhos de fuga em direções perpendiculares.	Procedimentos de segurança
V 110	Composição da equipe de derruba (um motosserrista e dois ajudantes).	Procedimentos de segurança
V 111	Segurança logística no corte das árvores.	Procedimentos de segurança
V 112	Aviso da queda da árvore a toda a equipe. No momento de início do corte. O ajudante sinaliza, preferencialmente com utilização de apito, o início da queda da árvore.	Procedimentos de segurança
V 113	Acompanhamento pelo responsável da segurança do trabalho.	Providências gerais
V 114	Disponibilidade de um veículo, para casos de emergência.	Providências gerais
V 115	As operações de abastecimento de combustível são realizadas por veículo próprio para esta finalidade e segundo a Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego.	Providências gerais
V 116	As operações de abastecimento de combustível são realizadas por equipe treinada para o procedimento.	Providências gerais
V 117	O detentor promove treinamento em primeiros socorros aos funcionários de campo, incluindo-se reciclagem de treinamentos (treinamentos periódicos) e obrigatório para novatos.	Providências gerais
V 118	As equipes de campo levam consigo estojos de primeiros socorros.	Providências gerais
V 119	O detentor mantém no acampamento uma pequena farmácia com remédios para combater as doenças mais comuns, bem como pessoas treinadas para recomendar medicamentos mais comuns.	Providências gerais
V 120	A área de manejo florestal do detentor possui um plano completo de segurança no trabalho, incluindo combate ao fogo, prevenção de acidentes, etc., que é devidamente executado com palestras periódicas da CIPA organizada segundo Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego.	Providências gerais
V 121	Existem sinais ou placas informando, em distância adequada, as áreas de risco e os cuidados a serem tomados, incluindo áreas onde as operações florestais estão acontecendo.	Sinalização
V 122	Todas as estradas principais e de acesso na propriedade estão sinalizadas segundo os regulamentos de trânsito.	Sinalização

A Medida de Uso dos Recursos Florestais na Escala da Sustentabilidade conhecida como MoFRUS foi proposta por Nunno (2010), trata de uma versão modificada da Escala da Sustentabilidade (Lourenço 2010). A escala MoFRUS (Measure Of Forest Resource-Use Sustainability Escala) mantém escala desempenho utilizada no conhecido Barômetro da Sustentabilidade. Conforme Lourenço (2010) o Barometer of Sustainability busca auxiliar na tomada de decisões por parte de agentes de desenvolvimento baseado na composição de várias variáveis e fazendo uso de uma escala de desempenho que padroniza as medições de todos.

Não obstante, ao invés de lidar apenas com dois subconjunto de entidades (por exemplo, bem-

estar social e ambiente saudável), como no Barômetro da Sustentabilidade a escala MoFRUS opera com três entidades dinâmicas, a ambiental, social e econômica. O resultado calculado do valor desses indicadores são plotados no eixo-x para registrar o real desempenho de cada conjunto de indicadores.

TABELA 2: Escala MoFRUS.
TABLE2: The MoFRUS scale.

<i>Segmento</i>	<i>Desempenho do Setor</i>			
Desenvolvimento Sustentável				100
Potencialmente Sustentável				80
Zona de Transição				60
Potencialmente Insustentável				40
Insustentável				20
Base Da Escala	Ambiental	Social	Econômica	0

O atendimento total do verificador foi considerado como atendimento da escala máxima de sustentabilidade. A pontuação máxima determinada para o atendimento em cada uma delas foi de 5 pontos (Tabela 2). O atendimento parcial ficou classificado na parte inferior da escala sendo considerado insustentável. Ao não atendimento ou impossibilidade de aplicação do verificador foi atribuído 0 (zero) ponto.

TABELA 3: Peso na análise dos verificadores.
TABLE3: Weightof checkersin the analysis.

<i>Critério de avaliação</i>	<i>Pontuação</i>
Atendimento 100%	5
Atendimento parcial	1
Impossibilidade de aplicação do verificador	0

A avaliação da aplicabilidade foi feita através da adaptação da escala proposta pelo IEM (2001) adaptada por Nunno (2010). A Escala de Avaliação de Aplicabilidade de Verificador ficou numa escala graduada de 0 a 100. Com classificações graduada a cada 25 pontos distribuídos em: muito aplicável, aplicável, pouco aplicável e não aplicável. Para o estudo presente a avaliação foi considerada apenas o percentual de vezes em que o verificador pôde ser aplicado nas áreas de manejo.

O resultado da aplicação de cada verificador foi plotado na escala MoFRUS (Medida de Uso dos Recursos Florestais na Escala da Sustentabilidade). O resultado calculado do valor dos indicadores ficou representado no eixo-x para registrar o real desempenho de cada verificador.

Um verificador, pode segundo Nunno (2010) ser mensurado pela equação:

$$(AP_1 - \text{Min}T_{\text{lim}} / \text{Max} T_{\text{lim}} - \text{Min}T_{\text{lim}}) \cdot 100$$

As variáveis foram definidas como:

AP = nível de desempenho real. Este é o nível de desempenho do indicador observado em campo ou registrado. Ele aponta para uma situação clara do que acontece na AMF.

MinT_{lim} = Limite mínimo. Este foi o nível abaixo do qual a exploração dos recursos terá um impacto desejado sobre o meio ambiente. É a forma de maior degradação ambiental possível, sendo atribuído valor igual a 0 (zero) neste trabalho.

Max.T_{lim} = limiar máximo, neste caso o objetivo desejado e necessário para colocar o sistema em equilíbrio (sustentabilidade) ambiental no espaço de sustentabilidade. O limite máximo é um objetivo do manejo ou política, neste trabalho possui valor igual a 100 (cem) que seria o valor atingido caso em todas as áreas de manejo florestal fossem detectado o total atendimento as normas de segurança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a Organização Internacional do Trabalho (YAMASHITA e POSCHEN 1998), as operações florestais se realizam, muitas vezes, em áreas remotas, que se encontram dispersas, mudam de localização com frequência e têm o trabalho feito por pequenos grupos de trabalhadores. Tudo isso contribui para que o completo cumprimento das disposições legais seja mais difícil do que em muitos

setores da economia.

Após uso da escala de aplicabilidade de verificadores convencionada pelo IEM (2001), para efeito deste trabalho, os verificadores 110 e 112, foram considerados não aplicáveis, e não serão utilizados nas análises, pois os mesmo foram aplicados em menos de 25% das AMF.

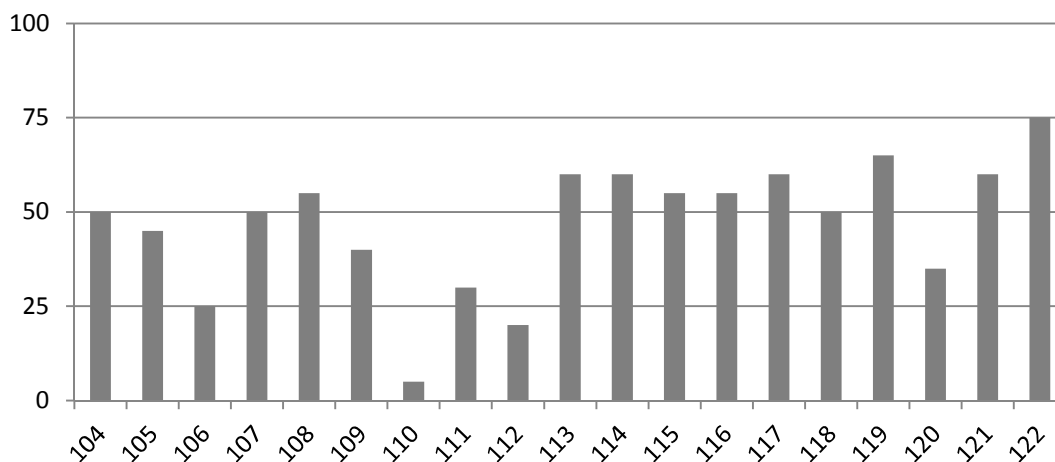


FIGURA 2: Gráfico de Aplicabilidade de verificador, 25<50 pouco aplicável, 50,1<75 aplicável e de 75,1<100 muito aplicável.

FIGURE 2: Applicability Chart Checker, 25 <50 hardly applicable, 50.1 <75.1 and 75 apply <100 very applicable.

TABELA 3: Resultados da avaliação dos verificadores de segurança no trabalho em 20 AMF.

TABLE3: Results of the evaluation of the occupational safety verifiers in 20 AMF.

104	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	10
105	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	9
106	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5
107	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	10
108	0	5	5	5	0	5	0	5	5	0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	55
109	0	0	5	5	0	5	0	5	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	24
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
111	0	0	5	5	0	5	0	5	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	26
112	0	0	5	5	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
113	0	5	5	1	0	5	1	5	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	28
114	0	5	5	5	0	1	5	5	5	0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	56
115	0	1	1	1	0	1	1	1	5	0	5	1	5	5	0	0	0	0	0	27
116	0	1	1	1	0	1	1	1	5	0	5	1	5	5	0	0	0	0	0	27
117	0	1	1	1	0	1	1	5	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	16
118	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	5	1	5	5	1	0	0	0	0	22
119	0	5	5	5	0	5	5	5	1	0	5	1	5	5	1	0	0	1	0	49
120	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	5	1	1	0	0	1	0	11
121	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	12
122	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	15
totais	1	25	45	40	1	40	16	49	29	1	37	23	47	39	23	1	1	3	1	1

Os verificadores 104, 105, 107, 109, 111, 118 e 120 foram considerados pouco aplicáveis. Todos os demais foram considerados aplicáveis. Importante ressaltar que a aplicabilidade do verificador está diretamente ligada ao percentual de vezes que este foi aplicado. No caso de segurança no trabalho, foi necessário sua aplicação em trabalhadores na AMF durante o correspondente efetivo desenvolvimento de suas respectivas tarefas.

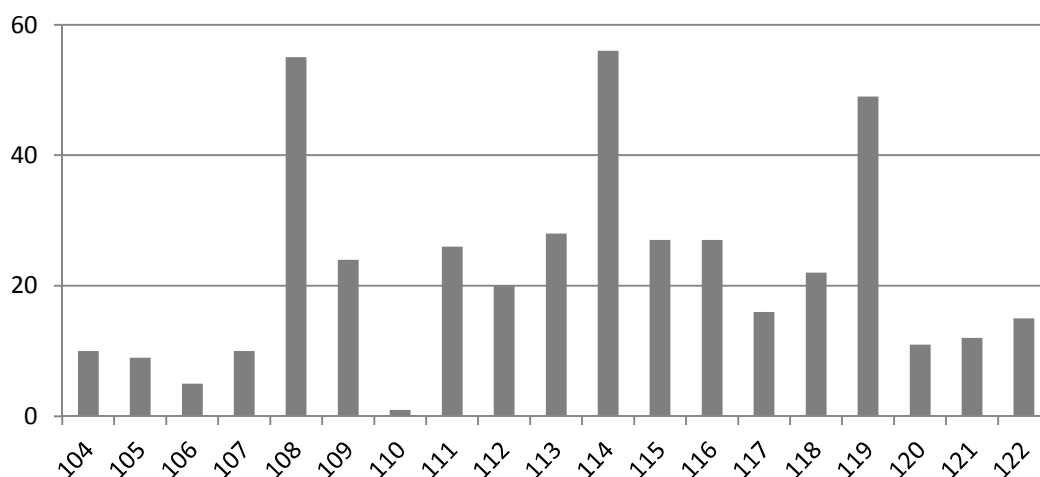


FIGURA. 3: Gráfico das atividades de segurança no trabalho na escala MoFRUS ; 0<20 insustentável, 20<40 potencialmente insustentável; 40<60 em transição;60<80 potencialmente sustentável; 80<sustentável.

FIGURE. 3: Graph of thesecurity activitiesat work inMoFRUSSscale, with 0 <unsustainable 20, 20<40 potentiallyunsustainable;40<60 transition, 60 <80 potentiallysustainable; 80<sustainable.

Dentre os verificadores aplicados, o que obteve melhor resultado foi o verificador número 114, que faz checar a disponibilidade constante de um veículo próximo às operações de campo, para casos de emergência. Os itens do método de checagem foram integralmente atendidos em 55% das AMF, parcialmente atendidos em 40%.

O segundo verificador com melhor desempenho foi o referente aos itens de segurança das motosserras. Os itens de segurança foram integralmente constatados em 55% das áreas de manejo, e parcialmente atendidos em 45%, demonstrando de certa forma uma preocupação por parte dos fabricantes de motosserras no cumprimento de normas de segurança do trabalho. Segundo Nogueira (2010) as motosserras tem sido reportadas como o equipamento com maior índice de acidentes associados no mundo, e no caso deste estudo, nenhum acidente com motosserra foi relatado nos últimos 3 anos.

Os motosserristas avisaram toda a equipe do momento de início do corte de abate. O ajudante sinalizou, preferencialmente com a utilização de um apito, o início da queda da árvore. Embora todos os quesitos do método só tenham sido cumpridos integralmente em 20% das áreas de manejo, ele foi parcialmente cumprido em 80% das áreas. Esta situação aponta necessidade de mais aperfeiçoamento em uma atividade já existente, que para sua completa implantação propriamente dita.

A equipe espera em local seguro e distante da operação de derruba enquanto o motosserrista corta as árvores conforme o verificador 111, em 25% das áreas amostradas. Em 5% das áreas, foi observado apenas o atendimento parcial do verificador e em 70% não foi possível aplica-lo.

As equipes de abate abriram no mínimo dois caminhos de fuga conforme verificador 109, em direções perpendiculares em 20% das áreas verificadas. Essa atividade foi parcialmente cumprida com abertura de apenas um caminho ou aproveitamento de trilhas pré-existentes em 60% das propriedades.

Em 20% das AMF, as operações de abastecimento de combustível prevista no verificador 115, foram realizadas por veículo próprio para esta finalidade conforme previsto no verificador. Em 45% das verificações o item foi considerado parcialmente cumprido. Exatamente o mesmo resultado foi inferido ao verificador 116, que diz respeito à existência de equipe treinada para o procedimento de operações de abastecimento de combustível, sugerindo aqui, até certo ponto a possibilidade de unificação dos verificadores.

A existência de estojos de primeiros socorros conforme previsto no verificador 118, levados a campo pelas equipes com materiais mínimos foi constatado considerando integralmente cumprida em 15% das AMF, parcialmente em 50% delas.

Em 20% das áreas, o responsável pela segurança do trabalho (verificador 113) acompanhou periodicamente as operações de campo, segundo a Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego. Essa observação foi considerada parcialmente atendida em 40% das propriedades e inexistente em 40% delas.

As pessoas não qualificadas, por serem novas no setor ou por terem sido encarregadas de novas tarefas, ficaram muito mais expostas a sofrer acidentes. Portanto, um bom treinamento deveria obrigatoriamente fazer parte integrante da política de segurança da empresa. Apenas uma das AMF (5%) possui um plano completo de segurança no trabalho, incluindo combate ao fogo, prevenção de acidentes, etc. Nela também foram devidamente executadas palestras periódicas da Comissão Interna de Prevenção

de Acidentes organizada segundo Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego. Em 75% das empresas o atendimento ao verificador foi parcial. Para Cavalcanti (2002), um funcionário treinado que tende a receber condições de trabalho e alojamento dignas, tenderá também a produzir melhor, de outro, o empresário, por sua vez, certamente fará uso dos métodos de avaliação do seu pessoal em geral, a fim de garantir o constante aumento de produtividade e do lucro. O que acarretará na melhoria de qualidade de todas as outras atividades.

O verificador nº 105 foi usado para levantar se os operadores de máquinas usavam EPIs. Foi considerado insatisfatório em todas as áreas amostradas, sendo parcialmente atendido em 75% delas e inexistente no restante.

O uso de EPI por funcionários de campo conforme verificador 104, obteve resultado preocupante. Foi considerado insuficiente em todas as Áreas de Manejo, e parcialmente cumprida em apenas 50% delas. O mesmo percentual é obtido quando é avaliado se todos os motosserristas usavam os EPIs recomendáveis. Insuficiente em todas as áreas e parcialmente atendido em 50%.

Apenas uma empresa (5%) promoveu treinamento em primeiros socorros aos funcionários de campo, incluindo-se reciclagem de treinamentos (treinamentos periódicos) e obrigatório para novatos conforme o verificador 117. Outras oito empresas (40%) atenderam parcialmente este verificador. Segundo a OIT, os resultados do treinamento deveriam ser submetidos à prova para assegurar que os trabalhadores estão à altura da tarefa a eles destinada e que são capazes de realizá-la sem perigo para eles mesmos, para outras pessoas e para o ambiente de trabalho. Os resultados desses exames deveriam ser registrados, certificados e notificados. Sabogal et al. (2005) destacam que é mais importante para a adoção de práticas sustentáveis o número total de trabalhadores e técnicos treinados do que o número de engenheiros.

Em nenhuma área amostrada o verificador relativo à existência de sinais ou placas informativas sobre a distância foi adequada. As áreas de risco e os cuidados a serem tomados (verificador 121), incluindo áreas onde as operações florestais estavam acontecendo, foi considerado satisfatório. Em apenas 35% delas foi considerado parcialmente cumprida. Finalmente aplicando os procedimentos relativos ao verificador nº122, que checkou se todas as estradas principais e de acesso na propriedade estavam sinalizadas segundo os regulamentos de trânsito, foi considerado Insuficiente em todas e apenas parcialmente cumprida em 25% das áreas amostradas.

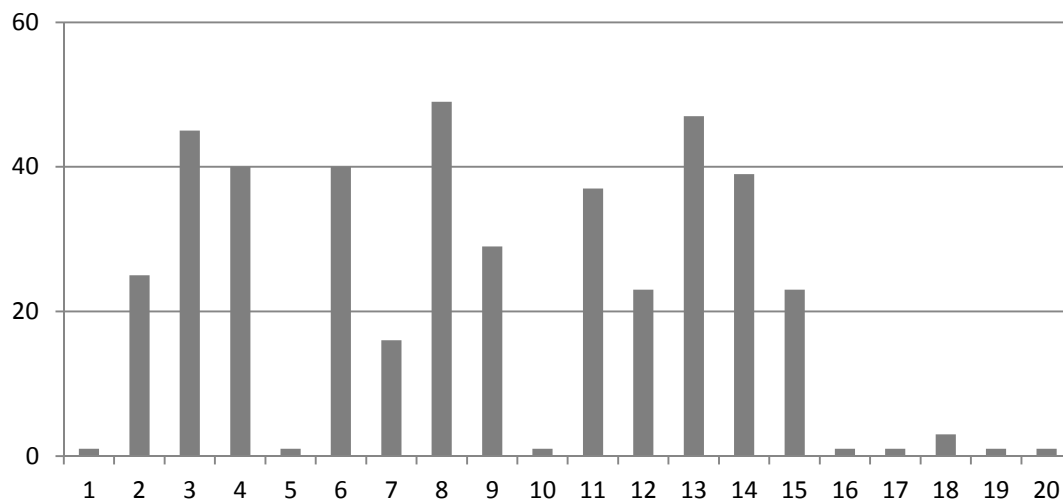


FIGURA. 4: Gráfico das AMFs de desenvolvimento das atividades de segurança no trabalho na escala MoFRUS ; 0<20 insustentável, 20<40 potencialmente insustentável; 40<60 em transição;60<80 potencialmente sustentável; 80< sustentável.

FIGURE. 4: Graph of AMFs development activities in occupational safety MoFRUS scale, with 0 <unsustainable 20, 20 <40 potentially unsustainable; 40 <60 transition, 60 <80 potentially sustainable; 80 <sustainable.

Em cinco das AMF, (3, 4, 6,8 e 13) a atividades de segurança no trabalho atingiram a faixa de transição entre potencialmente sustentável e potencialmente insustentável. Houve concentração de AMFs consideradas insustentáveis na região nordeste do estado (16, 17, 18,19 e 20) indicando a necessidade de trabalhos de extensão florestal e monitoramento dos órgãos ambientais na região.

CONCLUSÕES

Os verificadores de sustentabilidade do manejo florestal foram construídos de maneira a avaliar apenas a AMF que se encontra em atividade de exploração. As atividades de exploração ocorreram

durante curto período de tempo em relação ao ciclo de corte. Há necessidade premente de se criar verificadores para avaliação de áreas de manejo que se encontravam fora do período de exploração, sob a pena de avaliação negativa em função de poucos verificadores a serem utilizados.

A segurança do trabalho nas atividades florestais é um pré-requisito para o manejo florestal ambientalmente adequado e para a boa utilização dos recursos naturais. Os resultados deste trabalho indicam que as atividades de manejo relacionadas a segurança no trabalho se encontram no patamar “potencialmente insustentáveis”. Estes resultados apontam setores em que as políticas públicas podem concentrar suas ações no sentido de melhorar aspectos da segurança no trabalho do trabalhador florestal. Este é um objetivo desejado e necessário para colocar o sistema em equilíbrio (sustentabilidade) ambiental no espaço de sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

À Márcia Volpe, Gabriel Mendes, Samara Ferreira e Carol Camargo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Normas Florestais Federais para a Amazônia**. 2007. 176p.

CAVALCANTI, F. J. B.; **Manejo Sustentável na Amazônia, ano 2002**: relatório técnico. Brasília: Edições IBAMA, 2002. 96p. : II.

EMBRAPA/IBAMA. **Manual de vistoria de campo para planos de manejo florestal madeireiro na Amazônia**. 2.ª edição. 2006. 107p.

IEM, 2001. International Expert Meeting On Monitoring, Assessment And Reporting On The Progress Toward Sustainable Forest Management. Tarapota process. November 2001, Yokohama, Japan.

LOURENÇO, M. S. **Questões Técnicas na elaboração de Indicadores de Sustentabilidade**. disponível em http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/sustentabilidade/marcus_lorenco.pdf; consultado em dezembro de 2010.

NOGUEIRA, M.M.; LENTINI, M.W; PIRES, I,P;BITENCOURT,P; ZWEEDE, J.C. **Procedimentos simplificados em saúde e segurança no trabalho no manejo florestal**. 2010. Instituto Floresta Tropical – Belém- PA

NUNOO E. K. **Measuring Progress Towards Sustainable Forest Management And Policy Implications: A Case Study Of The High Forest Zone In Ghana**. 2010. Doctoral Thesis Faculty of Environmental Sciences and Process Engineering, Brandenburg University of Technology (BTU), Cottbus-Germany, 244p. il.

POKORNY, B; ADAMS, M. **Compatibilidade de conjuntos de critérios e Indicadores para avaliar a sustentabilidade do manejo florestal na Amazônia brasileira**. 2003, Center for International Forestry Research (CIFOR)143p.

SABOGAL C., POKORNY B., BERNARDO P., MASSIH F., BOSCOLO M.,LENTINI M., SOBRAL L., VERÍSSIMO, A.,SILVA, N., ZWEEDE,J.**Manejo florestal empresarial na Amazônia brasileira - Restrições e oportunidades para a adoção de boas práticas de manejo**. 2005 Belém – Pará, 99p. il.

YAMASHITA, R.; POSCHEN Y. P.; Freitas A. G. **Segurança e saúde no trabalho florestal: código de práticas da OIT**. 2005. São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, Org. e. Título original: Safety an health in forestry work: An ILO code of practices, 1998. 172p.

REGENERAÇÃO NATURAL ESTABELECIDA EM UM FRAGMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL

NATURAL REGENERATION ESTABLISHED IN A FRAGMENT OF THE SEASONAL DECIDUOUS FOREST

Daian Tiago Kerkhoff¹; Fernanda Laís Ril¹; Diego Oro¹; Fabiano de Oliveira Fortes²

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a regeneração natural estabelecida em um fragmento da Floresta Estacional Decidua. Para isso, foi sorteada uma linha com 10 subparcelas permanentes (10mx10m) instaladas em um fragmento florestal no município de Frederico Westphalen-RS. Nestas, foi realizada a medição de todas as plantas com $5\text{cm} \leq \text{CAP} \leq 30\text{cm}$ e altura $\geq 1,30\text{m}$. Os dados foram coletados no primeiro semestre de 2010. Encontrou-se 24 espécies, distribuídas em 20 gêneros e 10 famílias, com uma densidade de indivíduos estimada de 2.890 ind./ha. A família que apresentou maior número de espécies foi a Meliaceae representada por *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell., *Guarea macrophylla* Vahl., *Trichilia catigua* A. Juss., *Trichilia clausenii* C. DC. e *Trichilia ellegans* A. Juss., porém a espécie que apresentou maior número de indivíduos foi a *Gymnanthes concolor* Spreng. com 1.000ind./ha, a qual pertence à família Euphorbiaceae, representando 34,60% dos indivíduos encontrados. Em seguida encontra-se com maior predominância as espécies *Trichilia clausenii* C. DC., *Sorocea bonplandi* (Baill.) W. C. Burger, Lanjow & Wess. Boer, *Pilocarpus pennatifolius* Lem. e *Eugenia schuechiana* O. Berg., sendo as espécies citadas representantes de 76,47% dos indivíduos amostrados. Já o menor número de indivíduos foi representado pelas espécies *Tetrorchidium rubrivenium* Poepp. e Endl., *Nectandra lanceolata* Nees et Mart. ex Nees., *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Myrcianthes pungens* (O.Berg) D. Legrand. e *Xylosma pseudosalzmannii* Sleumer. com 0,35% cada, as quais pertencem ao grupo ecológico secundária tardia ou inicial. A maior parte das espécies amostradas pertencem ao grupo ecológico secundária inicial ou tardia e 62,5% apresentam importância madeireira.

Palavras-chave: parcela permanente; grupo ecológico; composição florística.

ABSTRACT

This work had as objective evaluate the natural regeneration established in a natural fragment of the Seasonal Deciduous Forest. For this, was raffled a line with 10 permanent sub parcel (10mx10m) installed in a forestry fragment located in Frederico Westphalen-RS city. At those parcels, was made the measurement of all plants with $5\text{cm} \leq \text{CAP} \leq 30\text{cm}$ and height $\geq 1,3\text{m}$. The data were collected in the first half of 2010. It was found 24 species, distributed in 20 genus and 10 families, with an estimated density of individuals of 2.890 ind./ha. The family which had more species was the Meliaceae represented for *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell., *Guarea macrophylla* Vahl., *Trichilia catigua* A. Juss., *Trichilia clausenii* C. DC. e *Trichilia ellegans* A. Juss., however the specie who had the largest number of individuals was *Gymnanthes concolor* Spreng. with 1.000ind./ha, belonging to the Euphorbiaceae family, represented 34,6% of individuals founded. In sequence is more predominant the species *Trichilia clausenii* C. DC., *Sorocea bonplandi* (Baill.) W. C. Burger, Lanjow & Wess. Boer, *Pilocarpus pennatifolius* Lem. e *Eugenia schuechiana* O. Berg., being those species mentioned representatives of 76.47 % of the individuals sampled. However, the lowest number of individuals was represented by the species *Tetrorchidium rubrivenium* Poepp. e Endl., *Nectandra lanceolata* Nees et Mart. ex Nees., *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Myrcianthes pungens* (O.Berg) D. Legrand. and *Xylosma pseudosalzmannii* Sleumer. with 0,35% each, which belong to the ecological group late secondary or initial. The larger part of the sampled species belong to the initial or late secondary ecological group and 62.5% presented timber importance.

Keywords: permanent parcel; ecological group; floristic composition.

¹Acadêmicos do curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS), Frederico Westphalen (RS). Km 40 Linha Sete de Setembro, CEP 98400-000.daiankerkhoff@yahoo.com.br; fernandaril@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS), Frederico Westphalen (RS). Km 40 Linha Sete de Setembro, CEP 98400-000.fabianofortes@gmail.com

INTRODUÇÃO

O Bioma formado pela Mata Atlântica apresenta uma das maiores biodiversidades do planeta, porém, devido à ação antrópica encontra-se hoje extremamente reduzida a fragmentos descontínuos, sendo uma das florestas tropicais mais ameaçadas do globo. De acordo com o Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul (DEFAP-UFSM, 2002), a Mata Atlântica é formada pela Floresta Ombrófila Mista, Ombrófila Densa, Estacional Semidecidual e Estacional Decidual, sendo que esta última representa 23,84% do bioma.

A Floresta Estacional Decidual caracteriza-se principalmente pela perda de mais de 50% das folhas do estrato superior e pela presença da *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. A floresta possui uma variada composição florística, riqueza de espécies e produtividade, fatores estes que atribuem grande importância para a mesma.

As florestas apresentam capacidade de se regenerarem de distúrbios naturais ou antrópicos, como a abertura natural de uma clareira, desmatamento e incêndio, promovendo a colonização da área aberta e, segundo Martins (2001), conduzindo a vegetação por meio de uma série de estádios sucessionais. Esses são caracterizados por grupos de plantas que vão se substituindo ao longo do tempo, modificando as condições ecológicas locais até chegar a uma comunidade estável.

A entrada de luz favorece o crescimento e desenvolvimento das plantas ingressantes, responsáveis pela regeneração natural. Segundo Budowski (1966) citado por Vaccaro (2002) as espécies classificadas como pioneiras são muito intolerantes à sombra em todas as fases de seu desenvolvimento, as espécies classificadas como clímax têm boa tolerância, até que alcancem o dossel, já as secundárias tardias são intermediárias e geralmente tolerantes em sua fase juvenil, passando a intolerantes.

A regeneração natural ocorre no sistema de alto fuste, iniciando-se pela maturação e germinação da semente, atingindo o estágio de crescimento que suporta a concorrência com as outras espécies, conforme Inoue (1979). A garantia da permanência de uma determinada espécie em uma floresta é função direta do número de indivíduos e de sua distribuição nas classes diamétricas.

A análise da estrutura da regeneração, segundo Carvalho (1982), fornece a relação e a quantidade de espécies que constituem o estoque da floresta, suas dimensões e sua distribuição na comunidade vegetal, fornecendo dados que permitem previsões sobre o comportamento e o desenvolvimento da floresta no futuro e, conforme Amador e Viana (2000), possibilitando um efetivo diagnóstico do estado de conservação do remanescente, além da resposta ao manejo.

A expressão “regeneração natural” tem um conceito de avaliação muito amplo, de maneira que existem diversas metodologias utilizadas pela comunidade científica para sua caracterização. A regeneração natural, de acordo com Chamí (2008), é classificada por meio de classes de tamanho, sendo a padronização dos limites determinada pelo objetivo do estudo e das características da floresta estudada.

Com isso, o presente trabalho tem por objetivo analisar a regeneração natural estabelecida em um fragmento da Floresta Estacional Decidual.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e caracterização da área

A área inicial de estudo é um fragmento florestal que apresenta 15,25ha de área, está situado no município de Frederico Westphalen-RS, no campus do Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS) extensão da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizado na BR-386, Km 40, linha Sete de Setembro, sem número.

Frederico Westphalen está situado na região do Médio Alto Uruguai, localizado no planalto meridional, norte do Rio Grande do Sul (Figura 1), a uma latitude de 27°21'S e longitude de 53°23'W. Possui relevo de patamares estruturais, com topografia suavemente ondulada e altitudes entre 300 a 600 metros, onde predominam solos minerais, profundos, bem drenados, ácidos e com elevados teores de minerais primários (Latossolo Vermelho distroférico)(IBGE, 1985).

Segundo a classificação climática de Köppen o clima da região é Cfb, ou seja, subtropical úmido. No ano de 2008 de acordo com os valores obtidos da Estação Climatológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), vinculada ao Laboratório de Agroclimatologia do Departamento de Agronomia do CESNORS, a temperatura média anual foi de 19,1°C variando com máxima de 38°C e mínima de 0°C e com umidade relativa de 65%. As frentes frias podem ocasionar bruscas mudanças de temperatura em qualquer época do ano. A precipitação média anual oscila entre 1.800 mm e 2.100 mm, bem distribuída ao longo do ano.

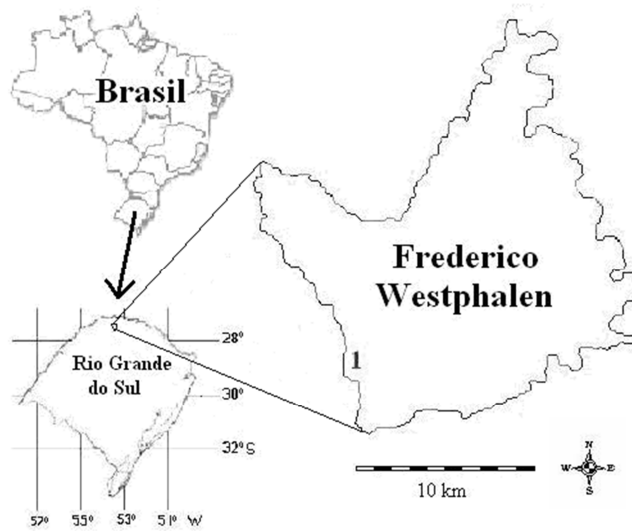


FIGURA 1: Localização do município de Frederico Westphalen.
FIGURE 1: Localization of Frederico Westphalen city.

Área de estudo

O local onde foi realizado o estudo (Figura 2) é uma parcela permanente, previamente marcada, através da divisão da área em quadrículas, sendo que estas foram sequencialmente numeradas para posterior sorteio de uma única área, conforme a Figura 3.

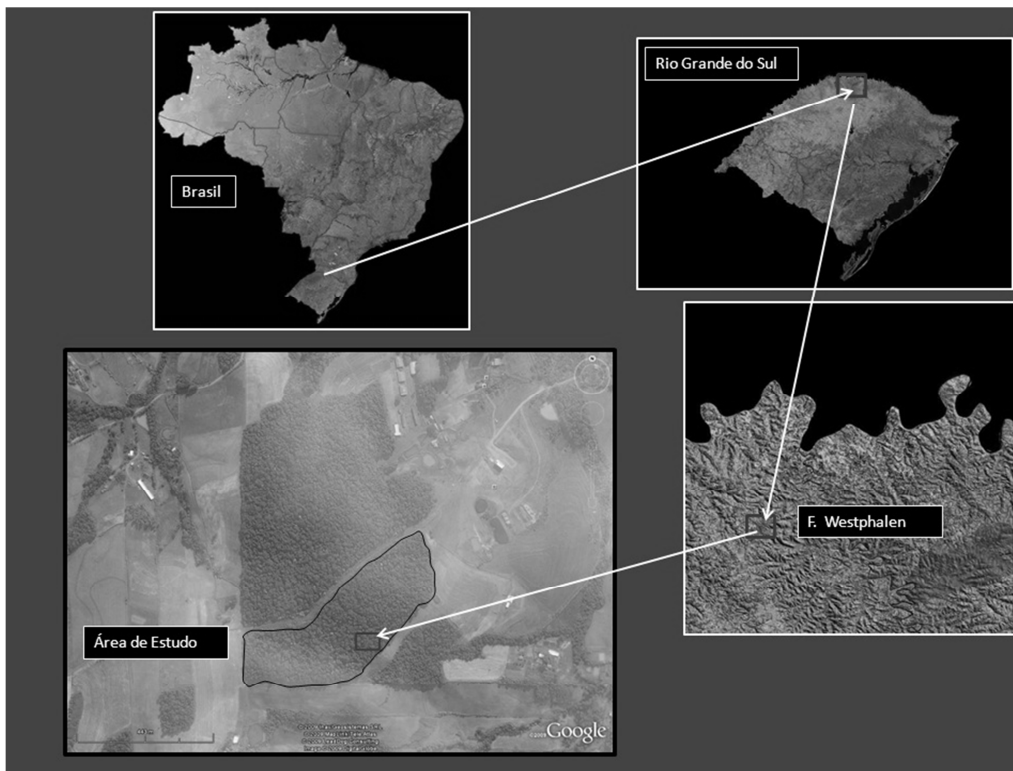


FIGURA 2: Localização da área de estudo.
FIGURE 2: Localization of the study area.

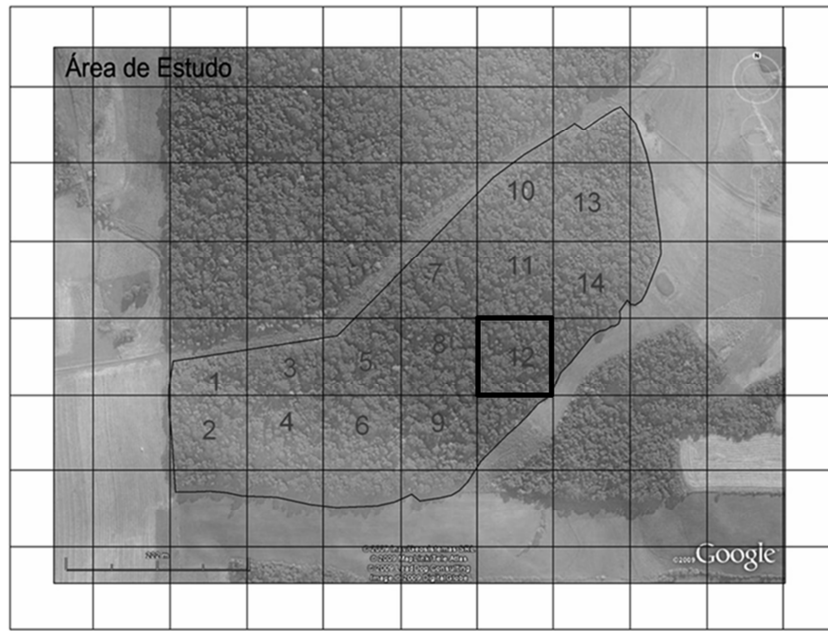


FIGURA 3: Em destaque está a parcela sorteada.
 FIGURE 3: In spotlight is the parcel raffled.

Em relação ao formato e a área das parcelas, as mesmas são quadradas e apresentam 1 hectare (10.000m²), sendo que esta foi primeiramente subdividida em 100 unidades menores denominadas subparcelas, onde cada uma possui as dimensões de 10x10m (100m²). Posteriormente, para a avaliação da regeneração natural, foi sorteada uma linha com 10 subparcelas (10x10m) (Figura 4).

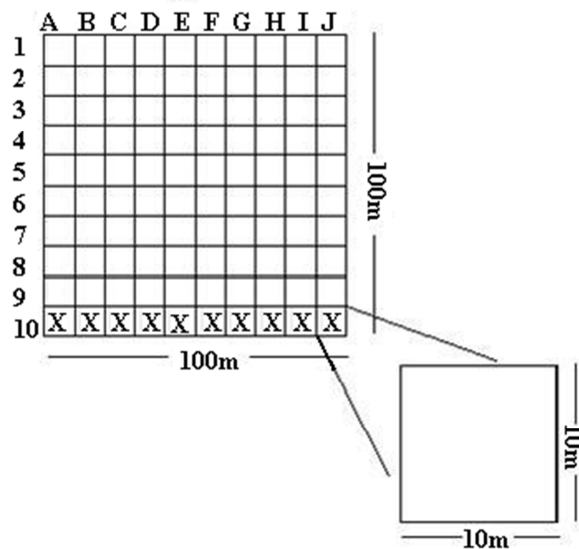


FIGURA 4: Ilustração esquemática da parcela (10.000 m²), com destaque às 10 subparcelas sorteadas (100m²).
 FIGURE 4: Schematic illustration of the parcel (10.000 sq m), with spotlight 10 sub parcels raffled (100 sq m).

Para a avaliação da regeneração natural estabelecida em um fragmento da Floresta Estacional Decidual, foi realizada a medição de todas as plantas com $5\text{cm} \leq \text{CAP} \leq 30\text{cm}$ ($1,6\text{cm} \leq \text{DAP} \leq 9,6\text{cm}$) e altura $\geq 1,30\text{m}$. Nas parcelas, além da identificação das espécies, foram obtidos os dados de circunferência a altura do peito (CAP).

Os dados utilizados neste estudo foram coletados no primeiro semestre de 2010.

A curva do número de indivíduos por hectare foi estimada através da Curva de Meyer, onde:

$N=e^{b_0 + b_1CC}$ (N= número de indivíduos por hectare encontrados; CC= centro de classe).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da regeneração natural estabelecida na área amostrada, foram verificadas 24 espécies, distribuídas em 20 gêneros e 10 famílias, com uma densidade de indivíduos estimada de 2.890 ind./ha. Longhi et al., (2000) encontraram 40.250 ind./ha em Floresta Estacional Decidual, para indivíduos com $h > 10$ cm e $DAP < 9,6$ cm. Araujo (2002) avaliou população com $h \geq 20$ cm e $DAP < 5$ cm e verificou a ocorrência de 44.700 ind./ha em Floresta Estacional Decidual Ripária.

As diferenças encontradas no número de indivíduos da regeneração natural estabelecida, neste estudo comparado com os outros citados acima, resumem-se principalmente em função dos parâmetros avaliados. Quando comparado com Longhi et al. (2000) e Araujo (2002) esta grande diferença pode ser atribuída por estes terem avaliado a regeneração natural geral a qual é avaliada em classes de menor diâmetro, classes onde são encontradas as maiores frequências de plântulas, característica de qualquer regeneração natural de floresta nativa. Essas plântulas apresentam pequena capacidade de sobrevivência. Já no presente estudo, foi avaliada a regeneração natural estabelecida, em classes de maior diâmetro e altura, a qual inclui plantas com grande capacidade de sobreviverem na floresta e atingirem o dossel superior.

A família que apresentou maior número de espécies foi a Meliaceae representada por *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell., *Guarea macrophylla* Vahl., *Trichilia catigua* A. Juss., *Trichilia clausenii* C. DC. e *Trichilia ellegans* A. Juss., porém a espécie que apresentou maior número de indivíduos foi a *Gymnanthes concolor* Spreng. com 1.000 ind./ha, a qual pertence à família Euphorbiaceae (tabela 1).

A predominância de *Gymnanthes concolor* Spreng., a qual possui dispersão das sementes do tipo zoocórica ou autocórica, com 34,6 % de indivíduos, deve-se a esta ser uma espécie clímax, que segundo Budowski (1965) é tolerante a sombra na fase inicial, com crescimento lento a muito lento e encontra-se em abundância na regeneração sob o dossel. No trabalho desenvolvido por Scoti et al. (2009) para a regeneração natural estabelecida em um remanescente da Floresta Estacional Decidual localizado no CISM - Campo de Instrução de Santa Maria-RS as espécies que apresentaram maior densidade foram *Gymnanthes concolor* (3.434 ind./ha), *Eugenia rostrifolia* (108), *Sorocea bonplandii* (97), *Trichilia elegans* (80), *Dasyphyllum spinecens* (74), e *Trichilia clausenii* (68), as quais representaram 89 % das espécies amostradas. Confirmando a predominância da *Gymnanthes concolor* Spreng. na Floresta Estacional Decidual.

O comportamento referente às espécies encontradas, está no Tabela 1, sendo as árvores bifurcadas abaixo de 1,30 tomadas como duas plantas, conforme Finger (2006).

Após *Gymnanthes concolor* Spreng., num segundo patamar, encontra-se com maior predominância as espécies *Trichilia clausenii* C. DC., *Sorocea bonplandii* (Baill.) W.C. Burger, Lanjou e Boe, *Pilocarpus pennatifolius* Lem. e *Eugenia schuechiana* O. Berg., sendo as espécies citadas representantes de 76,47% dos indivíduos amostrados.

Já o menor número de indivíduos foi representado pelas espécies *Tetrorchidium rubrivenium* Poepp. e Endl., *Nectandra lanceolata* Nees et Mart. ex Nees., *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Myrcianthes pungens* (O.Berg) D. Legrand. e *Xylosma pseudosalzmannii* Sleumer. com 0,35% cada, as quais pertencem ao grupo ecológico secundária tardia ou inicial.

A *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr, conhecida como grápia, apresentou 20 ind./ha (0,69%), sendo esta uma das árvores mais características nas florestas estacionais do Alto Uruguai, segundo Marchiori (2007). Conforme esse autor, a espécie demonstra boa regeneração natural e bom desenvolvimento no interior de capoeiras, sendo por esses motivos de grande interesse para a recomposição de florestas nativas, em sua área de ocorrência. A grápia não tolera exposição plena ao sol nos primeiros anos de vida, devendo ser associada a uma espécie precursora, ou utilizada no enriquecimento de matas secundárias.

Na classificação por grupos ecológicos, verificou-se que 12,5% das espécies eram pioneiras, 62,5% secundárias tardias, 41,67% secundárias iniciais e 16,67% clímax, sendo que boa parte das espécies apresentaram mais de uma classificação ecológica. Relacionando-se os grupos ecológicos com as categorias de uso das espécies, verificou-se que 62,5% das espécies são de importância madeireira e 41,67% servem de alimento para a fauna.

TABELA 1: Espécies da regeneração natural estabelecida amostradas em um fragmento da Floresta Estacional Decidual em Frederico Westphalen, RS. DA= Densidade Absoluta, DR= Densidade Relativa, GE= Grupo Ecológico, St= Secundária Tardia, Si= Secundária Inicial, Pi= Pioneira, Cl= Clímax, NI= Não identificada, AF= Alimento da Fauna, AU=Arborização Urbana, C=carvão, F= Frutífera, L= Lenha, M= Melífera, MA= Madeira, MD= Medicinal, O= Ornamental, RAD= Recuperação de Áreas Degradadas, RMC= Recuperação de Matas Ciliares, SA= Sistemas Agroflorestais, T= Tanino.

TABLE 1: Species of natural regeneration established sampled in a fragment of the Seasonal Deciduous Forest of Frederico Westphalen, RS. DA= Absolute density, DR= Relative Density, GE= Ecological Group, St= Late Secondary, Si= Initial Secondary Pi= Pioneer, Cl= Climax, NI= Not identified, AF= food of Fauna, AU=Urban Forestry. C=coal, F= Fruit, L= Firewood, M= Melifera, MA= Wood, MD= Medicinal, O= Ornamental, RAD= Recovery of Degraded Areas, RMC= Recovery of Riparian Forests, SA= Agro forestry Systems, T= Tannin.

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	DA (n./ha)	DR (%)	GE	USOS GERAIS
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes concolor</i> Spreng.	Laranjeira-do-mato	1000	34,60	St	C, L
	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp. e Endl.	Embirão	10	0,35	Si	MA
Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Grápia	20	0,69	Pi, Si, St, Cl	MA
	<i>Calliandra foliolosa</i> Benth.	Quebra-foice	60	2,08	Pi, Si	AU, O
	<i>Inga marginata</i> Willd.	Ingá	20	0,69	Si	AF, AU, F, M, RAD, SA, T
	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	Cabreúva	30	1,04	Si	M, MA, MD, AS
Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees et Mart. ex Nees.	Canela-amarela	10	0,35	St	MA
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjerana	10	0,35	St	AF, MA, MD
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	20	0,69	Si	MA, MD, RAD, SA,
	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	Catiguá-morcego	30	1,04	St	AF, MA
	<i>Trichilia catigua</i> A. Juss.	Catiguá	120	4,15	St	MA, O
	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	Catiguá-vermelho	440	15,22	St	MA, O
	<i>Trichilia ellegans</i> A. Juss.	Pau-de-ervilha	80	2,77	St	MA, O
Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanjouw e Boe	Cincho	320	11,07	St, Cl	MA, RMC
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	Guavirova	30	1,04	St, Cl	AF, L, MA, AS
	<i>Eugenia rostrifolia</i> D.Legrand	Batinga	70	2,42	St	AF, F, L, MA
	<i>Eugenia schuechiana</i> O. Berg.	Guamirim	190	6,57	St	AF, F, L, MA
	<i>Myrcianthes pungens</i> (O.Berg) D. Legrand.	Guabiju	10	0,35	St	AF, F, O, SA
Phytolacaceae	<i>Sequoiaria aculeata</i> Jacq.	Cipó-umbu	20	0,69	Pi, Si	-----
Rutaceae	<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.	Cotia	260	9,00	Si, St, Cl	MD
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Chá-de-bugre	40	1,38	Si	AF, MD, O, RMC
	<i>Xylosma pseudosalzmannii</i> Sleumer.	Sucará	10	0,35	Si	L
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. e Eichler) Engl.	Aguai-da-serra	40	1,38	St	AF, AU, F
	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. e Arn.) Radlk.	Aguai-leiteiro	20	0,69	Si, St	AF, L, MA
NI			30	1,04		
		TOTAL	2890	100		

A curva de distribuição do número de árvores por hectare versus classe de circunferência apresentou a forma de “J invertido”, típico de floresta nativa, como pode ser visualizado na Figura 5. Essa curva, segundo Blanc et al. (2000), representa o equilíbrio dinâmico da floresta que está se auto-

regenerando, considerando que a maior parte dos indivíduos se concentrou nas menores classes diamétricas, diminuindo progressivamente até atingir menor proporção nas maiores classes, evidenciando o padrão típico para florestas maduras, em estado de regeneração natural.

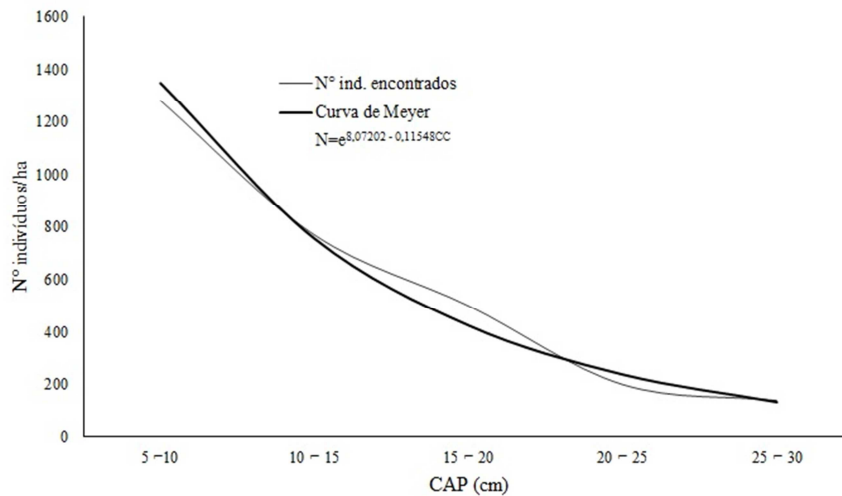


FIGURA 5: Distribuição do número de indivíduos por classe de circunferência a altura do peito.
FIGURE 5: Distribution of the number of individuals by class of circumference at breast height.

CONCLUSÃO

A espécie *Gymnanthes concolor* Spreng. teve o maior número de indivíduos, pertencendo esta a família Euphorbiaceae, no entanto a família com o maior número de espécies foi a Meliaceae, representada por *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell., *Guarea macrophylla* Vahl., *Trichilia catigua* A. Juss., *Trichilia claussenii* C. DC. e *Trichilia ellegans* A. Juss.

A espécie *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr, a qual caracteriza a Floresta Estacional Decidual, apresentou um número de indivíduos relativamente baixo.

A maior parte dos indivíduos encontrados pertencem a classificação ecológica secundária inicial ou tardia e, além disso, mais da metade das espécies apresentaram importância madeireira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Dinâmica de “capoeiras baixas” na restauração de um fragmento florestal. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 57, p. 69-85, jun. 2000.
- ARAUJO, M. M. **Vegetação e mecanismos de regeneração em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.** 2002. 132p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.
- BLANC, L.; MAURY-LECHON, G.; PASCAL, J. P. Structure, floristic composition and natural regeneration in the forests of Cat Tien National Park, Vietnam: an analysis of the successional trends. *Journal of Biogeography*, v. 27, p. 141-157, 2000.
- BUDOWSKI, G. N. Distribution of tropical American rain forest species in the light of sucesión processes. *Turrialba*, v. 15, n. 2, p. 40-52, 1965.
- CARVALHO, J. O. P. de. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará.** 1982. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.
- CHAMI, L. B. **Vegetação e mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes da Floresta Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula, RS.** 2008. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- DEFAP- UFSM. 2002. Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. Disponível em <www.ufsm.br/ifcrs> Acesso em 9 de março de 2011.
- FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal.** Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 2006.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coleção de Monografias Municipais Frederico

Westphalen, RS. Nova série, 16 p. 1985.

INOUE, M.T. **Regeneração natural: seus problemas e perspectivas para as florestas brasileiras.** Curitiba: FUFPEF, 1979. 22p. (Serie Técnica, 1).

LONGHI, S. J. ARAUJO, M. M. KELLING, M. B. HOPPE, J. M. MULLER, I. BORSOI, G. A. Aspectos fitossociológicos de fragmento de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.2, 2000. p.59 - 74

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas.** 2.ed. Editora da UFSM. Santa Maria. 2007.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares.** Viçosa: Editora da Universidade - UFV. p 146. 2001.

SCCOTI, M. S. V.; ARAUJO, M. M.; TONETTO, T.; LONGHI, S. J.; MARCUZZO, S.; ÁVILA, A. L. Regeneração natural de um remanescente de Floresta Estacional Decidual. Anais... III Congresso Latino Americano de Ecologia, São Lourenço – MG, 2009.

VACCARO S. **Crescimento de uma Floresta Estacional Decidual, em Três Estágios Sucessionais, no Município de Santa Tereza, RS, Brasil.** Dissertação (Doutorado em Manejo Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, RS. Santa Maria, RS, Brasil, 2002.

MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR A PRODUÇÃO DE PINHÕES DE ÁRVORES NATIVAS E PLANTADAS DE *Araucaria Angustifolia*(Bert.) O. Kuntze

MATHEMATICAL MODELS TO ESTIMATE THE SEEDS PRODUCTION IN NATIVE AND PLANTED TREES OF *Araucaria Angustifolia*(Bert.) O. Kuntze

Afonso Figueiredo Filho¹; Flavio Augusto Ferreira do Nascimento²; Enrique Orellana²; Andrea Nogueira Dias³; Mario Takao Inoue³

RESUMO

A pesquisa buscou desenvolver modelos matemáticos para estimar a produção de pinhões (kg) de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, advindas de uma Floresta Ombrófila Mista e de um povoamento plantado com mais de sessenta anos de idade, ambas localizadas na Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná. Os dados foram coletados durante os meses de abril e maio de 2008, amostrando-se 26 árvores na floresta nativa e 24 no plantio. Em cada árvore, 3 estróbilos femininos (pinha) foram coletados para estimar a produção de pinhões, tendo sido medidas as variáveis diâmetro à altura do peito (DAP), altura total, altura de copa, área transversal e área de copa. Para o desenvolvimento dos modelos foram avaliadas equações normalmente empregadas para estimar o volume de árvores, assim como, utilizou-se o procedimento estatístico *stepwise* para obtenção de novos modelos. A correlação de Pearson entre 31 variáveis dendrométricas e a produção apresentou baixa relação linear para as duas áreas, sendo que para o plantio os resultados foram piores. Foi possível desenvolver dois modelos que apresentaram desempenho razoável para a floresta natural, com valores de R^2_{aj} igual a 0,49 e 0,65. No entanto, para o plantio, não se obteve um modelo viável, indicando que as variáveis dendrométricas testadas não conseguiram explicar a produção de pinhões.

Palavras-chave: Pinheiro-do-paraná; floresta de araucária; povoamento de araucária.

ABSTRACT

The objective of this work was to develop mathematical models to estimate the production of seeds (kg) of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze trees from an Araucaria Forest fragment and an *Araucaria* plantation with more than sixty years old, both located in the Irati National Forest, Parana state. Data were collected during the months of April and May of 2008, being sampling 26 trees in native forest and 24 in the plantation, in each tree, 3 female strobilus were collected to evaluate the production of seeds and it was measured the variables diameter at breast height (DBH), total height, crown height, individual basal area and crown area. For the development of the models were evaluated equations normally employed to estimate the volume of trees, as well as, it was also utilized the stepwise statistical procedure for generating new models. The correlation of Pearson between 31 dendrometric variables and the seeds production presented poor relationship for the two areas with worse results for the plantation. It was possible to develop two models of reasonable performance for the natural forest, with values of R^2_{adj} of 0.49 and 0.65. However, for the plantation, the model did not estimate properly the seeds production, indicating that the dendrometric variables used did not explain the seeds production.

Keywords: Parana pine; araucaria forest; araucaria stand.

INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, também conhecida como Pinheiro-do-Paraná, pertence ao gênero mais primitivo dentre as coníferas, sendo a única nativa do Brasil (ASTARITA et al., 2003). A espécie foi explorada desordenadamente nas últimas décadas, principalmente devido à qualidade e o alto valor de sua madeira, a qual pode ser utilizada tanto para a fabricação de móveis e construção civil quanto para produção de papel e celulose.

De acordo com Santos (2002), a semente da araucária, também denominada de pinhão, tem, historicamente, grande importância na alimentação da população, sobretudo, na região sul do país. No entanto, durante muitos anos a araucária foi vista e estudada apenas como fonte de madeira, sendo o

¹ Engenheiro Florestal. Dr. Prof. do Departamento de Engenharia Florestal, Prof. Sênior do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR. Pesquisador do CNPq 1C. afonso.figueiredo@pq.cnpq.br. PR 153- Km 7 – Riozinho Caixa postal 21 – CEP 84.500.000 Irati, PR, Brasil. Autor para correspondência

² Engenheiro Florestal, Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UNICENTRO, Irati (PR). Bolsista CAPES, fajnascimento@hotmail.com, enriqueorellana@uol.com.br

³ Engenheiro(a) Florestal. Dr(a). Professor(a) do Departamento de Engenharia Florestal, UNICENTRO, Irati - PR. andias@irati.unicentro.br, takao@irati.unicentro.br

pinhão considerado apenas um subproduto (SILVA, 2006).

A idade é um dos fatores que influenciam a produção de pinhões. Segundo Carvalho (2003), em árvores isoladas, a produção inicia entre 10 e 15 anos, porém quando crescem em povoamentos, a produção ocorre a partir de 20 anos. Ainda segundo esse autor, a espécie apresenta ciclos de produção, com anos de contra-safra após 2 ou 3 anos consecutivos de alta produção de sementes. Em um estudo conduzido por Souza e Hattemer (2003), um povoamento de araucária com idade entre 14 e 16 anos já apresentavam árvores com produção de pinhas.

De acordo com Hertel (1976) o estróbilo da araucária é constituído de uma pequena proporção de folhas férteis (pinhões bons) e o restante, a maioria, estéreis (pinhões chochos). O estróbilo feminino ou pinha mede de 10 a 25 cm de diâmetro sendo composto de 700 a 1200 escamas, com número variável de sementes (5 a 150) e seu peso pode atingir mais de 4.700 g (CARVALHO, 2003).

Nos últimos anos estudos têm sido conduzidos para avaliar a produção de pinhões. Mantovani et al. (2004) pesquisaram a produção de pinhões em uma população natural de araucária e observaram diferença significativa entre dois anos consecutivos, 117 kg ha⁻¹ em 2001 e 160 kg ha⁻¹ em 2002. Silva e Reis (2009) realizaram estudo em uma população natural e num reflorestamento com araucária, encontrando uma produção de 44,3 kg ha⁻¹ e 24,6 kg ha⁻¹, respectivamente.

Segundo Daniel et al. (1982) a produção de sementes sofre influência da competição. Estes autores afirmaram que o maior espaçamento permite que as árvores tenham uma maior proporção de sua copa livre de contato, mais exposta à luz e, portanto, apresentam uma condição mais favorável para a produção das estruturas reprodutivas, ou seja, as árvores dominantes que têm copas mais vigorosas e desenvolvidas são notáveis produtoras de sementes.

Fassola et al. (1999) comprovaram a correlação significativa da produção de estróbilos com diâmetro à altura do peito e diâmetro da copa, bem como com a posição sociológica da árvore. Também observaram que a existência de concorrência entre as copas é prejudicial para o aumento da produção de estróbilos.

O manejo de florestas com araucárias visando à produção de pinhões pode ser uma alternativa interessante aos pequenos produtores rurais. No entanto, para que se determine o manejo mais adequado em determinado local e ainda, a viabilidade econômica deste manejo, é necessário dispor de informações a respeito da produção de pinhões da floresta.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver modelos matemáticos para estimar de forma simples a produção de pinhões de árvores de araucária advindas de uma floresta natural e de um plantio desta espécie com mais de 60 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta da amostra

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados na Floresta Nacional de Irati (FLONA de Irati) que esta localizada nos municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, estado do Paraná. A amostragem foi realizada em árvores de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista e em um plantio de araucária estabelecido há mais de 60 anos.

O clima da região é "Cfb", segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.442 mm e sem estação seca. A temperatura média em janeiro é de 22°C e a de julho fica em torno de 10°C, com mais de cinco geadas por ano (DISPERATTI et al., 2007). De acordo com Mazza et al. (2005) os solos de maior representatividade na FLONA de Irati são o Latossolo Vermelho Distrófico típico álico, a associação Latossolo Vermelho Distrófico típico, álico + Nitossolo Háplico Distrófico típico, álico, a associação Cambissolo Háplico Distrófico típico, álico + Gleissolo e a associação Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico + Cambissolo Háplico Distrófico típico + Latossolo Vermelho Distrófico típico.

A coleta das duas amostras foi realizada nos meses de abril e maio de 2008, época em que os estróbilos estavam plenamente desenvolvidos. As árvores foram selecionadas de forma sistemática buscando contemplar toda a variabilidade de diâmetros à altura do peito (*DAP*) existente em cada área de estudo. Na Tabela 1, pode-se observar a distribuição do número de árvores das amostras por classe de *DAP*, tanto para a floresta natural quanto para o plantio. A classe inferior foi contemplada com apenas duas árvores na floresta natural e nenhuma no plantio em decorrência da dificuldade em localizar árvores com estróbilos para estes diâmetros.

Mediram-se, em cada árvore, as seguintes variáveis: circunferência à altura do peito (*CAP*) com fita métrica; altura total (*Ht*) e altura de copa (*Hc*), com trena e o raio de copa (*Rc*), com uma vara graduada. O uso da trena para medição das alturas total e de copa foi possível, uma vez que, a escalada até a copa das árvores foi necessária para a coleta das pinhas. Desta forma foram eliminados os erros de medição comuns na utilização dos hipsômetros. O raio médio das copas e o diâmetro de copa (*Dc*) de cada árvore foram determinados a partir da medição de 4 raios em direções perpendiculares entre si.

TABELA 1: Distribuição do número de árvores da amostra para a floresta natural e para o plantio.
 TABLE 1: Distribution of the number of trees in the sample for the natural forest and the plantation.

Centro de classe de <i>DAP</i> (cm)	Natural	Plantio
25	2	-
35	5	8
45	5	6
55	5	5
65	4	5
75	5	-
Total	26	24

Foram amostrados 26 e 24 indivíduos do sexo feminino na floresta nativa e no plantio, respectivamente, colhendo-se 77 pinhas na floresta nativa e 74 pinhas no plantio. Em cada árvore foram coletados no mínimo 3 estróbilos (pinhas) e contados os estróbilos existentes por árvore na safra de 2008, ou seja, a quantidade de pinhas que poderiam ser colhidas naquele ano. Foi determinado o peso (g) dos pinhões existentes em cada uma das três pinhas, obtendo-se uma média por pinha, a qual foi multiplicada pela quantidade de de pinhas contadas em cada árvore, resultando na produção de pinhões (kg) por árvore.

Ajuste dos modelos

No desenvolvimento de modelos para estimar a produção de pinhões, utilizaram-se duas abordagens: na primeira foi realizado o ajuste de modelos comumente empregados para estimar o volume (m³) de árvores (Tabela 2), utilizando-se como variável dependente a produção de pinhões (*P*), ou ln(*P*); na segunda abordagem, empregou-se o procedimento estatístico *stepwise* na forma *forward*, no qual a equação começa sem nenhuma variável e cada preditor (variável) vai sendo adicionado ao sistema, um por um. Utilizaram-se valores limites de F parcial entre 0,5 e 4, ou seja, para que a variável fosse adicionada na equação, o seu valor de F deveria ser maior que o valor limite.

TABELA 2: Modelos testados para estimar a produção de pinhões.
 TABLE 2: Models tested to estimate the production of seeds.

Modelo	Autor
$P = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2$	Kopecky-Gehrhardt
$P = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP + \beta_1 \cdot DAP^2$	Hohenad-Krenn
$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP)$	Husch
$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP) + \beta_2 \cdot 1/DAP$	Brenac
$P = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2 \cdot Ht$	Spurr
$P = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2 + \beta_2 \cdot DAP^2 \cdot Ht + \beta_3 \cdot DAP \cdot Ht^2 + \beta_4 \cdot Ht^2$	Stoate (australiana)
$P = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2 + \beta_2 \cdot DAP^2 + \beta_3 \cdot DAP \cdot Ht + \beta_4 \cdot DAP^2 \cdot Ht + \beta_5 \cdot Ht$	Meyer
$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP^2 \cdot Ht)$	Spurr
$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP) + \beta_2 \cdot \ln(Ht)$	Schumacher-Hall

P = produção de pinhões (kg); *DAP* = diâmetro à altura do peito (cm); *Ht* = altura total (m); e ln = logaritmo neperiano

O procedimento *stepwise* foi realizado das seguintes formas: 1) geração de equações tendo como variável dependente a produção de pinhões em kg e 2) equações com a variável dependente logaritmizada por meio do logaritmo neperiano. Em ambos os casos, para o ajuste dos modelos utilizaram-se as 31 variáveis independentes apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3: Variáveis independentes e transformações utilizadas no procedimento estatístico *stepwise*.
 TABLE 3: Independent variables and transformations used in statistical procedure *stepwise*.

Puras	Logarítmicas	Inversas	Potência	Combinadas
Diâmetro a altura do peito (<i>DAP</i>)	ln(<i>DAP</i>)	1/ <i>DAP</i>	<i>DAP</i> ²	(<i>DAP</i> ² * <i>Ht</i>)
Altura Total (<i>Ht</i>)	ln(<i>Ht</i>)	1/ <i>Ht</i>	<i>Ht</i> ²	1/(<i>DAP</i> ² * <i>Ht</i>)
Altura de copa (<i>Hc</i>)	ln(<i>Hc</i>)	1/ <i>Hc</i>	<i>Hc</i> ²	ln(<i>DAP</i> ² * <i>Ht</i>)
Raio de copa (<i>Rc</i>)	ln(<i>Rc</i>)	1/ <i>Rc</i>	<i>Rc</i> ²	
Área transversal (<i>g</i>)	ln(<i>g</i>)	1/ <i>g</i>	<i>g</i> ²	
Diâmetro de copa (<i>Dc</i>)	ln(<i>Dc</i>)	1/ <i>Dc</i>	<i>Dc</i> ²	
Área transversal da copa (<i>Ac</i>)	ln(<i>Ac</i>)	1/ <i>Ac</i>	<i>Ac</i> ²	

Foi realizada também a análise de correlação de Pearson entre as variáveis da Tabela 2 e as duas variáveis dependentes, P e $\ln(P)$.

A seleção dos modelos foi feita com base no Coeficiente de Determinação ajustado (R^2_{aj}), sendo que para os modelos logarítmicos o R^2_{aj} foi recalculado para a variável de interesse, no caso, a produção (P) em quilogramas. Além disso, foi utilizado o Erro Padrão de Estimativa absoluto (S_{yx}) e relativo ($S_{yx}\%$), ambos recalculados para a variável de interesse nos modelos logarítmicos. Também foi realizada a análise de resíduos, sendo que os desvios ou resíduos foram calculados a partir da fórmula:

$$Res(\%) = \left(\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right) \cdot 100$$

em que: Y_i = produção observada de pinhão por árvore (kg); \hat{Y}_i = produção estimada de pinhão por árvore (kg).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Correlação linear

A análise de correlação linear de Pearson (Tabela 4) indicou para a floresta natural que a variável g^2 foi a que apresentou maior correlação com a produção de pinhões (P), com r igual a 0,730. A segunda variável com mais alta correlação com a produção foi a variável combinada $DAP^2 \cdot Ht$, com r igual a 0,713. As variáveis g^{-1} e DAP^{-1} foram as que apresentaram as maiores correlações com o logaritmo neperiano da produção, com r igual a -0,852 e -0,839, respectivamente.

Para o plantio, as maiores correlações (Tabela 4) com P foram as variáveis Rc^{-1} e Dc^{-1} , ambas com valor de r igual a -0,283, em seguida, a variável Ac^{-1} com r igual a 0,282. No entanto, nenhuma destas três correlações foi significativa. Assim como para a floresta natural, os valores de r foram melhores para a variável dependente $\ln(P)$. A maior correlação foi -0,547 para Ac^{-1} e em seguida -0,529 para as variáveis Rc^{-1} e Dc^{-1} .

Mantovani et al. (2004) encontraram correlações significativas com outras variáveis, ou seja, entre o número de estróbilos por planta e a área basal ($r=0,48$; $p=0,008$; $n=28$) e a altura ($r=0,58$; $p=0,001$; $n=28$). No entanto, Silva (2006), em estudos em duas áreas distintas, uma em floresta natural e outra em um plantio, não encontrou correlações significativas entre o número de estróbilos produzidos e as características da árvore (DAP e altura), nas duas situações.

É importante ressaltar que nesses trabalhos os autores buscaram correlacionar o número de estróbilos por planta com as características dendrométricas da árvore. Por outro lado, na presente pesquisa, investigou-se a correlação com a produção em quilogramas de pinhão. Procedeu-se desta forma para que a informação gerada tenha um uso direto para estimar a produção de pinhão com fins comerciais, com conseqüente relevância para o manejo da Araucária.

Na Figura 1 é apresentada a dispersão dos dados das variáveis P e $\ln(P)$ em relação a algumas variáveis para a floresta natural.

Pode-se observar na Figura 1 que a correlação melhora quando se utiliza a variável $\ln(P)$. Constata-se ainda que existe uma relação positiva da produção de pinhões com o DAP das árvores, ou seja, quanto maior o DAP , maior é a produção de pinhões. Isto também ocorre para a variável g^2 . No caso da variável g^{-1} e DAP^{-1} , que apresentaram os maiores valores de correlação linear com $\ln(P)$, na medida em que se aumentam os seus valores ocorre o decréscimo da variável dependente $\ln(P)$.

TABELA 4: Coeficiente de correlação de Pearson das variáveis em relação a P e $\ln(P)$ para a floresta natural e o plantio.

TABLE 4: Correlation coefficient of Pearson for variables P and $\ln(P)$ for the natural forest and plantation.

Variáveis independentes	Variáveis dependentes			
	Floresta natural (n = 26)		Plantio (n = 24)	
	P	$\ln(P)$	P	$\ln(P)$
DAP	0,673**	0,734**	0,143	0,322
Ht	0,529**	0,643**	0,226	0,320
Hc	0,145	0,401*	0,153	0,278
Rc	0,586**	0,731**	0,274	0,484*
g	0,704**	0,668**	0,104	0,288
Dc	0,586**	0,731**	0,274	0,484*
Ac	0,609**	0,669**	0,263	0,456*
$\ln(DAP)$	0,619**	0,797**	0,180	0,354
$\ln(Ht)$	0,496*	0,625**	0,232	0,324
$\ln(Hc)$	0,131	0,477*	0,220	0,379
$\ln(Rc)$	0,543**	0,781**	0,280	0,508*
$\ln(g)$	0,619**	0,797**	0,180	0,354
$\ln(Dc)$	0,543**	0,781**	0,280	0,508*
$\ln(Ac)$	0,543**	0,781**	0,280	0,508*
$1/DAP$	-0,548**	-0,839**	-0,213	-0,381
$1/Ht$	-0,454*	-0,589**	-0,237	-0,325
$1/Hc$	-0,130	-0,506**	-0,260	-0,464*
$1/Rc$	-0,485*	-0,803**	-0,283	-0,529**
$1/g$	-0,474*	-0,852**	-0,240	-0,401
$1/Dc$	-0,485*	-0,803**	-0,283	-0,529**
$1/Ac$	-0,423*	-0,793**	-0,282	-0,547**
DAP^2	0,704**	0,668**	0,104	0,288
Ht^2	0,553**	0,645**	0,220	0,315
Hc^2	0,158**	0,322	0,084	0,192
Rc^2	0,609**	0,669**	0,263	0,456*
g^2	0,730**	0,569**	0,033	0,223
Dc^2	0,609**	0,669**	0,263	0,456*
Ac^2	0,619**	0,561**	0,229	0,392
(DAP^2*Ht)	0,713**	0,652**	0,117	0,294
$1/(DAP^2*Ht)$	-0,452*	-0,832**	-0,269	-0,437*
$\ln(DAP^2*Ht)$	0,615**	0,789**	0,203	0,376

** correlação significativa a $p < 0,01$;

* correlação significativa a $p < 0,05$.

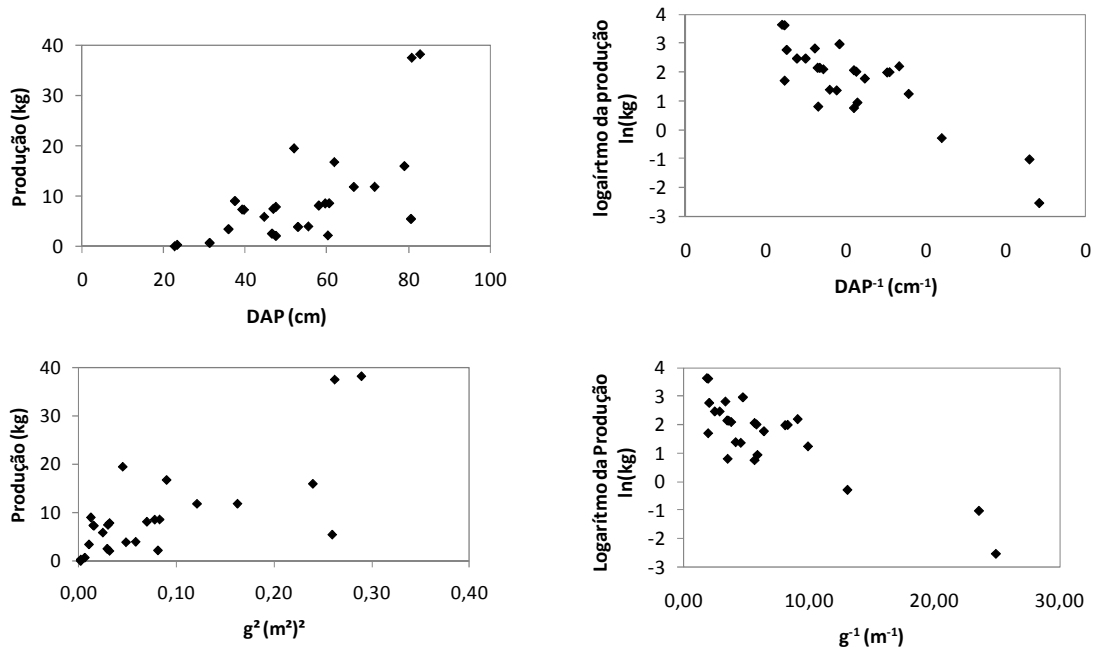


FIGURA 1: Dispersão dos dados de P e $\ln(P)$ em relação ao DAP e às variáveis de maior correlação para a floresta natural.

FIGURE 1: Data dispersion of P and $\ln(P)$ compared to DAP and the variables most correlated to the natural forest.

A dispersão dos dados de P e $\ln(P)$ em relação ao DAP e as variáveis de maior correlação linear para o plantio é apresentada na Figura 2.

Na Figura 2 pode-se observar que, diferente do que ocorre com a dispersão dos dados para a floresta natural, a relação entre as variáveis medidas com a produção de pinhões não pode ser facilmente percebida. Isto pode ter ocorrido devido à maior competição entre as árvores neste local. Enquanto na floresta natural a área basal total por hectare (G/ha), incluindo as árvores de outras espécies, é de $31,7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ com 598 árvores por ha, no plantio tem-se G/ha igual a $39,3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ com 809 árvores/ha.

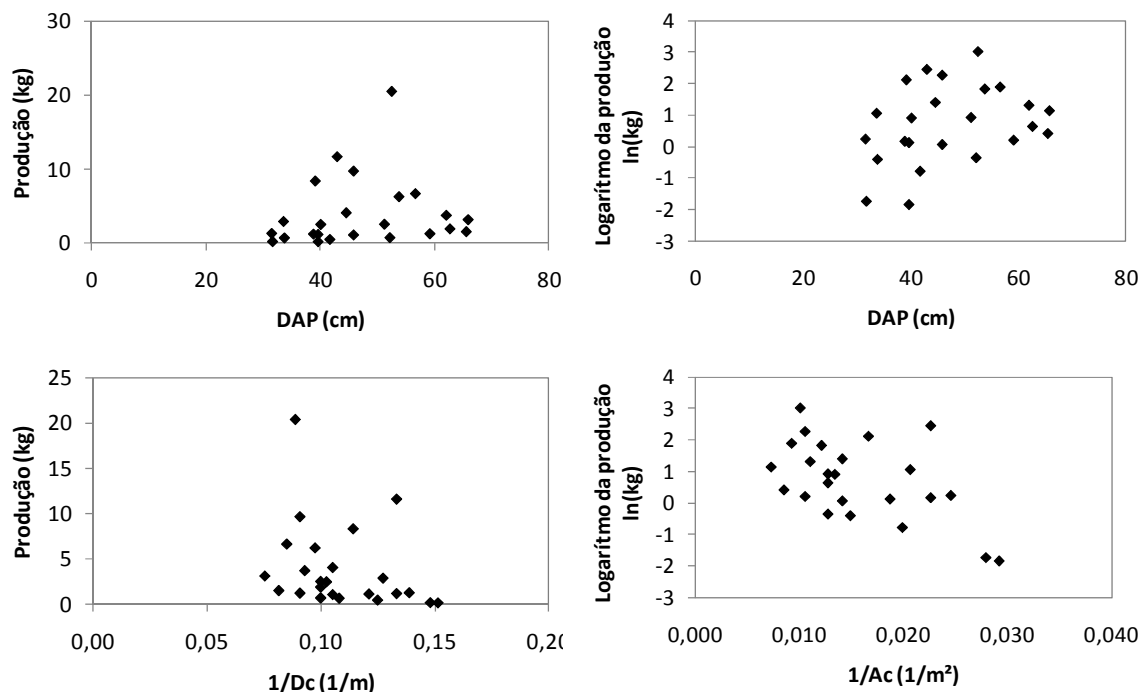


FIGURA 2: Dispersão dos dados de P e $\ln(P)$ em relação ao DAP e às variáveis de maior correlação para o plantio.

FIGURE 2: Data dispersion of P and $\ln(P)$ compared to DAP and the variables most correlated to plantation.

Além disso, o plantio, apesar de apresentar menor coeficiente de variação (CV) para a produção de pinhões (Tabela 5), apresenta maior variação, quando comparada com a floresta natural, para todas as variáveis, exceto para a variável altura de copa (Ac).

TABELA 5: Valores médios e coeficiente de variação para as variáveis da floresta natural e do plantio.

TABLE 5: Mean values and coefficient of variation for the variable of natural forest and plantation.

Variáveis	Floresta natural		Plantio	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)
P (Kg)	3,89	121,37	9,47	102,19
DAP (cm)	47,11	23,03	53,18	32,09
Ht (m)	21,76	8,79	21,56	17,06
Hc (m)	3,43	49,07	4,21	35,45
Rc (m)	4,75	18,84	5,78	27,26
g (m^2)	0,18	45,52	0,24	60,24
Dc (m)	9,50	18,84	11,56	27,26
Ac (m^2)	73,23	37,07	112,44	49,49

Devido à baixa correlação linear existentes entre a produção e as variáveis dendrométricas mensuradas nos plantios, as equações testadas com a variável P não apresentaram significância para o teste F, indicando a inexistência de regressão entre a produção de pinhões e as variáveis independentes testadas. Neste caso, a produção ou o logaritmo da produção é igual ao coeficiente β_0 , ou seja, ao aumentar o valor da variável independente a produção estimada permanece constante, tendo-se uma linha reta paralela à coordenada X.

No caso das equações com a variável dependente $\ln(P)$, tanto as que foram testadas quanto as que foram geradas por *stepwise*, apresentaram baixos valores de R^2_{aj} , na ordem de 0,06 e 0,16. Desta forma estes modelos foram considerados inviáveis.

Modelos ajustados para estimar a produção de pinhão na floresta natural

Para a floresta natural, obtiveram-se dois modelos para estimar a produção de pinhões, apresentados na Tabela 6. Dos nove modelos testados, apenas o modelo (1) sugerido por Spurr (1952) foi selecionado, com base nas estatísticas de ajuste e precisão, para estimar a produção de pinhões. Já o modelo (2) foi obtido por meio do procedimento estatístico *stepwise* utilizando um valor limite de F parcial igual a 1,5.

TABELA 6: Modelos selecionados para estimar a produção (kg) de pinhão por planta em árvores nativas de *Araucaria angustifolia*.

TABLE 6: Selected models to estimate the production (kg) of seeds per plant in native trees of *Araucaria angustifolia*.

	Modelos	Coeficientes		R^2_{aj}	S_{yx} (kg)	S_{yx} (%)
(1)	$P = \beta_0 + \beta_1 \cdot (DAP^2 \cdot Ht)$	β_0	0,344817	0,49	6,92	73,11
		β_1	0,000136318			
(2)	$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 \cdot g^2 + \beta_2 \cdot Ac^2 + \beta_3 \cdot \ln(Ht) + \beta_4 \cdot 1/(DAP^2 \cdot Ht)$	β_0	9,3764	0,67	5,60	59,13
		β_1	15,5728			
		β_2	-0,0001			
		β_3	-2,1167			
		β_4	-43706,50			

Outros modelos ajustados com o procedimento estatístico *stepwise* apresentaram maiores valores de R^2_{aj} , no entanto, estes estimaram valores negativos para a produção de pinhões, demonstrando não serem realista do ponto de vista biológico e, desta forma, foram excluídos dos resultados.

Segundo Solórzano-Filho (2001) o número de pinhas por planta é dependente do tamanho da copa. Esta afirmação explica a inclusão no modelo (2) da variável independente área de copa (Ac).

Na Figura 3 estão apresentadas as distribuições gráficas de resíduos das duas equações selecionadas para a floresta natural. De acordo com esta distribuição, os dois modelos apresentaram estimativas com baixa precisão, mas não caracterizam tendências relevantes.

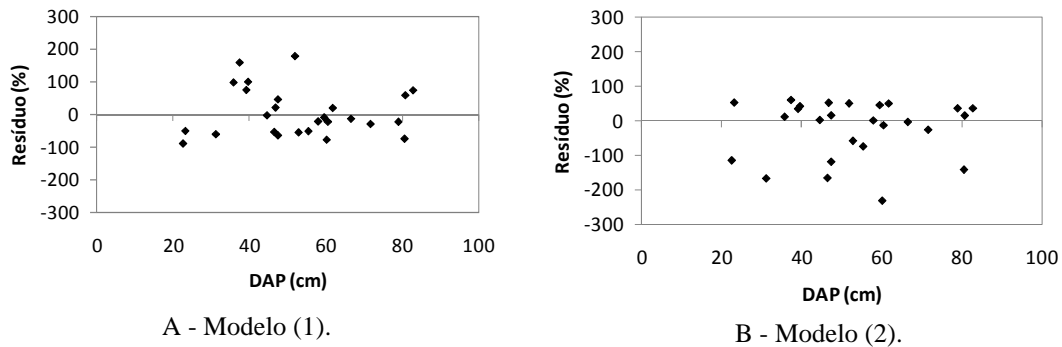


FIGURA 3: Distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para a floresta natural.
FIGURE 3: Residual plots of selected models for natural forest.

O modelo (1) apesar de apresentar um valor de R^2_{aj} igual a 0,49, mais baixo que o modelo (2), possui como vantagem a sua simplicidade, sendo que é necessário determinar apenas duas variáveis na árvore, DAP e Ht , para efetuar as estimativas de produção. Enquanto que para o modelo (2), além destas duas variáveis, é necessário medir o raio da copa que é uma variável de difícil obtenção.

Uma forma de contornar este problema é estimar o raio da copa por meio de um modelo. Neste caso esta variável pode ser obtida, sem grande perda de precisão, por meio da estimativa do diâmetro de copa (Dc) a partir do DAP com equação a seguir:

$$Dc = 2,11935 + 0,177832 \cdot DAP$$

cujas estatísticas de ajuste e precisão foram: $R^2_{aj} = 0,93$; $S_{yx}(m) = 0,85$; e $S_{yx}(\%) = 7,31$.

Constata-se que o desenvolvimento de modelos para estimar a produção de pinhões por árvore não é uma tarefa fácil, notadamente em plantações da espécie. Não se encontrou na literatura especializada artigos sobre o assunto, certamente pelas dificuldades demandadas.

Além disso, um problema relevante que deve ser conhecido e superado é o diferencial de produção que ocorre sazonalmente e que demanda um grande esforço com repetidas coletas ao longo dos anos. Há necessidade de se conhecer melhor os fatores que afetam a produção individual de cada árvore e assim realizar novas tentativas de melhorias nos modelos desenvolvidos nessa pesquisa.

CONCLUSÕES

- O Coeficiente de Variação indicou a existência de uma grande heterogeneidade da produção de pinhão entre árvores de *Araucaria angustifolia* quanto às variáveis dendrométricas, sendo relativamente maiores nas árvores plantadas que nas nativas.
- A correlação linear de Pearson apontou baixas afinidades entre a produção de pinhões (kg) por árvore e as variáveis dendrométricas com resultados piores para a plantação de Araucária.
- Os melhores modelos matemáticos desenvolvidos para estimar a produção de pinhões (kg) por árvore apresentaram performances apenas razoáveis para a floresta natural.
- Recomenda-se a realização de pesquisas para avaliar a sazonalidade da produção de pinhões por árvore bem como estudos mais aprofundados sobre os fatores que afetam a produção por árvore.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTARIA, L. V.; HANDRO, W.; FLOH, E. I. S. Changes in polyamines content associated with zygotic embryogenesis in the Brazilian pine, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 2, p. 163-168, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, 1040 p.
- DANIEL, T. W.; HELMS, J. A.; BACKER, F. S. **Princípios de Silvicultura**. México: McGraw-Hill. 1982.
- DISPERATI, A. A.; SANTOS, J. R.; OLIVEIRA FILHO, P. A. NEEFF, T. Aplicação da técnica “filtragem de locais máximas” em fotografia aérea digital para a contagem de copas em reflorestamento de *Pinus elliottii*. **Scientia Forestalis**, n.76, p.45-55, dez.2007
- FASSOLA, H.; FERRERE, P.; MUÑOZ, D, PAHR, N.; KUZDRA, H.; MÁRQUEZ, S. **Observaciones sobre La producción de frutos y semillas em plantaciones de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze (período 1993-1998)**. INTA, EEA Montecarlo, Misiones, 1999. 12 p. (Informe técnico, 24).
- HERTEL, R. J. G. Estudos sobre *Araucaria angustifolia* II – A constituição do estróbilo. **Acta Biológica Paranaense**, n.5; p. 3-25, 1976.
- MANTOVANI, A.; MORELLATO, P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.4, p.787-796, 2004.
- MAZZA, C. A. S., MAZZA, M. C. M., SANTOS, J. E. **SIG aplicado à caracterização ambiental de uma unidade de conservação Floresta Nacional de Irati, Paraná**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, INPE, p. 2251-2258, 2005.
- SANTOS, A. J. *et al.* Aspectos produtivos e comerciais do pinhão no estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v.32, n.2, p. 163-169, 2002.
- SILVA, C. V. **Aspectos da obtenção e comercialização de pinhão na região de Caçador-SC**. 2006, 123 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SILVA, C. V.; REIS, M. S. Produção de pinhão na região de Caçador-SC: aspectos da obtenção e sua importância para comunidades locais. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 363-374, 2009.
- SOLÓRZANO-FILHO, J. A. **Demografia e ecologia da dispersão de sementes de Araucaria angustifolia (Bert.) Kutze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão, SP**. São Paulo, 2001, 154f. Dissertação (Mestrado em Ciências) -Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- SOUZA, V. A. e HATTEMER, H. H. Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* no Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.47, p.19-32, 2003.
- SPURR, S. H. **Forest Inventory**. New York: Ronald Press, 1952. 476 p.

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA COLHEITA DE *Pinus taeda* L. NA VEGETAÇÃO NATURAL EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

IMPACT OF THE HARVESTING OF *Pinus taeda* L. OVER THE NATURAL FOREST IN THE PERMANENT PRESERVATION AREA

Daniel Augusto da Silva¹; Lauri Amândio Schorn²; Marmon Canestaro Naldony³; Tatiele Anete Bergamo Felini²; Gabriel Corso Pellens⁴; Paulo Roberto Lessa¹; Christian Ruan Teske¹

RESUMO

Matas ciliares desempenham um importante papel no desenvolvimento da fauna, na germinação do banco de sementes, na estabilidade do solo, na dispersão das espécies e na qualidade da água. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito causado pela colheita do pinus nas bordas das áreas de preservação permanentes e a posterior regeneração da área. O estudo foi desenvolvido em duas fazendas da empresa RENOVA Floresta no planalto nordeste de Santa Catarina, nas quais foram implantadas seis unidades amostrais de 30x10 m locadas paralelamente ao sentido do córrego. Foram realizadas quatro medições para avaliar o impacto e a posterior regeneração, 2007 antes da colheita florestal, 2007 após a colheita, 2009 e 2011. O número de espécies e famílias que haviam diminuído de 36 para 25 e 23 para 19, respectivamente, por ocasião da colheita, sofreram um acréscimo para 61 espécies e 23 famílias em 2011. A comunidade que antes era predominantemente formada por espécies climáticas, em 2011 apresentou 61% de espécies pioneiras. A colheita afetou principalmente espécies com maior densidade, cujo valor total na pós-colheita em 2007 era de 375 ind.ha⁻¹ e em 2011 se encontra em 2994 ind.ha⁻¹. A área basal sofreu uma diminuição de mais de 2/3 em 2007 que já foi recuperada, apontando um acréscimo de 265,87% em relação ao valor na pós-colheita. As espécies mais importantes na estrutura atual da floresta são *Mimosa scabrella*, *Ocotea porosa* e *Ocotea puberula*. A colheita de pinus provocou alterações na estrutura da vegetação presente na app, principalmente no que diz respeito à densidade, área basal, e composição florística. A vegetação apresentou resiliência no período avaliado de 4 anos.

Palavras-chave: impacto da colheita; mata ciliar; *Pinus taeda*.

ABSTRACT

Riparian forests perform an important role in the developing of wildlife, in the seed bank germination, soil stability, species dispersion and in the water quality. The objective of this paper is to evaluate the effect caused for the pinus harvest in the edge of the permanent preservation areas and his posterior regeneration. The study was developed in two *RENOVA Florestas* farms in the northeast of Santa Catarina, where had been installed six sampling units with 30x10 m each one located in the direction of the stream. Four measurements had been made in order to evaluate the impact and the posterior regeneration, 2007 before the forest harvesting, 2007 after harvest, 2009 and 2011. The number of species and families that had fallen from 36 to 25 and 23 to 19, respectively, at harvest had an increase of 61 species and 23 families at 2011. The community that before was predominantly composed of climax species, in 2011 presented 61% of pioneer species. The harvest affected species with bigger density mainly, that in the post-harvest was 375 ind.ha⁻¹ and in 2011 was 2994 ind.ha⁻¹. The basal area had a decrease of more than 2/3, that has been recovered, indicating an increase of 235,87% between 2007 after the harvest and 2011. The most important species in the actual structure of the forest are *Mimosa scabrella*, *Ocotea porosa* e *Ocotea puberula*. The harvest of pinus caused alterations in the vegetal structure present on the permanent preservation area, mainly in the density, basal area and floristic composition. The vegetation had presented resilience in the 4 years of evaluation.

Keywords: harvesting impact; riparian forest; *Pinus taeda*.

¹ Acadêmico de Engenharia Florestal do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Regional de Blumenau. Rua São Paulo, 606, CEP 89030-000, Blumenau (SC)

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Regional de Blumenau. Rua São Paulo, 3250, CEP 89030-000, Blumenau (SC) Ischorn@furb.br

³ Engenheiro Florestal, MSc., Engenheiro Florestal Renova Floresta Ltda. Rua José Maria Cardoso da Veiga, 735, CEP 89295-000, Rio Negrinho (SC)

⁴ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Regional de Blumenau. Rua São Paulo, 3250, CEP 89030-000, Blumenau (SC)

INTRODUÇÃO

As florestas localizadas as margens de córregos, rios, lagos, são denominadas matas ciliares, e estas desempenham um importante papel no desenvolvimento da fauna, na germinação do banco de sementes, na estabilidade do solo, na dispersão das espécies e na qualidade da água.

A função ambiental das áreas de preservação permanentes, definidas pelo Código Florestal brasileiro, tem sido justificada por serem ambientes voltados para preservação da paisagem, do fluxo gênico da fauna e flora e por atuar como dissipador de energia erosiva (BRASIL, 1965).

A vegetação natural em áreas de preservação permanentes junto a reflorestamentos sofrem interferências, em intensidades variáveis, por ocasião da colheita dos povoamentos. Em função disso, torna-se necessário conhecer o potencial de regeneração da vegetação natural nas áreas de preservação permanente.

O potencial de regeneração das espécies em um determinado fragmento florestal (resiliência) é variável no espaço e no tempo, podendo promover, quando eficientemente manejado, a restauração parcial ou total da vegetação na área remanescente (RODRIGUES, 1999). Dentro desse contexto, a heterogeneidade da resiliência determina a composição do mosaico vegetacional de um remanescente florestal, no qual cada unidade vai ser ocupada por diferentes conjuntos de espécies, dependendo das características dessa unidade em termos de tamanho, época de abertura, contexto no qual está inserida, entre outros (PICKETT e OSTFELD, 1995).

A dinâmica da regeneração natural vai depender da extensão e do tipo de perturbação, da proximidade onde se encontram as fontes produtoras de propágulos, da disponibilidade de agentes dispersores, da herbivoria de plântulas, da competição com gramíneas agressoras (TORIOLA *et al.*, 1998), das condições microclimáticas, dos aspectos físicos e químicos do solo e da compactação do mesmo (PARROTA, 1993; HOLL e KAPPELLE, 1999, citados por SORREANO, 2002).

A possibilidade de ocorrer a regeneração natural, por sementes, onde foi intensa a ação antrópica, vai depender do banco de sementes existente ou depositado no solo após uma exploração. A perturbação continuada de uma área pode levar ao esgotamento progressivo do banco de sementes, tornando o local com restrições para regenerar na primeira fase da sucessão (KAGEYAMA e CASTRO, 1989, *apud* MATTEI e LONGHI, 2001).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito causado pela colheita de *Pinus* em áreas limítrofes à áreas de preservação permanente sobre a vegetação natural e a sua regeneração, nessas áreas, em Fazendas situadas em Rio Negrinho – SC.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em duas fazendas de propriedade da empresa Renova Floresta, localizadas na região de Rio Negrinho, Santa Catarina, situadas próximo as coordenadas 26°11'33" de latitude sul e 49° 32'15" de longitude oeste. A altitude no local é de aproximadamente 841 metros. Nesta região o clima é classificado como mesotérmico úmido, sem estação seca e com verões frescos, apresentando temperatura média anual de 17°C.

Utilizaram-se seis parcelas, locadas paralelamente ao sentido de dois córregos, em áreas consideradas de preservação permanente, com 30 m de comprimento e 20 metros de largura. Essas áreas são limítrofes a povoamentos de *Pinus taeda*, nos quais houve colheita através de corte raso em 2007. Na remediação realizada em 2011 as parcelas foram diminuídas para 30 metros de comprimento por 10 metros de largura. As unidades amostrais foram avaliadas em quatro ocasiões: Pré-colheita de *Pinus* em 2007; pós-colheita de *Pinus* em 2007; 2009 e 2011. Em cada unidade amostral foram avaliadas todas as espécies arbóreas e arbustivas com altura superior a 1,5m, onde foram registrados os dados de CAP, altura total, diâmetro da copa e a espécie vegetal.

Foi coletado material botânico fértil ou não para herborização e posterior identificação das espécies encontradas. Esse material foi submetido e registrado no herbário do curso de Engenharia Florestal da Universidade Regional de Blumenau (Departamento de Engenharia Florestal). Com os dados coletados em campo foram calculados e analisados os parâmetros fitossociológicos de densidade, dominância, frequência e valor de importância, para cada ocasião do levantamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na fase de pré-colheita de *Pinus* em 2007, foram encontradas 36 espécies, distribuídas em 23 famílias botânicas (Tabela 1). Na avaliação realizada após a colheita do *Pinus* no ano de 2007, foram encontradas 25 espécies arbóreas e arbustivas, pertencentes a 19 famílias botânicas (Tabela 2). Em 2009 foram amostradas 48 espécies arbóreas e arbustivas, pertencentes a 25 famílias botânicas (Tabela 3). Em 2011 observou-se a presença na área de 61 espécies pertencentes a 23 famílias (Tabela 4). Este aumento no número de espécies deve-se principalmente ao ingresso de pioneiras na área (Figura 1). As famílias mais

representadas no levantamento de 2011 foram Asteraceae com 10 espécies, Lauraceae com 9 e Solanaceae com 5 espécies (Figura 2).

Mauhs (2002) em seu estudo sobre a regeneração natural de uma Floresta Ombrófila Mista em Vacaria, RS, encontrou 59 espécies pertencentes a 26 famílias. Número similar ao encontrado por Klauberg et. al (2010) em uma floresta adulta do planalto catarinense, 46 espécies e 27 famílias. Nos mesmos trabalhos, Mauhs constatou que as famílias com o maior número de espécies eram Myrtaceae, Lauraceae e Euphorbiaceae, enquanto para Klauberg et al. (2010) foram as famílias Myrtaceae, Lauraceae e Salicaceae, enquanto Caldato et al. (1996) obteve as famílias Myrtaceae, Lauraceae e Sapindaceae em seu estudo sobre a regeneração em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Caçador, SC. Estes trabalhos são convergentes com os resultados obtidos em Rio Negrinho, SC e como os mais importantes evidenciam a grande presença e importância destas famílias na estrutura da floresta, tanto regenerante quanto na arbórea.

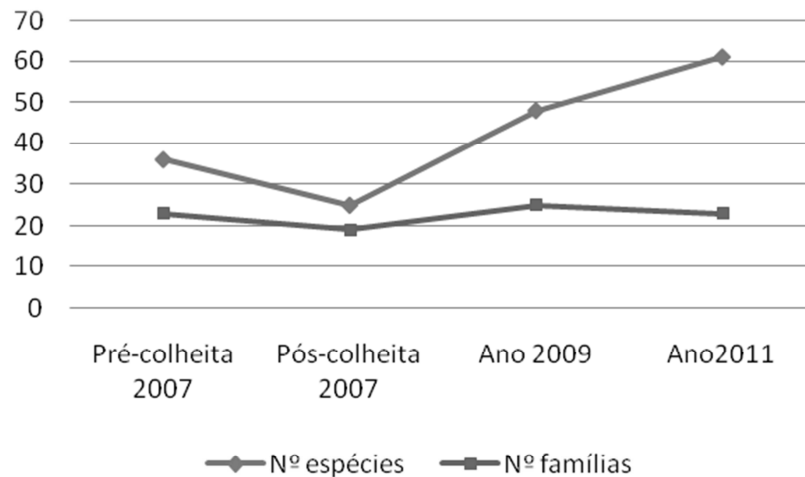


FIGURA 1: Número de famílias e espécies nas quatro ocasiões de avaliação da regeneração em app em Rio Negrinho - SC

FIGURE 1: Species and families number in the four evaluations of regeneration in the ppa at Rio Negrinho - SC

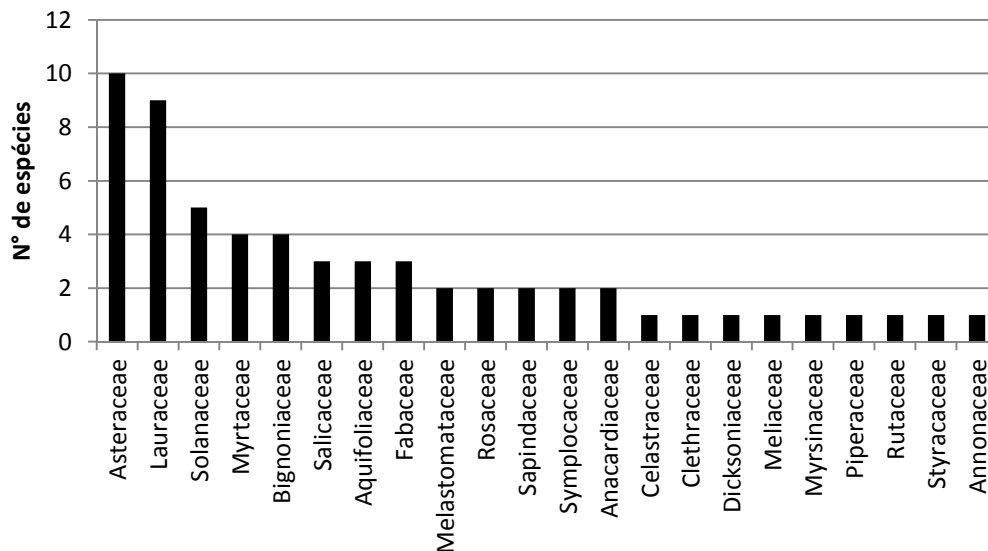


FIGURA 2: número de espécies por família na regeneração em app em Rio Negrinho - SC

FIGURE 2: number of species by family in the regenerarion of the ppa at Rio Negrinho - SC

Tanto na fase pré-colheita quanto na fase pós-colheita do ano de 2007 a composição de espécies era dominada por climácicas tolerantes à sombra (49% e 50% respectivamente), seguidas por climácicas exigentes em luz e pioneiras. A avaliação realizada no ano de 2009 demonstrou um considerável aumento das pioneiras na composição e estrutura da vegetação, representando 64% da comunidade, o que se deve a reocupação por parte destas de áreas atingidas pela colheita. No ano de 2011 este número baixou para

60%, enquanto as secundárias exigentes em luz aumentaram para 19%, demonstrando a sucessão de espécies e grupos ecológicos (Figura 3).

A densidade foi de 989 indivíduos.ha⁻¹ na pré-colheita de Pinus em 2007. Após a colheita houve uma redução da densidade para 375 indivíduos.ha⁻¹, enquanto que em 2009 foram encontrados 2081 indivíduos.ha⁻¹. Na avaliação realizada no ano de 2011 foram encontrados 2994 indivíduos.ha⁻¹ (Figura 4). Estes números confirmam a substituição de uma comunidade em um estágio mais avançado de regeneração e com uma idade média mais elevada por uma comunidade jovem e predominantemente formada por pioneiras, com maior número de indivíduos.

Foram computados os seguintes valores de área basal nas quatro ocasiões de avaliação: 26,67 m².ha⁻¹ na pré-colheita de Pinus em 2007; 8,04 m².ha⁻¹ na pós-colheita de Pinus em 2007, 13,28 m².ha⁻¹ em 2009 e 29,42 m².ha⁻¹ em 2011. Constatou-se um acréscimo de 265,87% da área basal no período de quatro anos, entre a avaliação pós-colheita em 2007 e a avaliação realizada em 2011 (Figura 4).

Os resultados mostraram alterações expressivas na densidade, área basal e diversidade florística da vegetação em áreas de preservação permanentes após a realização da colheita de Pinus, sugerindo um elevado impacto desta sobre a vegetação. Por outro lado, estas alterações observadas entre a fase pós-colheita em 2007 e a avaliação em 2011, também indicam que a vegetação apresenta elevada resiliência, evidenciada pela expressiva alteração na estrutura no período de quatro anos.

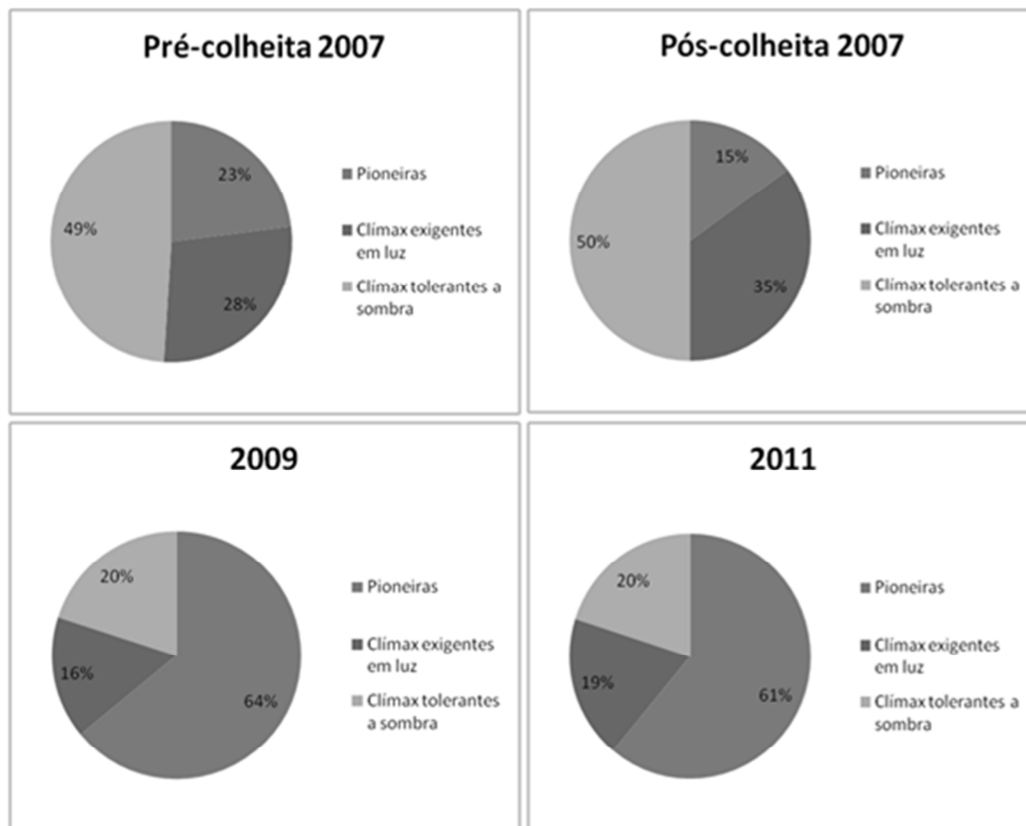


FIGURA 3: Evolução da composição florística por grupos ecológicos na regeneração em app em Rio Negrinho - SC

FIGURE 3: Evolution of the floristic composition by ecologic groups in the regeneration of the ppa at Rio Negrinho - SC

As espécies que se destacaram em área basal na fase pós-colheita do *Pinus* em 2007 foram, *Dicksonia sellowiana* (18,85%), *Mimosa scabrella* (14,23%), *Ocotea porosa* (12,81%) e *Persea major* (10,54%) (Tabela 2). Na avaliação realizada em 2009 foram mais expressivas em área basal, *Ocotea porosa* (15,11%), *Dicksonia sellowiana* (14,96%), *Ocotea puberula* (9,54%) e *Prunus sellowii* (7,83%) (Tabela 3). Na avaliação realizada em 2011 observa-se maior área basal para as espécies *Ocotea porosa* (19,41%), *Ocotea puberula* (11,41%) e *Cryptocarya moschata* (7,68%) (Tabela 4). Observa-se que *Ocotea porosa* se destaca nas três fases de análise pós-colheita de *Pinus*, demonstrando elevada capacidade de regeneração no ambiente em estudo.

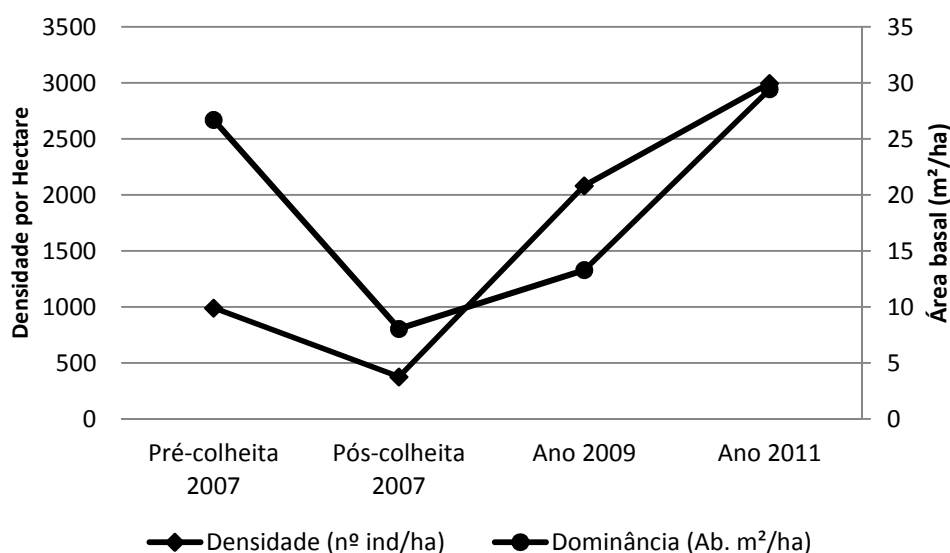


FIGURA 4: Densidade e área basal por hectare da regeneração natural em app nas quatro ocasiões de avaliação em Rio Negrinho - SC

FIGURE 4: Density and basal area per hectare of the natural regeneration four evaluations at Rio Negrinho - SC

As espécies mais importantes na fase pré-colheita em 2007 foram, *Mimosa scabrella*, *Annona salicifolia*, *Ocotea pulchella*, *Ocotea porosa* e *Dicksonia sellowiana*, que somaram 29,8% da densidade, 59% da dominância e 36,4% da importância (Tabela 1).

TABELA 1: Valores fitossociológicos da vegetação em áreas de preservação permanente no ano de 2007 na fase pré-colheita de *Pinus taeda* em Rio Negrinho - SC

TABLE 1: Fitosociologic values of the vegetation in the year 2007 before the harvesting of *Pinus taeda* at Rio Negrinho - SC

Nome científico	Densidade		Frequência		Dominância		VI	
	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs(n/ha)	Rel. (%)
<i>Mimosa scabrella</i>	119,44	12,08	50	3,06	4,83	18,11	33,25	11,08
<i>Annona neosalicifolia</i>	25	2,53	66,67	4,08	4,99	18,71	25,32	8,44
<i>Ocotea pulchella</i>	50	5,06	83,33	5,10	2,31	8,65	18,80	6,27
<i>Ocotea porosa</i>	55,56	5,62	66,67	4,08	1,83	6,86	16,56	5,52
<i>Dicksonia sellowiana</i>	44,44	4,49	66,67	4,08	1,78	6,68	15,25	5,58
<i>Cedrela fissilis</i>	63,89	6,46	50	3,06	1,13	4,22	13,75	4,58
NI	72,22	7,30	66,67	4,08	0,51	1,91	13,29	4,43
<i>Matayba elaeagnoides</i>	66,67	6,74	66,67	4,08	0,56	2,08	12,91	4,30
<i>Prunus cf. sellowii</i>	27,78	2,81	83,33	5,10	1,28	4,80	12,71	4,24
<i>Jacaranda micrantha</i>	58,33	5,90	83,33	5,10	0,30	1,11	12,11	4,04
<i>Ocotea puberula</i>	33,33	3,37	66,67	4,08	0,89	3,35	10,80	3,60
<i>Ilex paraguariensis</i>	44,44	4,49	83,33	5,10	0,28	1,03	10,63	3,54
<i>Casearia decandra</i>	58,33	5,90	50	3,06	0,40	1,48	10,44	3,48
<i>Persea major</i>	25	2,53	50	3,06	1,19	4,47	10,06	3,35
<i>Myrcia palustris</i>	30,56	3,09	33,33	2,04	0,85	3,20	8,33	2,78
Outras	213,89	21,60	666,68	40,80	3,56	13,35	75,79	25,23
Total	988,89	100	1633,33	100	26,67	100	300	100

Na avaliação realizada após a colheita do Pinus no ano de 2007, as espécies mais importantes foram, *Dicksonia sellowiana*, *Ocotea porosa*, *Ocotea pulchella*, *Jacaranda micrantha* e *Matayba elaeagnoides*, que agregaram 36,4% da densidade, 43,5% da dominância e 38,1% do valor de importância (Tabela 2).

Em 2009 as espécies mais importantes na estrutura da regeneração natural foram, *O. porosa*, *M. scabrella*, *D. sellowiana*, *Eupatorium compressum*, *O. puberula* e *Prunus sellowii*, que somaram 37,4% da densidade, 51,9% da dominância e 36,4% da importância nessa fase (Tabela 3).

A avaliação realizada em 2011 demonstra que as espécies mais importantes foram *M. scabrella*, *O. porosa*, *O. puberula*, *Vernonanthura discolor* e *Cedrela fissilis*, que somam 31,8% do valor de importância da floresta, 34,7% da densidade e 44,8% da dominância (Tabela 4). Estas espécies em nada coincidiram com as espécies encontradas com maior IVI nos trabalhos de Klauberg et AL. (2010), Mauhs (2002) e Narvaes (2004), onde *Casearia decandra* Jacq. figura entre as espécies com maior valor da comunidade. Não obstante, todas são citadas por Klein (1978) entre as espécies mais frequentes na região fitogeográfica onde se encontra o estudo.

Observa-se nesta última avaliação a maior representatividade de espécies pioneiras e oportunistas, como *V. discolor*, *M. scabrella* e *C. fissilis*, evidenciando o caráter regenerante da área. Não obstante observa-se também a presença de espécies climáticas, principalmente representadas por *O. porosa*, remanescentes da fase pré-colheita.

A análise das Tabelas 1 e 2 permite observar que as espécies de maior densidade sofreram as maiores reduções populacionais em decorrência do processo de colheita de *Pinus*, ocorrendo o mesmo em relação à área basal.

Por outro lado, a análise das Tabelas 2 a 4 mostrou que o acréscimo em número de indivíduos e área basal, dois anos após a colheita do *Pinus*, deveu-se especialmente às espécies pioneiras que, encontrando ambiente de luz propício à reprodução, aumentaram expressivamente suas populações.

TABELA 2: Valores fitossociológicos da vegetação em áreas de preservação permanente no ano de 2007 na fase pós-colheita de *Pinus taeda* em Rio Negrinho - SC

TABLE 2: Fitosociologic values of the vegetation in the year 2007 after the harvesting of *Pinus taeda* at Rio Negrinho - SC

Nome científico	Densidade		Frequência		Dominância		VI	
	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs (n/ha)	Rel. (%)
<i>Dicksonia sellowiana</i>	36,11	9,36	66,67	6,56	1,52	18,85	35,04	11,68
<i>Ocotea porosa</i>	30,56	8,15	66,67	6,56	1,03	12,81	25,14	9,17
<i>Mimosa scabrella</i>	16,67	4,44	50	4,92	1,15	14,23	23,30	7,87
<i>Ocotea pulchella</i>	13,88	3,7	66,67	6,56	0,672	8,35	18,61	6,2
NI	38,89	10,37	50	4,92	0,19	2,38	1767	5,89
<i>Matayba elaeagnoides</i>	33,33	8,89	66,67	6,56	0,126	1,56	17,01	5,67
<i>Jacaranda micrantha</i>	22,22	5,93	83,33	8,2	0,15	1,91	13,03	5,34
<i>Prunus cf. sellowii</i>	13,89	3,7	50	4,92	0,59	7,36	15,98	5,33
<i>Casearea decandra</i>	33,33	8,89	33,33	3,28	0,29	3,65	15,81	5,27
<i>Cedrela fissilis</i>	22,22	5,93	50	4,92	0,30	3,7	14,55	4,85
<i>Persea major</i>	8,33	2,22	16,67	1,64	0,85	10,47	14,39	4,8
<i>Ilex paraguariensis</i>	13,89	3,7	50	4,92	0,14	1,7	10,32	3,44
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	11,11	2,96	66,67	6,56	0,01	0,09	9,61	3,2
<i>Lithrea brasiliensis</i>	11,11	2,96	16,67	1,64	0,29	3,58	8,18	2,73
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	11,11	2,96	33,33	3,28	0,05	0,67	6,91	2,3
Outras	58,34	15,54	250	24,6	0,692	8,6	48,77	16,25
Total	375	100	1016,67	100	8,041	100	300	100

TABELA 3: Valores fitossociológicos da vegetação natural em áreas de preservação permanente no ano de 2009 em Rio Negrinho - SC

TABLE 3: Fitossociologic values of the natural vegetation on the permanent preservation area in the year 2009 at Rio Negrinho - SC

Nome científico	Densidade		Frequência		Dominância		VI	
	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs (n/ha)	Rel. (%)
<i>Ocotea porosa</i>	55,56	2,67	83,33	3,73	2,01	15,11	21,51	7,17
<i>Mimosa scabrella</i>	286,11	13,75	83,33	3,73	0,50	3,74	21,22	7,07
<i>Dicksonia sellowiana</i>	50	2,4	66,67	2,99	1,99	14,96	20,35	6,78
<i>Symphyopappus compressus</i>	291,67	14,02	83,33	3,73	0,10	0,74	18,49	6,16
<i>Ocotea puberula</i>	30,56	1,47	66,67	2,99	1,27	9,54	13,99	4,66
<i>Prunus cf. sellowii</i>	38,89	1,87	50	2,24	1,03	7,79	11,90	3,97
<i>Piptocarpha axillaris</i>	150	7,21	66,67	2,99	0,12	0,93	11,13	3,71
<i>Matayba elaeagnoides</i>	91,67	4,41	50	2,24	0,53	4	10,64	3,55
<i>Clethra scabra</i>	41,67	2	66,67	2,99	0,69	5,22	10,21	3,4
<i>Solanum mauritianum</i>	88,89	4,27	100	4,48	0,10	0,76	9,51	3,17
<i>Ocotea pulchella</i>	11,11	0,53	50	2,24	0,75	5,67	8,44	2,81
<i>Cedrela fissilis</i>	27,87	1,34	50	2,24	0,57	4,32	7,89	2,63
<i>Myrcine coriacea</i>	66,67	3,2	100	4,48	0,01	0,1	7,78	2,59
<i>Croton urucurana</i>	125	6,01	16,67	0,75	0,12	0,89	7,65	2,55
<i>Jacaranda micrantha</i>	47,22	2,27	66,67	2,99	0,28	2,14	7,39	2,47
Outras	677,78	32,53	1233,35	55,27	3,21	24,12	111,91	37,29
Total	2080,56	100	2233,33	100	13,28	100	300	100

TABELA 4: Valores fitossociológicos da vegetação natural em áreas de preservação permanente no ano de 2009 em Rio Negrinho - SC

TABLE 4: Fitossociologic values of the natural vegetation on the permanent preservation area in the year 2011 em Rio Negrinho - SC

Nome científico	Densidade		Frequência		Dominância		VI	
	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs. (n/ha)	Rel. (%)	Abs (n/ha)	Rel. (%)
<i>Mimosa scabrella</i>	544,44	18,18	66,67	4	1,38	4,7	26,88	8,96
<i>Ocotea porosa</i>	66,67	2,23	50	3	5,72	19,45	24,68	8,23
<i>Ocotea puberula</i>	55,56	1,86	66,67	4	3,36	11,41	19,26	5,76
<i>Vernonanthura discolor</i>	300	10,02	33,33	2	0,59	1,99	14,01	4,67
<i>Cedrela fissilis</i>	72,22	2,41	50	3	2,14	7,26	12,68	4,23
<i>Jacaranda micrantha</i>	172,22	5,75	66,67	4	0,82	2,79	12,55	4,18
<i>Matayba elaeagnoides</i>	144,44	4,82	66,67	4	0,98	3,33	12,15	4,05
<i>Symphyopappus itatiayensis</i>	266,67	8,91	16,67	1	0,53	1,78	11,69	3,9
<i>Cryptocarya moschata</i>	22,22	0,74	50	3	2,26	7,68	11,43	3,81
<i>Ocotea pulchella</i>	22,22	0,74	50	3	1,98	6,72	10,46	3,49
<i>Symphyopappus compressus</i>	216,67	7,24	33,33	2	0,25	0,87	10,10	3,37
<i>Dicksonia sellowiana</i>	27,78	0,93	33,33	2	1,76	6	8,92	2,97
<i>Myrsine coriacea</i>	105,56	3,53	83,33	5	0,04	0,13	8,65	2,88
<i>Clethra scabra</i>	61,11	2,04	16,67	1	1,64	5,58	8,62	2,87
<i>Solanum mauritianum</i>	83,33	2,78	83,33	5	0,21	0,7	8,48	2,83
Outras	833,34	27,91	900,10	54	5,77	19,61	101,43	33,83
Total	2994,44	100	1666,67	100	29,42	100	300	100

CONCLUSÕES

A análise dos resultados do presente trabalho permitem as seguintes conclusões:

A colheita de *Pinus* em bordas de áreas de preservação permanentes causou alterações na estrutura da vegetação natural presente nessas áreas;

A vegetação em áreas de preservação permanente apresentou elevado dinamismo, caracterizado pelo acréscimo em riqueza de espécies, densidade e área basal, no período de três anos;

Ocotea porosa e *Mimosa scabrella*, foram as espécies mais importantes na estrutura da vegetação em áreas de preservação permanente nas quatro ocasiões avaliadas;

As espécies pioneiras apresentaram o maior acréscimo de indivíduos, enquanto que os demais grupos ecológicos reduziram a sua participação, no período de três anos após a colheita de *Pinus taeda*;

Sugere-se a realização de estudos com o objetivo de diminuir o impacto da colheita de povoamentos sobre a vegetação em áreas de preservação permanente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei Federal n. 4.771, de 15 de setembro de 1965 Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial [da] república Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. Acesso em: 15 ago 2011.

CALDATO, S. L. et al. Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes na Reserva Genética Florestal de Caçador, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p.27-38, 1996.

KLAUBERG, C.; PALUDO, G. F.; BORTOLUZZI, R. L. C. & MANTOVANI, A. **Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense**. Biotemas, 23 (1): 35-47, março de 2010 ISSN 0103 – 1643.

KLEIN, R. M.; REITZ, R.. **Mapa Fitogeográfico de Santa Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 24 p.

MAUHS, J. **Fitossociologia e regeneração natural de um fragmento de floresta ombrófila mista exposto a perturbações antrópicas**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos, São Leopoldo, 2002.

MATTEI, V.L.; LONGHI, S.J. Avaliação da regeneração natural de *Eucalyptus paniculata* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 55-65, 2001

NARVAES, I. S.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Estrutura da regeneração natural em floresta ombrófila mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p.331-342, 2005.

PICKET, S.T.A.; OSTFELD, R.S. **The shifting paradigm in ecology**. In: KNIGHT, R.L.; BATES S.F.; (Ed.) A new century for natural resources management. Washington: Island Press, 1995. p.261-278.

RODRIGUES, R.R. **Colonização e enriquecimento de um fragmento florestal urbano após a ocorrência de fogo. Fazenda Santa Elisa, Caampinas, SP. Avaliação temporal da regeneração natural (66 meses) e crescimento (51 meses) de 30 espécies florestais plantadas em consórcio sucessional**. Piracicaba: 1999. Tese (Livre Doscência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

SORREANO, M.C.M. **Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas com diferentes idades**. Piracicaba: 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

TORIOLA D.; CHAREYRE, P.; BUTTLER, A. **Distribution of a primary forest plant species in a 18° year old secondary forest in French Guiana**. Journal of Tropical Ecology, v.14, n. 3, p. 323-340, 1988.

**EFEITOS DA INTENSIDADE DE PODA NO INCREMENTO EM DIÂMETRO E ALTURA EM
Pinustaeda L. EM RIO NEGRINHO – SC**

**EFFECT OF THE PRUNING INTENSITY IN THE DIAMETER AND HEIGHT INCREMENT IN
Pinus taeda L. AT RIO NEGRINHO – SC**

Daniel Augusto da Silva¹; Lauri Amândio Schorn²; Marmon Canestaro Naldony³; Tatiele Anete Bergamo Felini²; Gabriel Corso Pellens⁴; Paulo Roberto Lessa¹; Christian Ruan Teske¹

RESUMO

A presença de nós na madeira diminui a maioria das propriedades mecânicas interferindo assim na sua qualidade. Para diminuir o tamanho destes e mantê-los confinados no centro do fuste é realizada a desrama artificial. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da altura e intensidade de poda sobre o incrementos em altura e diâmetro, em povoamentos de *Pinus taeda* L. de diferentes idades. O experimento foi instalado em 2009, utilizando-se delineamento experimental em blocos casualizados, em povoamentos de *Pinustaeda* com idades de 3, 4 e 5 anos. Os tratamentos consistiram de 20%, 30%, 40%, 50% e 60% da altura total das árvores podadas. Cada parcela foi constituída de 10 indivíduos em linha, contendo três repetições em três blocos. Os resultados demonstraram que há pouca ou nenhuma variação no desenvolvimento em altura independentemente da intensidade da poda. O incremento em diâmetro foi mais diretamente afetado no primeiro ano de avaliações. Pode-se concluir que 12 meses após a poda, no povoamento de 3 anos a poda em até 50% da altura das árvores não interferiu no seu desenvolvimento. No povoamento com 4 anos a poda em até 50% da altura das árvores não diminuiu o incremento em DAP e em até 60% da altura das árvores não diminuiu o incremento em altura. No povoamento com 5 anos, a poda em até 40% da altura das árvores causou diminuição no desenvolvimento em DAP e em até 60% da altura das árvores não causou diminuição no desenvolvimento em altura.

Palavras-chave: intensidade de poda; incremento; *Pinus taeda*.

ABSTRACT

The presence of nodes in the wood decreases mostly the mechanical proprieties interfering in his quality. To reduce their size and keep them restricted in the center of the log it's made the pruning. The objective of this paper was to evaluate the effect of the height and intensity of the pruning on the increment in height and diameter in stands of *Pinus taeda* L. at different ages. The experiment was installed in 2009 on *Pinus taeda* stands with 3, 4 and 5 years old, with the pruning intensity of 20%, 30%, 40%, 50% & 60% and the witness. Each sampling unit was constituted by ten specimens in line, with three repetitions in three blocks. The results showed that was little or no variation in the height development apart the intensity of prune. The diameter increment was more directly affected in the first year of evaluations. Concludes that twelve months after pruning, in the stand at three years old the pruning up to 50% of the tree height doesn't interfered in his development. In the four years old stand, the pruning up to 50% of the tree height doesn't reduced the diameter increment and up to 60% doesn't reduced the height increment. In the five years old stand, the pruning up to 40% of the tree height doesn't caused reduction in the diameter development and up to 60% doesn't caused reduction in the height development.

Keywords: pruning intensity; increment; *Pinus taeda*.

INTRODUÇÃO

A presença de nós vivos ou mortos na madeira prejudica sua qualidade e ocasiona a redução de sua resistência, levando o produto a uma classificação comercial inferior e a um preço menor.

O nó diminui a maioria das propriedades mecânicas em virtude de a madeira limpa ser substituída pelo nó. As fibras ao redor do nó por serem distorcidas causam grã transversal e a descontinuidade das fibras leva a concentração de tensões, assim como, frequentemente, ocorrem fendas nos nós durante a secagem (PONCE, 1984).

¹ Acadêmico de Engenharia Florestal do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Regional de Blumenau. Rua São Paulo, 606, CEP 89030-000, Blumenau (SC)

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Regional de Blumenau. Rua São Paulo, 3250, CEP 89030-000, Blumenau (SC) Ischorn@furb.br

³ Engenheiro Florestal, MSc., Engenheiro Florestal Renova Floresta Ltda. Rua José Maria Cardoso da Veiga, 735, CEP 89295-000, Rio Negrinho (SC)

⁴ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Regional de Blumenau. Rua São Paulo, 3250, CEP 89030-000, Blumenau (SC)

A desrama é uma prática silvicultural que tem por objetivo o aprimoramento da qualidade da madeira, especialmente redução dos nós e do confinamento dos mesmos no centro do fuste (PEREIRA, 2003). É interessante o início da desrama em plantações jovens, porque, sendo mais finos os galhos removidos permitem a obtenção de toras basais com nós circunscritos a um cilindro de diâmetro reduzido, que aumenta o valor da madeira no ato da colheita (COSTAS et al., 2005).

A retirada tanto dos ramos secos como dos ramos verdes deve ser executada de maneira que os ramos a serem removidos o sejam totalmente retirados, isto é, sem deixar cotos, que pela posterior atividade cambial venham a ser recobertos pelo lenho e dar origem a nós (MONTAGNA et al., 1993).

Para Menezes et al. (2000) podas muito severas podem interferir de forma negativa no diâmetro na idade de colheita, demonstrando que os efeitos da poda podem ser percebidos mesmo em longo prazo. Não obstante, Schneider (1999) afirma que uma árvore desramada pode alcançar o mesmo incremento de uma árvore sem desrama, quando esta é feita dentro dos parâmetros adequados.

Pereira (2003) conclui em seu estudo que a desrama de ramos verdes de *Pinustaeda* provoca uma redução da espessura dos anéis de crescimento no ano seguinte a operação, mas não sendo observado este efeito nos anos subsequentes.

Ao optar por um programa de desrama, é preciso analisar criteriosamente os objetivos, os custos e benefícios advindos da melhoria da madeira, sem o que se corre o risco de ter prejuízos. Devido a isto, se torna importante definir critérios que estabeleçam a altura de desrama adequada para cada espécie, região e tipo de povoamento, sem que haja perda no crescimento da floresta, bem como perda econômica (SCHNEIDER et al., 1999).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi a avaliação do efeito da altura e intensidade de poda sobre o incremento em altura e diâmetro em povoamentos de *Pinus taeda* L..

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2009, utilizando-se delineamento experimental em blocos casualizados, em povoamentos de *Pinustaeda* com idades de 3 anos, 4 anos e 5 anos. Os tratamentos realizados estão assim discriminados:

- T1- Testemunha
- T2- Retirada de ramos até 20% da altura
- T3- Retirada de ramos até 30% da altura
- T4- Retirada de ramos até 40% da altura
- T5- Retirada de ramos até 50% da altura
- T6- Retirada de ramos até 60% da altura

Cada tratamento foi constituído por três repetições e cada parcela por 10 indivíduos, em três áreas distintas (Blocos), sendo uma repetição em cada bloco. A instalação dos blocos foi realizada nas em linhas, sendo os tratamentos separados por uma árvore, que sofreu as mesmas intervenções realizadas no povoamento base. Os tratamentos foram sorteados quanto à posição dentro do bloco, visando minimizar os efeitos do ambiente (Tabela 1). O sorteio da disposição dos tratamentos nos blocos ficou da seguinte forma:

TABELA 1: Disposição dos tratamentos nos blocos.

TABLE 1: Treatment disposition on the blocks.

Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
T4	T5	T3
Poda padrão.	Poda padrão.	Poda padrão.
T6	T3	T2
Poda padrão.	Poda padrão.	Poda padrão.
T1	T4	T5
Poda padrão.	Poda padrão.	Poda padrão.
T5	T2	T4
Poda padrão.	Poda padrão.	Poda padrão.
T3	T1	T6
Poda padrão.	Poda padrão.	Poda padrão.
T2	T6	T1

As variáveis mensuradas foram DAP (diâmetro a altura do peito), altura total e altura até a copa.

Os instrumentos utilizados para a mensuração das variáveis em questão foram o hipsômetro para a medição das alturas, fita métrica para medição do DAP.

Foram realizadas mensurações nas parcelas experimentais em abril de 2009, juntamente com a realização da primeira poda, e em outubro de 2010. Foram calculados os incrementos em altura e em DAP, para cada tratamento e por idades. As medidas foram submetidas à análise de variância utilizando-

se a probabilidade de 5%. A comparação das médias foi realizado pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Povoamento com 3 anos

Os resultados dos valores de incrementos em altura e DAP, para a idade de 3 anos e tratamentos encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2: Altura, DAP e Incrementos em altura e DAP, por tratamento de poda em povoamentos de *Pinus taeda* com 3 anos, em Rio Negrinho, SC

TABLE 2: Height, DBH (diameter at breast height) and increment in height and DBH, by treatment of prune on stands of *Pinus taeda* with 3 years old, at Rio Negrinho, SC

Tratamentos	Alturas (m)				DAP (cm)			
	2009	2010	Incremento		2009	2010	Incremento	
T1	4,32	6,07	1,75	a	7,36	11,95	4,58	a
T2	4,39	6,06	1,67	a	7,46	11,83	4,37	a
T3	4,34	5,95	1,62	a	7,51	11,86	4,35	a
T4	4,36	5,97	1,61	a	7,19	11,65	4,46	a
T5	4,32	5,73	1,41	ab	7,11	10,72	3,61	a
T6	4,27	5,37	1,10	b	7,03	9,18	2,14	b

- Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade através do teste de Tukey.

Em 2009 a altura média das árvores situava-se em 4,35 m., enquanto que o DAP médio estava próximo de 7,3 cm. Os valores de altura e DAP em 2010 foram, na média, de 5,86 m e 11,20 cm, respectivamente.

O tratamento 6 apresentou diferença significativa no incremento em altura em relação aos tratamentos 1, 2, 3 e 4 apresentando um incremento inferior (Tabela 2). De igual forma o incremento em diâmetro do tratamento 6 foi significativamente inferior, desta vez em relação a todos os outros tratamentos.

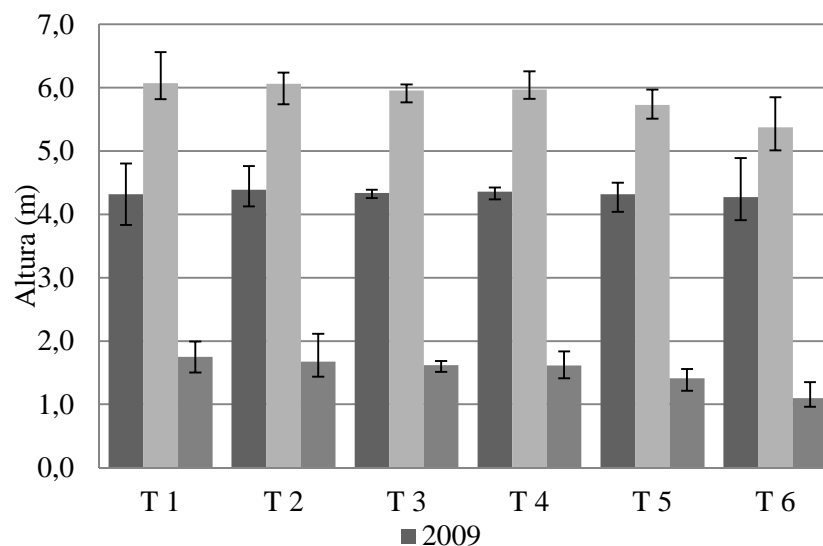


FIGURA 1: Alturas e incrementos em altura por tratamento de poda em *Pinus taeda* em Rio Negrinho, SC
FIGURE 1: Height and increment in height by treatment of prune in *Pinus taeda* in Rio Negrinho, SC

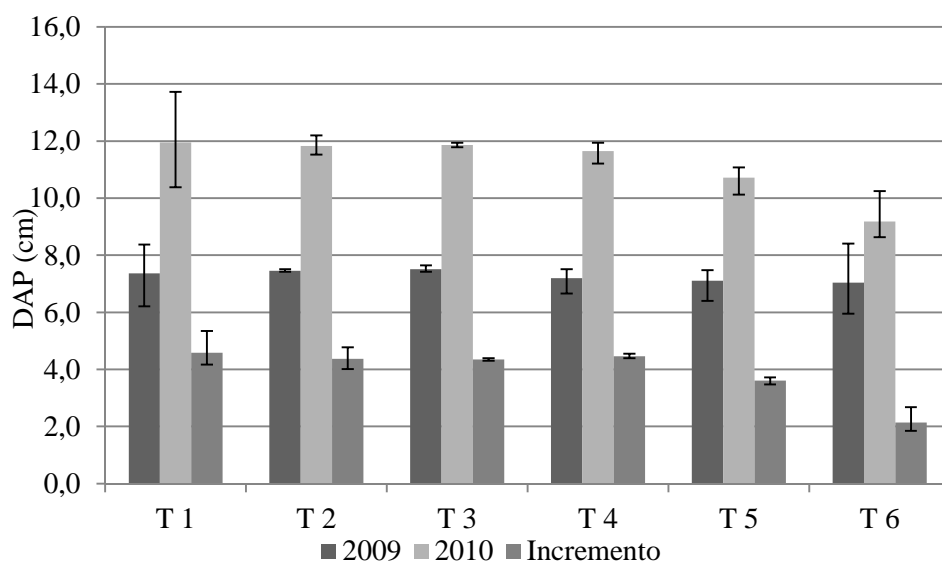


FIGURA 2: Diâmetros e incrementos em diâmetro, por tratamentos de poda em *Pinus taeda* em Rio Negrinho, SC

FIGURE 2: Diameter and increment in diameter by treatment of prune in *Pinus taeda* in Rio Negrinho, SC

Observa-se assim, que na idade de 3 anos a intensidade de poda superior a 50% da altura prejudicou o crescimento das árvores, tanto em DAP quanto em altura.

Povoamento com 4 anos

Os resultados dos valores de incrementos em altura e DAP, para a idade de 4 anos e tratamentos encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3: Altura, DAP e Incrementos em altura e DAP, por tratamento de poda em povoamentos de *Pinus taeda* com 4 anos, em Rio Negrinho, SC

TABLE 3: Height, DBH (diameter at breast height) and increment in height and DBH, by treatment of prune on stands of *Pinus taeda* with 4 years old, at Rio Negrinho, SC

Tratamentos	Alturas (m)			DAP (cm)				
	2009	2010	Incremento	2009	2010	Incremento		
T1	5,56	7,16	1,60	a	10,55	14,19	3,64	ab
T2	6,07	7,44	1,37	ab	11,28	15,09	3,81	a
T3	5,57	7,13	1,56	ab	10,30	13,73	3,43	abc
T4	5,38	6,92	1,55	ab	9,97	12,93	2,96	bcd
T5	5,58	7,06	1,48	ab	10,27	13,06	2,79	cd
T6	5,70	6,94	1,24	b	10,20	12,48	2,28	d

- Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade através do teste de Tukey.

Nas parcelas instaladas nos povoamentos com idade de 4 anos houve diferenças significativa no incremento em altura apenas entre o tratamento testemunha e o tratamento 6. Desta forma, pode-se afirmar que é possível realizar a poda de até 50% da altura em *Pinus taeda* com 4 anos de idade sem uma perda significativa no incremento.

Não obstante, o incremento em diâmetro apresentou grande variação de resultados. O tratamento 2 diferenciou-se dos três tratamentos com poda mais intensa, porém não se diferenciou dos tratamentos 1 e 3. Os resultados sugerem uma tendência à diminuição do incremento com o aumento da intensidade da poda.

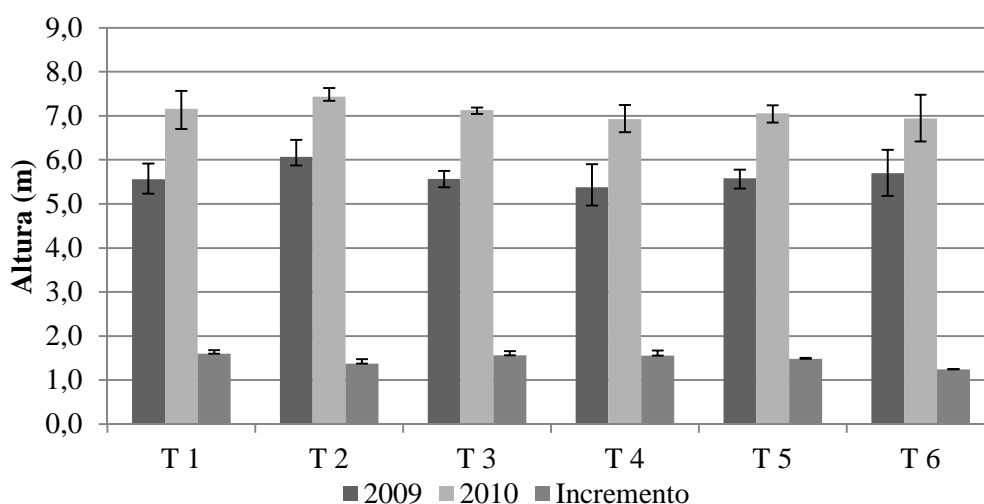


FIGURA 3: Alturas e incrementos em altura por tratamento de poda em *Pinus taeda* em Rio Negrinho, SC
 FIGURE 3: Height and increment in height by treatment of prune in *Pinus taeda* in Rio Negrinho, SC

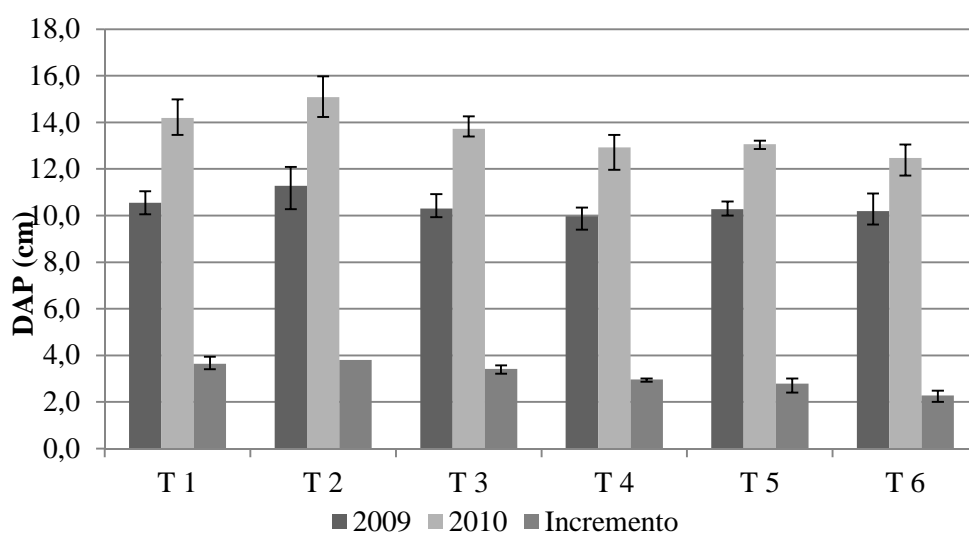


FIGURA 4: Diâmetros e incrementos em diâmetro, por tratamentos de poda em *Pinus taeda* em Rio Negrinho, SC
 FIGURE 4: Diameter and increment in diameter by treatment of prune in *Pinus taeda* in Rio Negrinho, SC

Povoamento com 5 anos

Os resultados dos valores de incrementos em altura e DAP, para a idade de 5 anos e tratamentos encontram-se na Tabela 4.

Em 2009 a altura média das árvores com idade de 5 anos situava-se em 7,3 m., enquanto que o DAP médio estava próximo de 14,7 cm. Os valores de altura em 2010 não mostraram relação com a intensidade poda aplicada nos tratamentos não havendo diferença estatística entre os mesmos. Desta forma, pode-se concluir que na idade de 5 anos não houve efeito da intensidade de poda sobre o crescimento em altura das árvores.

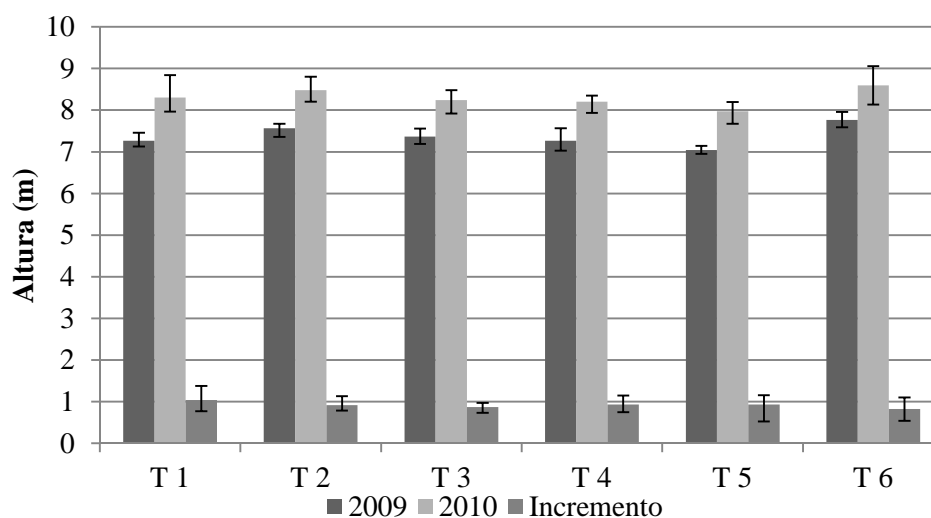
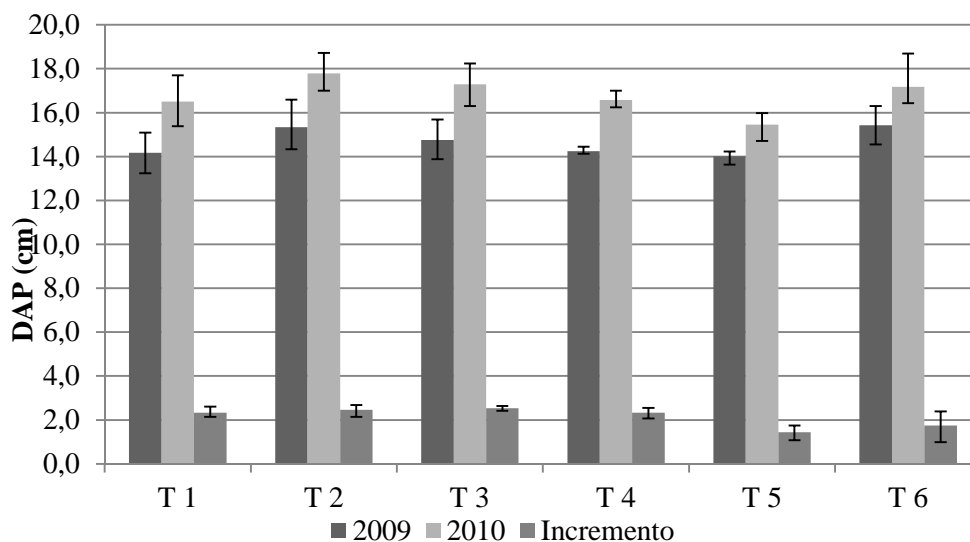
Já para o incremento em DAP observou-se diferença significativa apenas entre os tratamentos 2 e 3 e o tratamento 5. Este resultado não permite uma conclusão sobre a interferência da poda sobre o desenvolvimento da árvore para esta idade, mas apenas confirma a tendência observada para as outras idades de que o incremento em DAP diminui com o aumento da intensidade de poda aplicada.

TABELA 4: Altura, DAP e Incrementos em altura e DAP, por tratamento em povoamentos aos 5 anos em Rio Negrinho - SC

TABLE 4: Height, DBH (diameter at breast height) and increment in height and DBH, by treatment on stands with 5 years old at Rio Negrinho - SC

Tratamentos	Alturas (m)			DAP (cm)				
	2009	2010	Incremento	2009	2010	Incremento		
T1	7,26	8,30	1,04	a	14,18	16,50	2,32	ab
T2	7,56	8,48	0,92	a	15,33	17,79	2,46	a
T3	7,37	8,24	0,88	a	14,76	17,29	2,54	a
T4	7,27	8,20	0,94	a	14,25	16,57	2,32	ab
T5	7,04	7,97	0,93	a	14,01	15,45	1,44	b
T6	7,77	8,60	0,83	a	15,43	17,18	1,75	ab

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade através do teste de Tukey.

FIGURA 5: Alturas e incrementos em altura por tratamento de poda em *Pinus taeda* em Rio Negrinho, SCFIGURE 5: Height and increment in height by treatment of prune in *Pinus taeda* in Rio Negrinho, SCFIGURA 6: Diâmetros e incrementos em diâmetro, por tratamentos de poda em *Pinus taeda* em Rio Negrinho, SCFIGURE 6: Diameter and increment in diameter by treatment of prune in *Pinus taeda* in Rio Negrinho, SC

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos até o momento, pode-se concluir que:

- para povoamentos com idade de 3 anos pode-se aplicar a poda em até 50% da altura das árvores;
- para povoamentos com idade de 4 anos pode-se aplicar a poda em até 50% da altura das árvores sem prejuízo no crescimento em DAP e em até 60% da altura das árvores sem prejuízo no crescimento em altura;
- para povoamentos com idade de 5 anos pode-se aplicar a poda em até 40% da altura das árvores sem prejuízo no crescimento em DAP e em até 60% da altura das árvores sem prejuízo no crescimento em altura.

REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS

COSTAS, R. MAC DONAGH, P. WEBER, E. FIGUEIREDO, S. IRSCHICK, S. Influencias de la densidad y podas sobre la producción de *Pinus taeda* L. a los 7 años de edad. **Ciência Florestal**. v.15, n.3, p.275-284.2005.

MENEZES, M. GUZMAN, S. Análisis de la eficiencia de la silvicultura destinada a la obtención de madera libre de nudos en plantaciones de pino radiata en Chile. **Bosque**. v.21, n.2, p.85-93.2000.

MONTAGNA, R. G., FERNANDES, P. S., ROCHA, F. T., FLORSHEIM, S. M. B.; HOPPE, J. M.. **Influência da desrama artificial sobre o crescimento e a densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliotti***. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.9, n.27, p.35 – 46 Ago.1993.

PEREIRA, J.C.D.; AHRENS, S. Efeito da desrama sobre a espessura e densidade da madeira dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* L. **Bol. Pesq.Fl.**.v.46, p.47-56.2003.

PONCE, R. M. Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico. **Silvicultura**, São Paulo, v.9, n.34. p.9-13, 1984.

SCHNEIDER, P.R. FINGER, C.A.G. HOPPE, J.M. Efeito da intensidade de desrama na produção de *Pinus elliottii* Engelm., implantado em solo pobre, no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**.v.9, n.1, p.35-46.1999.

**COMPARAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS ESPACIAIS E MODELOS DE REGRESSÃO PARA
DESCREVER A VARIAÇÃO TEMPORAL DA ALTURA DOMINANTE**

**SPATIAL TOOLS AND REGRESSION MODELS TO DESCRIBE THE TEMPORAL
VARIATION IN DOMINANT HEIGHT**

Mariana Peres de Lima¹; Samuel de Pádua Chaves e Carvalho²; Fidel Cándano Acosta³;
Marcos Felipe Nicoletti⁴

RESUMO

O trabalho objetiva avaliar o uso de ferramentas de análise espacial comparada aos modelos clássicos da literatura florestal que possibilitem obter como produto final, mapas temáticos para descrever a variação temporal da altura dominante. Os dados são originados de parcelas permanentes instaladas em povoamentos de híbridos de *Eucalyptus* localizados na região do Vale do Paraíba – SP, com idade entre 2,2 e 5,0 anos. Como modelo biométrico foi proposto o uso do modelo de Schumacher e o método IDW – (“Inverse Distance Weighed”) como ferramenta espacial. Verificou que ambas ferramentas são passíveis de classificar temporalmente as variações da altura dominante e se assemelham nos resultados encontrados. O método IDW bem como a classificação de sítio tradicional se mostraram eficientes para descreverem a produtividade local e servir de ferramenta para fornecer informações que influenciam nos processos decisórios de empreendimentos florestais.

Palavras-chave: análise espacial; altura dominante; interpolação.

ABSTRACT

The work aims to evaluate the use of spatial analysis tools compared to classic models of literature that allow forest to get to the final product, thematic maps to describe the temporal variation in dominant height. The data is sourced from permanent plots established in stands of Eucalyptus hybrid located in Vale do Paraíba - SP, with ages between 2.2 and 5.0 years. As biometric template was proposed use of the Schumacher model and IDW method - ("Inverse Distance Weighed") as a tool space. Found that both tools are capable of classifying the temporal variations of dominant height and resemble the results found. The IDW method and the classification of traditional site has proved effective to describe the local productivity and serve as a tool to provide information that influence the decision making processes of forest companies.

Keywords: spatial analysis; dominant height; interpolation

INTRODUÇÃO

Medições sucessivas de árvores são importantes e necessárias para diversos fins, entre eles acompanhar a evolução da espécie e sua adaptabilidade em determinadas regiões onde estas plantas estão alocadas. Inventários Florestais contínuos são utilizados para que através de remedições de atributos florestais como diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (HT), altura dominante (HD), idade (i), área basal (G), entre outros atributos sejam determinados para que sejam elaborados modelos de prognose de crescimento e produção florestal, determinação de índices de produtividade local ou sítios, entre outros. Muitos destes modelos são ferramentas que fornecem informações para tomadas de decisão em grandes empreendimentos florestais, daí sua grande importância.

Com o advento da difusão das geotecnologias e por suas ferramentas como Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sensoriamento Remoto (SR) e o Sistema de Posicionamento Global (SPG) serem uma realidade nas empresas de base florestal torna-se necessária uma exploração mais intensa no que diz respeito aos processos espaciais que auxiliem como ferramenta para gestores florestais. Pode-se citar o exemplo de interpoladores espaciais como método do vizinho mais próximo, média local, inverso

¹Engenheira Florestal, Professora Assistente do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais- ICAA Universidade Federal de Mato Grosso- UFMT/*Campus* Sinop. Av. Alexandre Ferronato, nº1200, CEP 78.550-000, Sinop (MT). mari.lima@usp.br, marianaperes@ufmt.br

²Engenheiro Florestal, Doutorando em Recursos Florestais – ESALQ/USP, Especialista em Biometria e Inventário Florestal – Fibria Celulose S/A. Rod. Aracruz-Barra do Riacho, s/n, km25, Aracruz-ES, CEP 29.197-900, spcarvalho@usp.br, samuel.carvalho@fibria.com.br

³Engenheira Florestal, Professor Adjunto do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais- ICAA Universidade Federal de Mato Grosso- UFMT/*Campus* Sinop. Av. Alexandre Ferronato, nº1200, CEP 78.550-000, Sinop (MT). fcandano23@gmail.com,

⁴Engenheiro Florestal, Msc., Professor Colaborador do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina. CEP 88.520-000, Lages (SC). mfnicoletti@usp.br

do quadrado da distância e krigagem como tais. Estes inúmeros métodos possuem diversos níveis de complexidade e estão disponíveis na literatura (TIEPPO et al., 2007).

Este trabalho introduziu a utilização de uma ferramenta de SIG conhecida como Ponderação do Inverso das Distâncias, do inglês *Inverse Distance Weighted* - IDW. Seu princípio é estimar valores para locais que não foram amostrados. Silva et al. (2008) acrescenta que mesmo a krigagem faz uma descrição mais acurada da estrutura espacial dos dados e produção de valiosas informações sobre a distribuição da estimativa de erro, afirma que para determinados casos a o método IDW demonstra-se mais eficiente que a krigagem.

O IDW é um interpolador que baseia-se na dependência espacial entre as variáveis e supõe que pontos próximos entre si possuirão correlações maiores do que pontos mais distantes, ou seja, segundo Davis (1986) que este método considera que os dados pontuais são ponderados durante a interpolação de tal forma que a influencia de um determinado dado pontual em relação ao outro diminui com o aumento da distância. Em estudo realizado por Lima et al. (2008) este método foi utilizado com resultado satisfatório para a elaboração de mapas temporais para modelos de prognose e produção florestal.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi utilizar o método IDW comparado a classificação tradicional de sítios florestais com a finalidade de gerar mapas temáticos que possibilitem a comparação de ambos os métodos e que se tornem ferramentas que se completam e que possibilitem gerar informações mais acuradas para os tomadores de decisão.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em povoamentos de híbridos do gênero *Eucalyptus* em uma fazenda pertencente à empresa Fibria Celulose S/A. A área se localiza na região do vale do Paraíba, estado de São Paulo (Figura 1).

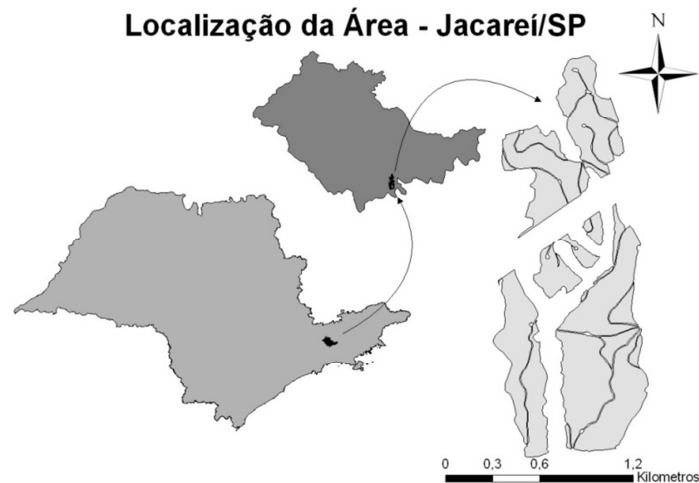


FIGURA 1: Localização da área de estudo.

FIGURE 1: Location of study area

O clima da região, segundo Molion (1975) citado por Macedo (2009) é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com um total anual de precipitação em torno de 1.100 mm em que se tem uma estação seca de inverno com totais mensais de precipitação inferiores a 50 mm, que se dá entre os meses de abril e setembro. As temperaturas médias do ar oscilam entre 17.7°C no mês mais frio (julho) e 23.9°C em fevereiro, com umidade relativa média do ar em torno de 76%, o que segundo Silva (1989) caracteriza uma região de clima ameno. Lepsh e Oliveira (1987), EMBRAPA (1999) e BRASIL (1960) citados por Macedo (2009), afirmam que os solos desta região são predominantemente do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo fase rasa com probabilidade de ocorrência de Cambissolos e Podzólicos sendo que este comportamento é dado em função do tipo topográfico do terreno, mas todos com textura argilosa, perfil A moderado ou proeminente, com relevo forte ondulado ou montanhoso.

As áreas deste trabalho contemplam plantios clonais de eucalipto em regime de manejo alto fuste com idade variando de dois a cinco anos e espaçamento médio predominante de 3.0 x 2.0 m, totalizando 1667 covas por hectare.

A tabela 1 apresenta o *range* de parte das informações dendrométricas utilizadas no estudo: DAP = diâmetro a altura do peito (cm); G = área basal (m².ha⁻¹); HT = altura total (m); HDOM = altura dominante (m); NFUSTES = número de fustes por hectare.:

TABELA 1: Informações dendrométricas.
TABLE 1: Information dendrometric.

	DAP	G	HT	HDOM	NFUSTES
Mínimo	9.60	7.19	11.86	12.12	895
Médio	13.05	18.68	20.05	22.01	1345
Máximo	16.23	32.35	27.18	30.00	2465

Classificação de sítio

Proposto por Schumacher (1939) o modelo (1) é amplamente difundido na área florestal em todo o mundo. Trata-se de um modelo de alta flexibilidade sendo que muitas das relações obtidas em observações de campo são passíveis de serem descritas por este modelo como: curvas de crescimento e produção; relação altura e diâmetro; entre outras.

Algumas das características intrínsecas a este modelo são:

- é de interpretação biológica;
- é de caráter assintótico, representado pela expressão “ $exp(\beta_0)$ ”. Ponto este que representa o potencial de máximo crescimento de qualquer organismo;
- ponto de inflexão representado por “ $-\beta_1 / 2$ ” e idade técnica de corte ou rotação silvicultural dado por “ $-\beta_1$ ”;
- Taxa de crescimento decrescente com a idade.

O modelo no seu formato original para representar a relação de crescimento em altura dominante é expresso como:

$$Hdom_i = exp\left(\beta_0 + \frac{\beta_1}{I_i}\right) \varepsilon_i$$

Em que: $Hdom_i$ = altura média das 100 árvores dominantes por hectare (m) da i -ésima unidade amostral; I_i = idade do povoamento no instante i ; β'_s = parâmetros da regressão; ε_i = erro aleatório.

Sua forma linear é:

$$\ln Hdom_i = \beta_0 + \frac{\beta_1}{Idade_i} + \varepsilon_i$$

Para se gerar as curvas por classe de capacidade produtiva, também conhecidas, como curvas das classes de índice de sítio, basta como por definição considerar uma idade de referência, neste caso em particular, 5 anos, e rearranjar o modelo ficando o mesmo conforme a seguir:

$$\ln IS = \beta_0 + \frac{\beta_1}{I_{ref}} + \varepsilon_i$$

Em que: IS = é a altura das árvores dominantes (m) na idade de referência representado por um valor médio da classe de sítio; I_{ref} = idade de referência (anos).

A partir desta é possível se gerar curvas do tipo anamórfica (mesma forma) e polimórfica (forma diferente). As anamórficas consideram o parâmetro β_0 específico do sítio, ou seja, considera-se que o povoamento cresce a uma taxa constante para a variável em questão para as diferentes classes de produtividade. Neste contexto são geradas curvas paralelas. Ao se considerar o parâmetro β_1 específico do sítio, tem-se portanto um conjunto de curvas do tipo polimórficas. Nesta última considera-se que o povoamento cresce a diferentes taxas para cada classe de produtividade / sítio.

Seu formato anamórfico para se estimar alturas nas várias idades é:

$$\ln Hdom_i = \ln IS_i + \beta_1 \left(\frac{1}{I} - \frac{1}{I_{ref}} \right) + \varepsilon_i$$

Já o formato polimórfico é então obtido como:

$$\ln Hdom_i = \beta_0 + \frac{[(\ln IS_i - \beta_0)I_{ref}]}{I}$$

Neste trabalho foi utilizada a técnica de construção de curvas médias anamórficas aplicadas com o modelo de Schumacher. Foram consideradas 3 classes de sítio neste trabalho. Os valores de cada classe foram 22.5m, 25.5m, 28.5m para as classes inferior, média e superior respectivamente. Mais detalhes

sobre esta técnica podem ser obtidos em Clutter et al. (1983).

Análise espacial

Os dados vetoriais em formatos shapefile (.SHP) foram georreferenciados em SIRGAS e incorporados a um Sistema de Informação Geográfica - SIG em ambiente ArcGIS 10. Foram importados para o SIG informações de limite do projeto, limite dos talhões, hidrografia, áreas de preservação permanente, estradas e a localização central das parcelas que sofreram remediações em 2,2; 3,1; 4,2 e 5,0 anos de idade.

Os dados do inventário foram adicionados em formato de tabela de atributos nos dados espaciais das parcelas permanentes e posteriormente foram utilizados para a elaboração dos mapas de interpolação espacial de altura dominante (HD) e índice de sítio (IS). A elaboração dos mapas foi realizada através do método de interpolação – IDW, devido este algoritmo, que é bastante implementado em uma série de programas comerciais, presente também na extensão do “Spatial Analyst” (Analista Espacial) do ArcGIS 10.

A formulação do método IDW traduzido como “*inverso quadrados das distâncias*”, está apresentado abaixo:

$$Xp = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}}$$

Em que: Xp = variável interpolada; x_i = valor da variável da i -ésima localidade vizinha; e d_i = distância euclidiana entre o i -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado.

Os mapas foram confeccionados de acordo com os dados das respectivas idades fornecidas pelas remediações. O interpolador pode ser manipulado de três formas: barreiras (*barries*), número de vizinhos (*n° of neighbors*) ou raio de busca (*radius*). Neste caso foi utilizado o parâmetro barreiras e assumiu-se que a fronteira limite para a busca dos pontos, neste caso as parcelas, seriam determinadas pelas fronteiras de delimitação dos talhões.

A partir desta interpolação realizada para as diferentes idades pode-se obter a evolução temporal que a variação espacial da altura dominante e o índice de sítio ao longo dos anos, onde ocorrem remediações, permitindo a visualização do comportamento dos clones/espécie na determinada área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da interpolação espacial estão apresentados na Figuras 2 e Figura 3, onde verificam-se que existe mudanças entre as classes de produtividade (baixa, média e alta) obtidas pela ferramenta de interpolação espacial quando considerarmos a variação temporal das duas variáveis: altura dominante e índice de sítio.

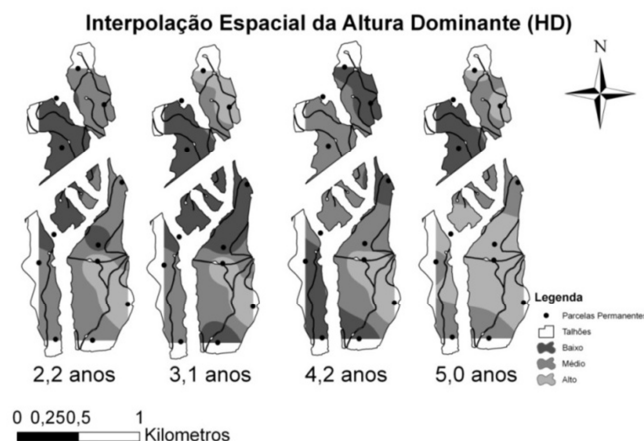


FIGURA 2: Mapas de evolução temporal das interpolações das classes de altura dominante - (HD)
FIGURE 2: Maps of temporal evolution of the interpolations of dominant height classes - (HD)

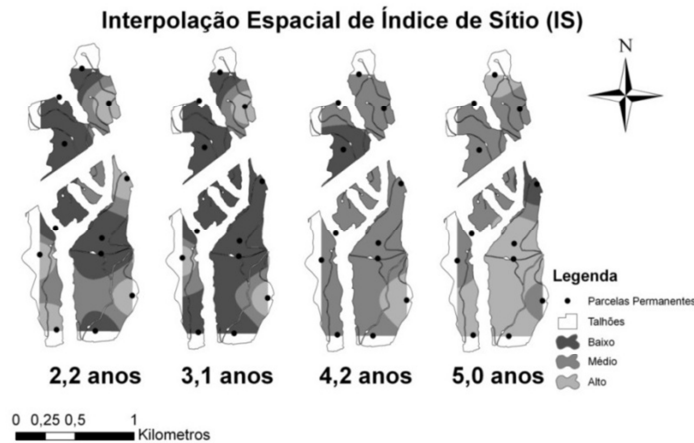


FIGURA 3: Mapas de evolução temporal das interpolações das classes do índice de sítio – (IS)
 FIGURE 3: Maps of temporal evolution of the interpolations of site index classes - (IS)

No geral pode-se dizer que há uma redução com o tempo de áreas pertencentes a classes inferiores. Parte desta variação pode ser explicada por diversas hipóteses biológicas, dentre as quais destaca-se aquela que fundamenta-se na alta taxa de competição e crescimento acelerado em povoamentos clonais de eucalipto, principalmente em idades inferiores a 2 anos, verificando uma tendência à estabilidade com o passar do tempo.

Verifica-se que há uma mudança nas classes de produtividade (baixa, média e alta) obtidas pela ferramenta de interpolação espacial quando considerarmos a variação temporal da variável.

A mesma análise é compreendida pela Figura 3. Porém nesta, foi fixada a idade de 5 anos para construir as 3 classes de sítio. A mesma interpretação pode ser obtida quando comparada à Figura 2, em que há uma tendência de estabilidade de classes em idades superiores, mas ainda com variações de classes com o tempo.

CONCLUSÕES

Verificou-se que o método da ponderação do inverso da distância é uma ferramenta promissora e potencial para a elaboração de mapas temáticos, os quais possibilitaram obter informações relativas à variação temporal da altura dominante e do índice de sítio que é fonte de informações de potencial produtivo de um local e que sua análise está intimamente relacionada ao suporte para a tomada de decisão no planejamento das atividades florestais.

A análise da interpolação da altura dominante e índice de sítio mostram que ocorreu uma variação espacial ao longo do tempo e que a estabilidade de classes tende a ocorrer em idades mais avançadas para povoamentos de híbridos de eucalipto de rápido crescimento.

AGRADECIMENTOS

À empresa Fibria Celulose S/A pela concessão dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Boletim n. 12. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura, 1960.

CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENNAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. **Timber management: a quantitative approach**. New York: J. Wiley, 1983. 333 p.

DAVIS, J. C. **Statistics and data analysis in geology**. Second Edition, John Wiley & Sons, 1986. 646

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

LEPSH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. Explicações sumárias sobre a nova nomenclatura das legendas de mapas pedológicos de São Paulo. **Boletim Técnico**, n. 117, Campinas, Instituto Agrônomo, 1987.

LIMA, M. P. de ; GUIMARAES, M . A. M.; CARVALHO, L. M. T. de. Interpolação espacial da prognose de produção florestal usando sistemas de informações geográficas. In: VIII SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SRNSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES

- GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 2008, Curitiba. **Anais...**, p. 464-469.
- MACEDO, R. C. **Estimativa volumétrica de povoamento clonal de *Eucalyptus sp.* através de laserscanner aerotransportado.** 2009. 145f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos.
- MOLION, L. D. B. **O clima de São José dos Campos.** São José dos Campos: INPE. 1975.mimeografado.
- SCHUMACHER, F. X. A new growth curve and its application to timber studies. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 37, p. 819-820, 1939.
- SILVA, S.de A.; LIMA, J. S. de S; SOUZA, G. S. de; OLIVEIRA, R. B. de. Avaliação de intepoladores estatísticos e determinísticos na estimativa de atributos do solo em agricultura de precirsão. **IDESIA**, Chile, v. 26, n. 2, p. 75-81, mai./ago. 2008.
- SILVA, A. F. da. **Composição florística e estrutura fitossociológica do estrato arbóreo da Reserva Florestal Professor Augusto Ruschi, São José dos Campos, SP.** Tese de doutorado. Unicamp, Campinas, SP. 1989. 162p.
- TIEPPO, R. C.; SOUZA, E. G.; URIBE OPAZO, M. A.; SILVEIRA, J. C. Avaliação de diferentes interpoladores na geração de mapas temáticos da profundidade de soja em agricultura de precisão. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Viçosa 2007. **Anais... IV SIAP**, Viçosa, outubro. 2007.

MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: MONITORAMENTO DE INDICADORES SILVICULTURAI

SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN BRAZILIAN AMAZON: SILVICULTURAL INDICATORS MONITORING

Eder Zanetti¹; Joésio Siqueira²

RESUMO

A Economia Verde surge como uma oportunidade para integração da natureza ao capital dos países. O setor florestal tem alta competitividade nos mercados globais da Economia Verde, e a sustentabilidade do Manejo Florestal Sustentável nos países é fundamental para garantir uma inserção segura. O monitoramento do setor florestal na Amazônia Brasileira obedece a um sistema de monitoramento de C&I locais de MFS, com sistema silvicultural de corte seletivo de espécies com DAPmín e abandono das áreas para regeneração natural. Quando analisado o MFS com C&I no nível de país, a Amazônia Brasileira apresentou um nível de conformidade de 50% - Parcialmente Implantado, com os aspectos sociais e econômicos os mais limitantes. As práticas silviculturais influenciam 4 dos 24 indicadores utilizados, e a excessiva regulamentação e baixo nível infra-estrutura e de geração de trabalho e renda foram os fatores que mais puxaram o mal desempenho dos índices para a região. A presença de pragas e doenças que atacam pessoas e florestas é um fator especialmente preocupante. Foram descritos casos de sucesso na adoção dessas práticas em todo o mundo. Esse trabalho sugere a adoção de Critérios & Indicadores amplos de monitoramento de MFS ao Código Florestal Brasileiro, permitindo o uso de alternativas silviculturais para as diferentes características das florestas, visando aumentar a produtividade e sustentabilidade do Manejo Florestal na Amazônia Brasileira. A integração do setor florestal na Economia Verde depende do ajuste das práticas de MFS no nível de país para se harmonizarem com as dos demais países. O sistema utilizado no Brasil – Tarapoto, é um dos com mais baixo nível de correspondência com os demais.

Palavras-chave: Manejo florestal sustentável; silvicultura; critérios & indicadores

ABSTRACT

The Green Economy emerges as an opportunity for integrating nature into countries capital. Forest sector portray high competitiveness for Green Economy global markets, and countries Sustainable Forest Management is essential to assure a smooth insertion. Monitoring of SFM at Brazilian Amazon follows a local level set of C&I, under minimum diameter selective cuttings and natural regeneration. When analyzed using country level SFM C&I the Brazilian Amazon presented a 50% conformity level – Partially Implemented, having on its social and economical aspects the larger constrains. Silvicultural practices influence 4 from the 24 indicators measured, and regulatory excessiveness and low infra-structure, low income and job creation were the main factor pushing down the index. Overspread plagues and diseases, threatening humans and forests are of special concern. Modern silviculture success cases were presented. This study suggest adoption of country level SFM C&I at the Brazilian Forest Code, allowing for the use of alternative silvicultural systems for different forest characteristics, aiming at productivity increase and sustainability of SFM in Brazilian Amazon. Forest sector integration within a Green Economy relays on countries SFM practices adjustments, in order to harmonize them into global SFM C&I. the Brazilian system (Tarapoto) is within the group of C&I with lower correspondence to the others.

Keywords: Sustainable Forest Management; silviculture; criteria & indicators

INTRODUÇÃO

Capital é o estoque de materiais ou informações que existem em um sistema durante um determinado período de tempo: Capital Financeiro; Capital Feito pelo Homem; Capital Social. Assim com o Capital Feito pelo Homem (plantas hidrelétricas, estação de tratamento de água e esgoto etc), o Capital Natural fornece um fluxo contínuo de Bens e Serviços Ecossistêmicos. O Capital Natural Vivo, como nos ecossistemas (sustentado pela energia solar), pode ser aproveitado para obtenção de produtos e serviços de maneira adequada.

¹ Eng Florestal, Doutorando em MFS para Amazônia Brasileira. Departamento de Manejo Florestal Sustentável, UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner, 90080210-170 - Jardim Botânico - Curitiba - Paraná – Brasil. eder.zanetti@fulbrightmail.org

² Eng Florestal, Dr., pós-graduação. Departamento de Manejo Florestal Sustentável, UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner, 90080210-170 - Jardim Botânico - Curitiba - Paraná - Brasil. joesio@stcp.com.br

Os bens e serviços ambientais são esses que aproveitam adequadamente dos ecossistemas. As estratégias empresariais para incorporar a sustentabilidade podem alcançar níveis de eficiência elevados, quando orientadas para responder a necessidade de critérios adequados de gestão de recursos ambientais, sociais e econômicos. Para que as estratégias de incorporação do capital natural às estratégias de sustentabilidade corporativas signifiquem ganhos de competitividade (ORSATO, 2009).

Para o setor florestal, o Capital Natural está na base da estratégia empresarial de sustentabilidade. A gestão sustentável das árvores e florestas é a estratégia para incorporar a base de recursos às práticas de RSC. Uma atividade voltada para garantir competitividade na Economia Verde.

A Economia Verde favorece o crescimento de renda e emprego com investimentos públicos e privados que recuperam, mantêm ou melhoram as condições para a produção e o consumo de bens e serviços ambientais, e que preservam os serviços ecossistêmicos. Essa forma de desenvolvimento valoriza o capital do recurso natural e sua importância para a sociedade (PNUD, 2010).

As atividades rurais produtivas, como agricultura, pecuária e reflorestamento, dominam as formas de uso da terra pelo homem, e tem uma relação direta com a provisão de serviços ecossistêmicos das regiões que ocupam. Entre as metas dos Objetivos do Milênio - ODM está a demanda por integrar os princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas dos países e inverter a perda de recursos ambientais (PNUD, 2010).

A importância das florestas para a Economia Verde está retratada no Plano de Ação (UNECE): Produção e Consumo de madeira de origem sustentada; Setor florestal de baixo carbono; Empregos verdes no setor florestal; Avaliação e Pagamento por Serviço Ecossistêmico das florestas; Governança e monitoramento do setor florestal (UNECE, 2011).

Justificativas

Para que o país e o setor florestal possam aproveitar as oportunidades da economia verde para fornecer bens e serviços ambientais, critérios e indicadores de monitoramento são necessários. Eles transmitem para o consumidor uma mensagem clara, sobre o comportamento do setor com um todo.

O Manejo Florestal Sustentável - MFS é uma estratégia de uso da terra, que combina as diferentes funções das florestas (suprimento, suporte, regulatório e cultural), de forma a garantir a perpetuidade da base de recursos. Para identificar a efetividade da contribuição do MFS como alternativa de cultivo do solo, são empregados sistemas de monitoramento e avaliação, normalmente baseados em princípios, critérios e indicadores.

O Manejo Florestal Sustentável da Amazônia Brasileira, uma das alternativas de uso da terra na região, promove o uso de sistema silvicultural de corte seletivo e regeneração natural. Muitas vezes, esse sistema silvicultural é confundido com o conceito amplo de MFS, dificultando a avaliação das políticas públicas florestais para a região como um todo.

Atualmente existe regulamentação apenas para o monitoramento da prática dos Planos de Manejo Florestal Sustentável - PMFS, com uma série de indicadores de nível local para avaliar sua efetividade. O monitoramento de nível regional é somente realizado através do sensoriamento remoto do desmatamento e em algum nível, da degradação florestal. Esses indicadores trazem pouca informação sobre o desempenho de indicadores ambientais, sociais e econômicos para avaliar o MFS no bioma Amazônia como um todo.

Entretanto, o PMFS é uma prática silvicultural que envolve alguns aspectos e características particulares da atividade com valor específico para as propriedades e limites geográficos de sua implantação. Esses aspectos e características particulares tem uma importância local para evidenciar o comportamento do empreendimento em relação as salvaguardas ambientais, inclusão social e manutenção econômica da atividades.

Silvicultura vem do latim *silva* – floresta e *culture* – cultivo. É a arte, ciência, teoria e prática do controle no estabelecimento, composição, crescimento, qualidade e sanidade das florestas para atingir objetivos de manejo (FREDERICKSEN e PUTZ, 2003). Esses objetivos de manejo podem incluir produção de madeira, de PFNM, carbono, estética, conservação, recreação ou múltiplos usos para produção e prestação de serviços ambientais. A prática pode ser empregada para ritmos de crescimento, qualidade de sítio, aumentar a prestação dos serviços ecossistêmicos ou outras. Assim como para manter uma floresta saudável, produtiva, confortável e sustentável. Vários sistemas podem ser utilizados para atingir os objetivos do manejo, incluído seleção de uma árvore ou de um grupo de árvores, sombreamento com método de uniformização, método de faixas ou de sementes arbóreas, desbastes pré-comerciais e comerciais, cortes rasos com regeneração natural ou artificial (faixas alternada, faixas progressivas, caminhos etc) (KARSENTY e GOURLET-FLEURY, 2006).

A aplicação sistemática de um sistema silvicultural apropriado, é um princípio básico a ser incorporado no planejamento do manejo sustentado de florestas tropicais. Desde que o planejamento de manejo de florestas tropicais foi introduzido, um grande número de sistemas silviculturais tem sido desenvolvidos, todos eles contendo como base de manejo a produção de madeira. Nas operações silviculturais, são realizados planejamentos criteriosos para escolha e propagação de matrizes, em bosques ou áreas de produção de sementes. Essas sementes selecionadas são colhidas, embaladas e

enviadas para viveiros florestais, aonde serão utilizadas para a produção de mudas de espécies florestais com características desejadas e superiores, ensejando ainda projetos de melhoramento genético. Essas mudas são transplantadas para o campo, aonde irão gerar indivíduos de alta produtividade. A implantação desses plantios envolve trabalhos de preparo do terreno, coveamento, combate à insetos e pragas, limpezas periódicas e monitoramento, irrigação e fertilização. Povoamentos de alta produtividade ensejam condução por corte de galhos, desbastes e colheitas florestais parciais e finais. O combate às pragas e doenças estendem-se por toda a vida da floresta. A clonagem dos melhores indivíduos depende de um controle bastante rígido de fatores que possam afetar a produtividade, e aliada a biotecnologia pode aumentar ainda mais a produtividade. Todo esse procedimento silvicultura gera trabalho e renda para um grande contingente de pessoas.

O que se observa é uma reação biológica das florestas aos tratamentos silviculturais, que determinam aumento da produtividade a curto e longo termo. A substituição da regeneração natural pela plantação de florestas, aumenta a produtividade. Somados, os efeitos da prática silvicultural moderna elevam o volume da colheita. A utilização intensiva e extensiva das florestas, através de manejo florestal sustentável com base científica, aumenta o volume médio de espécies comerciais estocadas por unidade de área, e também aumenta os incrementos anuais. No mundo, cerca de ¾ das plantações florestais são com espécies nativas dos países. Países com importantes reservas florestais naturais, como o Canadá e a Rússia, coordenam ações em microrregiões de ocorrência de espécies, as Zonas Ecológicas de Ocorrência, ou Ecoregiões (NRC, 2008). Na América do Norte a proporção de espécies introduzidas é de menos de 5%, enquanto na América do Sul menos de 5% são de espécies locais. Somente na Oceania vamos ter uma proporção de pouco mais de 20% de espécies nativas plantadas, na África (60%), na Ásia (70%) e na Europa (90%) (FAO, 2010).

Aproveitando-se dessa perspectiva, uma grande quantidade de instituições debruçou-se sobre o tema, e por décadas a discussão do MFS para as áreas tropicais, enfocou a questão do Impacto Reduzido, como uma solução para que a sustentabilidade fosse atingida. Na verdade, é necessário que o impacto da ação humana seja mais incisivo, para que a sustentabilidade seja atingida.

Monitoramento de Indicadores de MFS na Amazônia Brasileira

Tendo em vista a necessidade de obter a aprovação da sociedade, a política pública e privada do setor florestal precisa comunicar claramente o seu nível de desenvolvimento, considerando as atividades da sua indústria e do quadro geral de empreendimentos do País. É necessário obter uma série de Critérios & Indicadores que reflitam não somente a complexidade de cenários do setor, mas também do seu relacionamento com os demais setores da economia. Organizado dessa forma em um determinado número de itens, eles permitem a verificação do nível de conformidade de acordo com os requisitos da sustentabilidade.

Os indicadores locais representam fatores relevantes para determinar a posse da terra e alguns aspectos da vegetação. A nível regional e de país é preciso estabelecer uma análise balanceada de aspectos ambientais, sociais e econômicos. Esses critérios são avaliados por meios de indicadores, como o histórico, os objetivos, a situação atual e problemas em cada um dos critérios. Para avaliar são utilizados aferidores que indicam o nível de conformidade das ações específicas, com os C&I de MFS no nível de país ou região.

C&I de Nível Local

C&I de nível local são estudados nos cinco continentes: Processo de Montreal (EUA, Canadá, México, Argentina, Chile, Uruguai, Austrália, Rússia e alguns países da Ásia), C&I da Organização Internacional da Madeira Tropical – ITTO (do inglês: International Tropical Timber Organization - Asia-Pacific); Pan European (UE); Near East (Oriente Médio); DZ Africa (maioria dos países africanos); C&I da Organização dos Trópicos Africanos – ATO (do inglês: African Tropical Organization) (outros países africanos); Processo de Lepaterique (América Central); Dry Forest Asia (regiões de florestas áridas e desérticas da Ásia); e C&I do Processo de Taparoto (restante da América do Sul – incluindo Brasil).

Os C&I do Processo de Taparoto são os que tem o maior nível de exigências em relação aos demais (RAMETSTEINER, 2006). No Brasil ele envolve algo como mais de 80 etapas para ser completado, desde as conformidades legais até as abordagens estatísticas. Embora os C&I de nível local forneçam informações sobre as práticas de uso da floresta eles falham em capturar as dimensões ambientais, sociais e econômicas do ecossistema sendo explorado. Esses C&I de MFS podem ser úteis para a tomada de decisão na propriedade e área do manejo, mas eles não são adequados para aferir os resultados do MFS no nível de região ou do país.

C&I no Nível de País e / ou Região

No nível de País, os C&I de MFS são estudados como ferramentas para suporte nas tomadas de decisão no nível de acordos multilaterais. Na UNECE já está em implantação um sistema de monitoramento de MFS no nível de país e da região, baseado em cinco critérios: Mercados para Produtos Florestais; Recursos Florestais; Perspectivas de Futuro; Sociedade e Cultura; Políticas Florestais e outras

políticas concorrentes (UNECE, 2011).

Uma série de dados é coletada e analisado do ponto de vista quantitativo e qualitativo, para obter uma representação fiel e consistente do nível de avanço do MFS no país. De acordo com o Painel Intergovernamental de Florestal – IPF (do inglês: Intergovernmental Panel on Forests) e com o Fórum Intergovernamental de Florestas – IPF (do inglês: Intergovernmental Forum on Forests), os Programas Nacionais de Florestas, estabelecidos pelo Conselho das Nações Unidas para o Desenvolvimento Econômico – UNCED (do inglês: United Nations Council for Economical Development) para o MFS devem incorporar C&I para o monitoramento do avanço no nível de país nas dimensões ambiental, social e econômica (MCPFE/UNECE/FAO/EFI/PEBLDS, 2008).

O público está cada vez mais próximo dos negócios, sendo capaz de fiscalizar o comportamento ambiental, social e econômico das atividades privadas utilizando tecnologia de comunicação moderna, e a informação sobre o MFS para o público deve incorporar várias práticas silviculturais em diferentes tipos de florestas, num conceito único (CHANG, 2002). Esse reconhecimento de vários tipos de florestas e vários tratamentos silviculturais envolvidos no MFS é uma forma de avançar na harmonização da legislação e certificação florestal entre os países. Um avanço na direção de um padrão global de MFS, com ganhos para os países tropicais.

Temas comuns abordados nos sistemas de C&I de MFS no nível de país, incluem a biodiversidade, vitalidade e sanidade das florestas, produção, problemas ambientais, aspectos socioeconômicos e quadro político e institucional. A Rede Global de Certificação (do inglês: Global Ecolabelling Network), foi criada com o objetivo de promover o reconhecimento mútuo entre os C&I de MFS. A inserção do setor florestal na Economia Verde, através de certificação de conformidade, vai depender do estabelecimento de C&I adequados para o nível de país e região. Pode ser uma ferramenta crucial para determinar a competitividade dos países.

Indicadores Silviculturais de MFS na Amazônia Brasileira

O arcabouço legal que regula o MFS na Amazônia Brasileira, inclui Lei 4771 –Código Florestal 15/09/1965, art 15 e 19.(MP 2166-67, 24/08/01, altera art.1,4,14,16 e 44), a Lei 9985 -18/07/2000 – Lei do SNUC, e a Lei 11284 – 2/03/006 – Lei Gestão de Florestas Públicas. Os Decretos como o Dec 4340 - 22/08/2002 – Regulamenta a Lei do SNUC, o Dec 5975 – 30/11/2006 – Regulamenta art.12, parte final e arts. 15,16,19,20,21 da Lei 4771 e Dec 6063 -20/03/2007 –Regulamenta a Lei 11.284. As Resoluções como a Resolução n. 378 – 19/10/2006 – Define empreendimentos Potencialmente causadores de impacto ambiental, a Resolução n. 379 – 19/10/2006 – Sistema de dados informações sobre a gestão florestal – SISNAMA. As Instruções Normativas, como a IN 03 – 4/03/2002 – Procedimentos de conversão de uso do solo – Autex Amazônia, IN 07 – 22/08/2003 – Regulamenta PMFS de Mogno, a IN 08 – 24/08/2004 – Regulamenta plantio e condução de espécies florestais nativas ou exóticas com finalidade de produção e corte, a IN 74 – 25/08/2001- Define a forma de ocupação na Amazônia, a IN 75 – 25/08/2008 – Define a emissão de AUTEX para assentamentos rurais do programa de reforma agrária, a IN 77 – 7/12/2005 – Estabelece categorias para a exportação de produtos madeireiros oriundos de florestas naturais plantadas, nativas e exóticas, a IN MMA 04 – 11/12/2006 –Autorização Previa à Análise Técnica dos PMFS – APAT, a IN 93 – 3/03/2006 – Define o georeferenciamento para PMFS e Uso Alternativo do solo, IN 101 – 19/6/2006 –Altera art. 1 e 2 da IN 93, apresentação dos mapas para PMFS e Uso Alternativo do solo, IN 112 – 21/08/2006 – Implantação do Documento de origem florestal –DOF, IN 134 – 22/11/2006, altera arts.14,18 e 32 da IN 112/2006, IN 05 – 11/12/2006 – Procedimentos para elaboração de PMFS na Amazônia, IN 06 – 15/12/2006 – Dispõe sobre a reposição florestal de matéria prima florestal, IN 02 – 27/06/2007 – Define a manutenção de 10% das arvores matrizes porta sementes , o corte de arvores com a ocorrência de 3 arvores/100 ha e a IN 152 – 17/01/2007 – Estabelece os procedimentos para autorização de supressão de vegetação em áreas de pesquisa lavra nas FLonas (ZACHOW, 2011).

O baixo impacto é uma prática que reduz os níveis de exploração, acreditando que com isso as espécies florestais exploradas terão tempo suficiente para recuperar os seus estoques, até que a operação se repita. Mantém como critério a existência de um Diâmetro a Altura do Peito – DAP (1,3 m de altura à partir da base do tronco da árvore junto ao solo), mínimo de 45 cm para que o indivíduo possa ser cortado. Em alguns estados e locais esse DAP mínimo pode ser de mais de 45 cm. As árvores exploradas obedecem a ciclos de 25-35 anos de corte e regeneração. A produtividade média esperada para floresta exploradas é de 0,1 a 1,9 m³ / ha / ano, para ciclos com exploração de até 30 m³ / ha a cada 25-35 anos (MMA, 2008).

Embora a solução possa parecer elegante, não significa necessariamente que seja efetiva. O tempo de crescimento de uma determinada espécie florestal, para atingir esse DAP mínimo, varia muito entre a biodiversidade tropical. Tratamentos silviculturais policíclicos operando com normas que fixam ciclos de 25-35 anos não tem base científica, e comprometem os estoques florestais das áreas naturais e com isso sua sustentabilidade (FONSECA JÚNIOR, PIEDADE e SCHONGART, 2009).

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dos C&I de MFS utilizados para analisar os indicadores silviculturais na Amazônia Brasileira, foi realizado um estudo comparado das políticas de manejo florestal sustentável adotadas em 20 países (Índia, Indonésia, Malásia, Mianmar, Papua Nova Guiné, Filipinas, Tailândia, Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Peru, Venezuela, Camarões, RDC, Congo, Costa do Marfim, Gabão, Gana e Nigéria) (ITTO, 2006).

Cada país teve o seu desempenho avaliado em termos do avanço na implementação de ações, através dos fundamentos para implementação de MFS da FAO (1985), que incluem: Políticas florestais e instrumentos legais; Instituições; Considerações ambientais; Biodiversidade cultivada; Aspectos sócio-econômicos e; Aspectos internacionais. Esses critérios foram analisados com base no seu histórico, objetivos, situação atual e problemas. O método de avaliação está descrito abaixo:

MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Ações implementadas:

$$(a) \text{ PFIL,INS,CA,BC,ASE,AI} = \sum (\text{histórico} + \text{objetivos} + \text{situação atual} + \text{problemas})$$

Onde: PFIL = Políticas Florestais e Instrumentos Legais; INS = Instituições; CA = Considerações Ambientais; BC = Biodiversidade Cultivada; ASE = Aspectos Socio-Econômicos; AI = Aspectos Internacionais

Estudo comparado:

$$(b) P_i = \sum (PFIL + INS + CA + BC + ASE + AI)$$

P_i = País estudado

Histórico (0 a 1); Objetivos (0 a 1); situação atual (0 a 1); Problemas (0 a 1).

Graduação de 0,25

$$(a) = 0 \text{ a } 4 ; (b) = 0 \text{ a } 24$$

- Classificação das ações implementadas:

TI – Totalmente Implementado (20,5 a 24); CI – Corretamente Implementado (15,5 a 20); PI – Parcialmente Implementado (10,5 a 15); II – Insuficientemente Implementado (5,5 a 10); NI – Não Implementado (0 a 5).

O sistema de avaliação de conformidade através da atribuição de valores para cada variável considera o nível de 100% como ideal, e os dados em relação a esse patamar (FIF, 2005). O processo de interpretação é utilizado para atribuir valor a cada um dos 24 indicadores, considerando uma pré-análise (leitura, escolha, preparo e elaboração), avaliação (estudo comparado – escolha de unidades amostrais e métodos de agrupamento) e interpretação em si. A categorização adequada dos dados é fundamental para obter uma avaliação consistente do indicador.

Os dados assim arranjados e com notas atribuídas foram tratados com estatística descritiva envolvendo médias e total, métodos gráficos, análise de correlação e multivariada. Para o objetivo desse trabalho, foram considerados os 04 (quatro) indicadores que envolvem os aspectos silviculturais do MFS na Amazônia Brasileira.

No aspecto ambiental, o indicador de Biodiversidade Cultivada e Considerações Ambientais, na dimensão econômica o indicador Aspectos Internacionais e do ponto de vista social a Política Florestal e Instrumentos Legais são afetados pelas práticas silviculturais na Amazônia Brasileira.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De uma forma geral, o Brasil foi o melhor colocado entre os países que foram estudados no trabalho, com a Índia e a Malásia logo atrás. Nenhum País tropical apresentou MFS totalmente implantado. A Amazônia Brasileira figurou em sétimo lugar, com 50% de conformidade, em um grupo intermediário que está no nível dos países que tem o MFS apenas Parcialmente Implantado (Anexo 1).

Quando analisados separadamente as dimensões ambientais, sociais e econômicas, percebe-se que são os aspectos sociais e econômicos são os que mais comprometem o avanço do MFS na Amazônia Brasileira. O aspecto ambiental apresentou um nível muito bom, entre os melhores do mundo (Anexo

1.1). Esse resultado implica em uma necessidade de focar esforços no aumento da contribuição socioeconômica do MFS na Amazônia Brasileira.

Com foco nas alternativas silviculturais e sua contribuição para o aumento do nível de conformidade do MFS com os C&I para o País e região, observa-se que o Brasil, a Índia, a Malásia, o Gabão, Congo, Mianmar e Tailândia são exemplos de países que conseguiram níveis melhores que a Amazônia Brasileira.

Para a silvicultura, a análise considera a média dos quatro indicadores influenciados pelas práticas silviculturais, que são as Políticas e Instrumentos Legais na Amazônia Brasileira, com o desempenho mais fraco, em relação aos demais indicadores. Os Aspectos Internacionais também obtiveram níveis de conformidade bastante baixos. Já a Biodiversidade Cultivada e as Considerações Ambientais apresentam pouco reflexo das intervenções silviculturais atuais.

Outros aspectos que contribuem para limitar o avanço do MFS na região incluem a falta de infraestrutura adequada e a grande quantidade de doenças e pragas que atacam pessoas e florestas. Essa é uma situação delicada para os trabalhadores florestais.

Amazônia Brasileira

A Amazônia Brasileira cobre uma área total de cerca de 510 milhões ha no Brasil, 14% da área mundial de florestas naturais e 27% da biomassa florestal do planeta (FAO, 2010). As Florestas Nacionais, uma categoria de Unidade de Conservação do país, deve cobrir 14% do total de áreas florestais na região e ser utilizada através do sistema de concessões florestais (BANCO MUNDIAL, 2002). Os C&I de MFS de nível local na região seguem aqueles estabelecidos pelo Processo de Tarapoto. A prática silvicultural de corte seletivo e regeneração natural, com base em DAP mínimo de 45 cm. Essa prática silvicultura, incluindo com adequação para redução de impactos, ocupa boa parte dos trabalhos técnicos e científicos da última década tratando do tema do MFS nos trópicos, com pouco sucesso (Anexo 2).

A capacidade de regeneração florestal depende dos elos do processo regenerativo (e. g., herbívoros vertebrados, chuva de sementes, fatores físicos) e/ou vários atributos diretos da regeneração (e. g., densidade, riqueza, crescimento, recrutamento, mortalidade de plantas). Na Amazônia Brasileira, o sistema de colheita seletiva de impacto reduzido, com abandono para regeneração natural, gera trabalho para a fauna, os rios e os ventos. A ação de dispersores naturais ocorre sem planejamento, sem comprometimento social ou econômico, resultando em baixa eficiência que determina a baixa qualidade dos estoques futuros. Implica em um aumento do período de renovação e incertezas sobre a localização, o volume e a distribuição das espécies nas áreas reflorestadas. Esse procedimento restringe a utilização de tratamentos silviculturais adequados para melhorar a produtividade das florestas. Sem o custo da reposição das árvores exploradas ou investimentos para melhorar a produtividade, são reduzidos os custos operacionais e aumentados os resultados com a exploração.

Além disso, a regeneração vai ainda depender das condições alelopáticas encontradas em cada local diferente. A Alelopatia é uma consequência da produção de compostos secundários pelas plantas, que podem influenciar plantas diferentes de formas diferentes, em alguns casos facilitando, em outros inibindo o crescimento das plantas que dividem consigo o ambiente. Esses compostos atuam na diminuição de biomassa, ao evitar o estabelecimento de novas plantas, o que reduz o risco de incêndios e atuam na sucessão nas comunidades vegetais através da inibição de fixadores de nitrogênio. A diferença principal entre alelopatia e competição é que a primeira gera algum produto, enquanto a segunda envolve a utilização de um determinado recurso natural pelas plantas.

As práticas de rotação nas áreas tropicais são insuficientes senão forem direcionadas para as taxas reais de crescimento das diferentes espécies florestais (HOUT, 1998; SCHULZE et al, 2008; VIDAL, 2011). Estabelecer um DAP mínimo como regra geral vai contra a característica estrutural e funcional das florestas tropicais (SIST et al, 1998; BRAZ, 2010). Em condições naturais, os ciclos de regeneração médios estão acima dos 60 anos (HUTHA et al, 2004) e comprometem a sustentabilidade ambiental e financeira da prática. A questão central da conservação da biodiversidade e seu uso sustentável estão no desafio de programar meios de gestão ou manejo que garantam a continuidade de espécies, formas genéticas e ecossistemas. A falta de uso adequado de uma vasta base de recursos implica em baixos resultados sociais e econômicos. A sustentabilidade das práticas silviculturais para o manejo florestal depende da produção madeireira. As práticas silviculturais atuais de manejo florestal sustentável na Amazônia Brasileira, de exploração seletiva e regeneração natural estão levando a exaustão da espécie (SCHONGART, PIEDADE e WORBES, 2002) (SCHONGART, 2008) (LEONI, FONSECA JÚNIOR e SCHONGART, 2011), a um desinteresse econômico (BOLTZ et al, 2003; VALLEA et al, 2007), e a substituição de uso da terra para a sobrevivência local.

Alternativas Silviculturais para o MFS na Amazônia Brasileira

O consumo de madeira de origem sustentada precisa ser incentivado em toda a sociedade, ele pode contribuir com a conservação da quantidade e qualidade das florestas. Florestas produtivas, confortáveis e saudáveis são resultado da intensa convivência com a sociedade. Garantir a qualidade dos serviços ecossistêmicos dessas florestas é uma função direta dos incentivos econômicos do mercado, que

precisa remunerar adequadamente os esforços de gestão dos produtores florestais. O consumo de produtos florestais de origem sustentada, preferencialmente certificados, contribui para melhorar as condições para o MFS, que é sucesso em vários países (Anexo 3).

No Canadá, o sistema de manejo mais utilizado é o de corte raso. Ele garante 20% do mercado global de produtos florestais, com 10% da área de florestas do planeta. O país combina um sistema de unidades de conservação e áreas de concessão para exploração florestal, com as propriedades privadas (CCFM, 2011). O sistema de manejo de corte raso é empregado nos EUA também com grande sucesso. Sistemas alternativos envolvem a retirada de 30% do volume em períodos de 12 a 20 anos. As árvores porta-sementes são selecionadas entre as de melhor qualidade, para garantir a regeneração natural de estoques de alto valor (HANSEN e PUNCHES, 1997). Na verdade, esse sistema silvicultural é o grande responsável pelo sucesso do setor florestal em todos os participantes no Protocolo de Montreal.

As florestas na Europa tiveram seus estoques comerciais médios aumentados (SPIECKER, 2001) e aumento nos incrementos médios (NILSSON, 2007), com a intensificação do manejo de uso industrial, e tratamentos silviculturais envolvendo a tecnificação da produção (NILSSON, 2007). O nível de colheita florestal nesses países varia dos 80% na América do Norte, passando pelos 72% nos países do Norte da Europa e dos Bálticos, os 61% da Europa Central e 60% dos EU27, 53% no Nordeste da Europa e 45% no Sudeste da Europa, até os 34% na Rússia (PEPKE, 2010). Na Finlândia, Suécia e Noruega, o corte raso é realizado em 0,6% do total de áreas em ciclos de 60 a 140 anos, plantios são realizados para aumentar produtividade, utilizando práticas silviculturais modernas (YRJÖLÄ, 2002). Na Alemanha a colheita de 50% do volume anual em crescimento segue as práticas silviculturais contemporâneas que nasceram no país, com seleção de indivíduos para reprodução de mudas e plantios industriais, 67% de coníferas e 33% de folhosas (HÄUSLER e SCHERER-LORENZEN, 2001). Não há DAP mínimo para a exploração de corte raso, que foca no fornecimento de produtos florestais diversificados para a indústria. O uso freqüente de produtos florestais pela sociedade determina a qualidade e quantidade produzida.

No Brasil, o plantio de espécies florestais nativas já é um sucesso. Um exemplo é a *Araucaria angustifolia*, espécie considerada em extinção na natureza, e que é explorada em regime de corte raso, produzindo 20 m³ / ha / ano (ARAUPEL, 2010). O Paricá (*Schizolobium amazonicum*), está produzindo 25 m³ / ha / ano em média, explorado com ciclos de 15 anos para produção de madeira industrial, na Amazônia Brasileira – Paragominas, Pará (VAZ, 2011). No Brasil, o território nacional está dividido em grandes biomas: Amazônia, Cerrados, Atlântico, Pantanal, Caatinga e Campos. No conjunto, as atividades dentro dos biomas devem contribuir para levar a uma maior eficiência do manejo florestal (TEIXEIRA e RODRIGUES, 2006) (ALBUQUERQUE e LUCENA, 2005) (CAMPOS, ROMAGNOLO e SOUZA, 1999) (FUTEMMA et al, 2008). As florestas tropicais produzem madeira de quase oito mil espécies de árvores de alta, média e baixa densidade, com cores, desenhos e componentes únicos, com diferentes fragrâncias, produzindo óleos com fins terapêuticos, plantas medicinais e afrodisíacas, colorações; assim como castanhas, látex, frutas, fármacos etc. Também fornecem serviços ecossistêmicos como limpeza do ar, da água, manutenção da umidade, estruturação e proteção dos solos, beleza cênica, locais de meditação, parque de esportes, lar para outras espécies, identidade regional e outros.

Aliar a qualidade ambiental e os investimentos econômicos para promover a inclusão social do setor florestal na economia, e promover o consumo de Produtos Florestais de Origem Sustentada.

Os pequenos, grandes e médios empresários, e os governos, podem sair beneficiados na sua própria produtividade ao incorporar os critérios de exploração integrada com a ampla participação das populações locais. Com o aumento da lucratividade do MFS, vai se diminuir os conflitos por posse de terra, criar infra-estrutura para operações e dinamizar a economia da região como um todo. O Brasil é considerado um dos países mais competitivos do mundo, e o mais competitivo da América Latina, para o estabelecimento de plantações florestais (NASCIMENTO, 2005). Utilizar dessa vantagem competitiva dentro do horizonte do MFS, é uma alternativa com perspectivas de sucesso para as florestas brasileiras. O reflorestamento com espécies nativas, sob MFS científico, pode aumentar os mercados para as madeiras tropicais de espécies florestais nativas.

O Código Florestal e a Economia Verde

A gestão sustentável dos recursos naturais dos ecossistemas brasileiros depende de inversão tecnológica. Com investimentos em desenvolvimento de tecnologias silviculturais apropriadas, os produtos florestais nacionais podem ter alta competitividade na economia verde. A diversidade, produtividade e qualidade das madeiras tropicais brasileiras, cultivada seguindo tecnologias silviculturais modernas, podem colocar o setor florestal brasileiro entre os maiores do mundo. A contribuição das madeiras brasileiras para o cultivo da biodiversidade das espécies florestais é um resultado direto do incentivo dos consumidores. Oferecer produtos florestais de qualidade ambiental é uma necessidade. A regulamentação nacional precisa incentivar o uso e consumo de madeira de origem sustentada, como forma de garantir a sustentabilidade do cultivo da biodiversidade florestal.

O nivelamento dos indicadores de MFS para a região da Amazônia Brasileira, ao incorporar critérios abrangentes já empregados em outras regiões produtoras mundiais, facilita a compreensão dos principais fatores otimizando ou retardando a adoção da prática em escala macro. Esse macro

indicador é uma sinalização da competitividade do setor florestal da região Amazônica na Economia Verde, e vai fornecer subsídios para adoção de políticas que melhorem sua performance.

O uso dos C&I de MFS no nível de país permite que várias alternativas silviculturais sejam consideradas, contribuindo para inclusão social e econômica através da geração de trabalho e renda nas cadeias produtivas. As restrições silviculturais ao MFS na Amazônia Brasileira estão alicerçadas na adoção de um sistema silvicultural único. O Código Florestal Brasileiro é o principal instrumento das Políticas Florestais para a Amazônia Brasileira, e, portanto o instrumento legal mais adequado para acomodar a adoção de C&I de MFS no nível de país / região. No Código Florestal, já está prevista a descentralização da administração do MFS para os Estados (Lei 4771/1965, art 15).

Atualmente apenas os C&I de MFS no nível local são regulamentados pelos Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS, que exigem corte seletivo (DAPmín 45cm) e abandono para regeneração natural (25-40 anos). Outro indicador sendo aferido é o destamamento, ou a conversão de usos da terra para usos não-florestais. A interpretação do MFS precisa incluir aspectos ambientais, sociais e econômicos de forma equilibrada, para demonstrar o avanço do desenvolvimento sustentável na região.

A harmonização dos C&I de MFS no nível de país, com as práticas observadas em outros países e regiões do mundo, traz vantagens competitivas para o Brasil. Países com qualidade ambiental, podem aproveitar melhorar os benefícios que a Economia Verde vai trazer para o desenvolvimento sustentável do planeta.

Os governos devem buscar o reconhecimento mútuo para sistemas de certificação e fazer com que eles sejam facilmente alcançados pelos seus produtores e prestadores de serviços. Os sistemas de certificação não devem competir, mas sim dar suporte na demonstração da qualidade ambiental associada as cadeias produtivas dos países. O esforço coordenados dos países vai na direção de coordenar os esforços para fortalecer as similaridades e consolidar o desenvolvimento sustentável do comércio global.

Nesse sentido, dos sistemas de C&I de MFS no nível de País, o Processo de Montreal apresentou um nível de 60% de conformidade com sistemas como o dos C&I da ITTO. O menor nível de conformidade veio do Processo de Tarapoto com 40%. Isso faz com que o sistema de C&I de MFS adotado no Brasil seja o que precisa realizar maiores esforços no sentido de acomodar as demandas do desenvolvimento sustentável. As áreas estudadas incluem a Biodiversidade, PFTM, Serviços Ecossistêmicos, Conservação de Solos e Água, Aspectos Sociais e Culturais, Empregos, Titularidade, Quadro Legal e Institucional (Rametsteiner, 2006). A Harmonização vai fortalecer as vantagens competitivas dos países, enquanto indicam caminhos para aumentar a contribuição social e econômica do setor florestal como um todo.

CONCLUSÃO

Nesse estudo foi possível identificar o comportamento de C&I de MFS no nível de país, analisando o estudo de caso da Amazônia Brasileira e especialmente a questão dos sistemas silviculturais. O sistema silvicultural de corte seletivo com regeneração natural demonstrou ser altamente limitado. O resultado foi um nível de conformidade de 50%, ou Parcialmente Implantado para o MFS na Amazônia Brasileira, com as dimensões sociais e econômicas se apresentando como as mais restritivas.

As restrições representadas pelas políticas e instrumentos legais determinam o baixo nível de inclusão social da prática. Por conta disso, a falta de geração de trabalho e renda implica em um nível também baixo de resultados econômicos com a atividade. A ampla incidência de pragas e doenças que atacam florestas e pessoas é um fator especialmente preocupante, principalmente para o trabalhador florestal. Os resultados demonstraram que é possível utilizar uma série ampla de indicadores, no nível de país/região, para avaliar o avanço do MFS na Amazônia Brasileira. Também foi possível demonstrar que o sistema permite identificar as oportunidades e desafios para aumentar o nível de conformidade com C&I de MFS no nível de país / região.

Sugere-se a adoção das ferramentas de monitoramento de C&I de MFS no nível de país como suporte para tomada de decisão de políticas e instrumentos legais para a região. O Código Florestal é o instrumento legal adequado para acomodar esse procedimento, e a adoção de C&I de MFS que possam ser comparáveis entre todos os países facilita a inserção da indústria de base florestal do país na Economia Verde.

A adoção de C&I amplos de monitoramento do MFS na Amazônia Brasileira, permitindo a utilização de alternativas silviculturais modernas, vai melhorar a produtividade das florestas e competitividade do setor florestal com um todo. A inserção dos produtos florestais madeireiros e dos serviços ecossistêmicos das florestas na Economia Verde depende da ampla adoção de práticas de MFS na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U.P. e LUCENA, R.F.P. Can apparency affect the use of plants by local people in tropical forests? ISSN 0378-1844. INCI v.30 n.8 Caracas ago. 2005.

- ARAPEL. Resumo Público do Plano de Manejo. V6. 29 Páginas. Acesso no site: http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CBQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.araapel.com.br%2Ffiles%2Ffarq_ptg_6_1_378.pdf&ei=4kw8Tr_6MMrYgQeXpZzOBg&usg=AFQjCNFaCX-5wLojAPq2kNGb_vaKORiWjQ em 05/08/2011. 2010.
- BANCO MUNDIAL. *Brasil: Justo • Competitivo • Sustentável – Contribuições para Debate*. Impresso no Brasil. 1 2 3 4 05 04 03. Washington, DC, EUA. Pp. 99. 2002.
- BOLTZ, F.; HOLMES, T.P.; CARTER, D.R. Economic and environmental impacts of conventional and reduced-impact logging in Tropical South America: a comparative review. **Forest Policy and Economics**v.5 (2003) p.69–81. Acesso no site: http://www.ncsu.edu/project/amazonia/Boltz_et_al_2003.pdf em 09/05/2011. 2003.
- BRAZ, E.M. **Subsídios para o planejamento do manejo de floresta tropicais da Amazônia**. 2010. 236 f.; il. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2010. “Orientador: Prof. Paulo Renato Schneider”. Santa Maria, RS. 2010.
- CAMPOS, J.B.; ROMAGNOLO, M.B.; SOUZA, M.C. Structure, Composition and Spatial Distribution of Tree Species in a Remnant of the Semideciduous Seasonal Alluvial Forest of the Upper Paraná River Floodplain. Acesso no site: <http://www.scielo.br/pdf/babt/v43n2/v43n2a08.pdf>. em 01/04/2008. 1999.
- CANADIAN COUNCIL OF FOREST MINISTERS. Sustainable Forest Management in Canada. Acesso no site: http://www.sfmcanada.org/english/pdf/SFMBooklet_E_US.pdf. em 04/06/2011. 20 pags. 2011.
- CHANG, S. W. Gating a Green Trade Barrier – Ecolabelling and the WTO Agreement on Technical Barriers to Trade. *Journal of World Trade*, v. 31, n. 1, p. 137-159. 1997 In: ALMEIDA, L.T. Comércio e Meio Ambiente nas Negociações Multilaterais (97-134). In: Ministério do Meio Ambiente do Brasil – Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Comércio & Meio Ambiente – Uma Agenda Positiva para o Desenvolvimento Sustentável. Documento preparado para a XIII Reunião do Fórum de Ministros do Meio Ambiente da América Latina e Caribe. Capítulo 4. Brasília, DF.2002.
- FONSECA JÚNIOR, S.F.; PIEDADE, M.T.F.; SCHÔNGART, J. Wood Growth of *Tabebuia barbata* (E.Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian Black-Water (Igapó) and White-Water (Várzea) Floodplain Forests. DOI 10.1007/s00468-008-0261-4. 8 paginas. Acesso no site: <http://www.springerlink.com/content/4001k74g64np0721/fulltext.pdf> em 21/02/2011. *Trees* (2009) 23:127–134. 2009.
- FAO. FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION. *Tropical forestry action plan*. Committee on Forest Development in the Tropics. Roma, Itália. Acesso no site: <http://www.ciesin.org/docs/002-162/002-162.html>. em 02/05/2008. 1985.
- FAO. Global Forest Resource Assessment 2010 – Key Findings. Acesso no site: <http://foris.fao.org/static/data/fra2010/KeyFindings-en.pdf> em 27/04/2010. 12 pgs. 2010.
- FREDERICKSEN, T.S.; PUTZ, F.E. *Silvicultural intensification for tropical forest conservation*. *Biodiversity and Conservation*. V. 12, n. p.1445-1453). 2003.
- FUTEMMA, C.; CASTRO, F.; SILVA-FORSBERG, M.C.; OSTROM, E. The Emergence and Outcomes of Collective Action: An Institutional and Ecosystem Approach. Acesso no site: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/n10/16888.pdf>. em 01/04/2008.2008.
- HANSEN, E.; PUNCHES, J. Collins Pine: Lessons from a Pioneer. Acesso no site: <http://sfp.cas.psu.edu/collins.htm> em 05/06/2011. Sustainable Forest Partnership. EUA. 1997.
- HAUSLER, A.; SCHERER-LORENZEN, M. Sustainable Forest Management in Germany: The Ecosystem Approach of the Biodiversity Convention reconsidered. Acesso no site: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/skript51.pdf> em 05/06/2011. 65 páginas. Resultado do projeto R+D–Project 800 83 001. 2001.
- HOUT, P.V. Reduced Impact Logging in the Tropical Rain Forest of Guyana Ecological, Economic and Silvicultural Consequences. 353 p. Wageningen, Holanda. Editora da Universidade. Acesso no site: http://www.tropenbos.nl/tbi_publications/documents/TBI_Guyana_Series_6.pdf. em 09/05/2011. 1998.
- HUTHA, A.; DRECHSLERA, M.; KÖHLER, P. Using multicriteria decision analysis and a forest growth model to assess impacts of tree harvesting in Dipterocarp lowland rain forests. **Forest Ecology and Management**. v.7, March 2005, p.215-232.
- ITTO. *Status of Tropical Forest Management 2005*. ITTO Technical Series No 24. A Special Edition of the Tropical Forest Update 2006/1. ISBN 4 902045 24 9. www.itto.or.jp. 2006.

KARSENTY, A.; GOURLET-FLEURY, S. Assessing Sustainability of Logging Practices in the Congo Basin's Managed Forests: the Issue of Commercial Species Recovery. *Ecology and Society* 11(1): 26. [online] Acesso no site: www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art26. em 20/03/2005. 2006

LEONI, J.M.; FONSECA JÚNIOR, S.F.; SCHÔNGART, J. Growth and Population Structure of the Tree Species *Malouetia tamaquarina* (Aubl.) (Apocynaceae) in the Central Amazonian Floodplain Forests and Their Implication for Management. Acesso no site: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=23507586> em 21/02/2011. ISSN : 0378-1127. *Forest ecology and management A*. 2011, vol. 261, n° 1, pp. 62-67 [6 pages] [bibl. : 3/4 p.]. 2011.

MINISTERIAL CONFERENCE ON THE PROTECTION OF FORESTS IN EUROPE MCPFE, UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE UNECE, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION FAO, EUROPEAN FOREST INSTITUTE EFI e PAN-EUROPEAN BIOLOGICAL AND LANDSCAPE DIVERSITY STRATEGY PEBLDS. Sustainable forest management in the Pan-European region - achievements, challenges and planned actions in relation to issues to be addressed at UNFF8. Pan-European contribution to the Eighth Session of the United Nations Forum on Forests. 2008.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Nota Técnica. Regulamentação de parâmetros técnicos em PMFS no âmbito do CONAMA. Joberto Freitas (Serviço Florestal Brasileiro), Hildemberg Cruz (IBAMA/DBFLO), Paulo L. Contente de Barros (colaborador da REDEFLO). Acesso no site: http://www.arvorelab.ufam.edu.br/usc/legis-florestal/NotaTec_RedeflorFinal.pdf em 08/04/2011. 10 pgs. Brasília, DF. 2008.

NASCIMENTO, J.R. Direct Investment in Sustainable Forest-Based Business. Apresentado durante o Workshop na sede do Inter-American Development Bank Headquarters. Washington, DC, EUA. 50 pgs. 2005.

NRCAN. NATIONAL RESOURCES CANADA. Tree Species by Ecoregion. Acesso no site: <http://atlas.nrcan.gc.ca/site/english/maps/environment/forest/forestcanada/trees/1>. em 01/04/2008.

NILSSON, S. Mobilizing Wood Resources – What's the Big Deal?. Paper for Mobilizing Wood Resources Workshop. UNECE, Genebra, Suíça. 11-12 janeiro, 2007. Acesso no site: http://www.unece.org/timber/workshops/2007/wmw/presentations/wood_resources_Nilsson.pdf em 05 de julho de 2009. 33 pgs. 2007.

ORSATO, R.J. Sustainability Strategies: When does it Pay to be Green. ISBN-13: 978-0-230-21298-5 e ISBN-10: 0-230-21298-0. Editora Palgrave Macmillan. Hampshire, Inglaterra. 243 pgs. 2009.

PEPKE, E. Global Wood Markets: Consumption, Production and Trade. Apresentação no evento: International Forestry and Global Issues. 18 May 2010, Nancy, France. 54 págs. 2010.

PNUD. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. PORTAL ODM. ODM: o que Brasil já fez e o que falta fazer Levantamento com base no relatório nacional sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio mostra os avanços feitos em cada meta Acesso no site: <http://www.portalodm.com.br/odm-o-que-brasil-ja-fez-e-o-que-falta-fazer--n--335.html> em 15/jan/2010. 1 pag. 2010.

RAMETSTEINER, E. Opportunities to Create Synergy Among the C&I Processes Specific to the Topic of Harmonization. Inter-C&I Process Harmonization Workshop. Bialowieza, Poland. Pgs 11-22). Collaboration Among C&I Process – ITTO/FAO/MCPFE. Bialowieza, Poland. 2006.

SCHÔNGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): A New Concept Towards Sustainable Forest Management in Central Amazonian Várzea Floodplains. Acesso no site: <http://www.refdoc.fr/Detailnotice?cpsid=20443116&traduire=fr> em 21/02/2011. ISSN: 0378-1127 CODEN : FECMDW. *Forest ecology and management A*. 2008, vol. 256, n° 1-2, pp. 46-58 [13 pages] [bibl. : 1 p.1/2]. 2008.

SCHÔNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; WORBES, M. Successional Differentiation in Structure, Floristic Composition and Wood Increment of Whitewater Floodplain Forests in Central Amazonia. Acesso no site: http://www.biologie.uni-hamburg.de/bzf/oknu/proceedingsneotropicosys/p0589_schoengart.pdf em 21/02/2011. 19 pags. ISBN 3-00-010691-X. in: Lieberei, R., Bianchi, H-K., Boehm, V., Reisdorff, C., (eds.) 2002: Neotropical Ecosystems, Proceedings of the German-Brazilian Workshop, Hamburg 2000. GKSS-Geesthacht. 2002.

SCHULZE, M. G. J.; VIDAL, E. Forest certification in Amazonia: standards matter. *Oryx*, 42: 229-239. Copyright © Fauna & Flora International 2008. DOI: 10.1017/S0030605308000689. Acesso no site: <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=1832740> em 10/05/2011. 2008.

SIST, P.; NOLAN, T.; BERTAULT, J-G.; DYKSTRA, D. Harvesting intensity Versus sustainability in Indonesia. **Forest Ecology and Management**.v.108. 26 August 1998, p.251-260.

SPIECKER, H. 30 Changes in Wood Resources in Europe with Emphasis on Germany. V Regional Forum Europe. (425-436). In: PALO, M. , UUSIVUORI, J. e MERY, G. (editors). *World Forests, Markets and Policies*. WFSE. Kluwer Academic Publishers. ISBN 0-7923-7170-4(HB); ISBN 0-7923-7171-2; ISSN 0785-8388. Helsink, Finlândia. 2001.

TEIXEIRA, A.P.; RODRIGUES, R.R. Análise Florística e Estrutural do Componente Arbustivo-Arbóreo de uma Floresta de Galeria no Município de Cristais Paulista, SP, Brasil. *Acta bot. bras.* 20(4): 803-813. 2006.

UNECE.UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. Action Plan for the Forest Sector in a Green Economy. Acesso no site: http://www.unece.org/press/pr2009/09tim_p07e.htm em 05/08/2011. 1 pgs. Genebra, Suíça. 2011.

VAN GARDINGEN, P. R.; MCLEISHA, M. J.; PHILLIPSA, P. D.; FADILAHB, D.; TYRIEB, G.; YASMAN, I. Financial and ecological analysis of management options for logged-over Dipterocarp forests in Indonesian Borneo. doi:10.1016/S0378-1127(03)00097-5. **Forest Ecology and Management**. Volume 183, Issues 1-3, 15 September 2003, p.1-29.

VAZ, E. FLORAPAC. Pará Alcança Destaque Exportando Madeira Extraída de área Reflorestada. Acesso no site: <http://www.floraplac.com.br/floraplac/noticia.php?id=6> em 05/08/2011. 1 pg. Belém, Pará. 2011.

VIDAL, E. Corte de madeira tira valor produtivo de floresta na Amazônia. In: Bernardes, J. Agência USP de Notícias. Publicado no site da Agrosoft, acesso no: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/218862.htm> em 07/08/2011. 1 pg. Piracicaba, São Paulo. 2011.

VALLEA, D.; PHILLIPS, P.; VIDAL, E.; SCHULZEA, M.; GROGANA, J.; SALESA, M.;VAN GARDINGENH, P. Adaptation of a spatially explicit individual tree-based growth and yield model and long-term comparison between reduced-impact and conventional logging in eastern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**.Volume 243, Issues 2-3, 31 May 2007, p.187-198.

YRJÖLÄ, T. Forest Management Guidelines and Practices in Finland, Sweden and Norway. Acesso no site: http://www.efi.int/files/attachments/publications/ir_11.pdf em 05/06/2011. European Forest Institute. Internal Report no. 11. Joensuu, Finlândia. 46 págs. 2002.

ZACHOW, R. material enviado por email para o autor, em 02/02/2011. 2011.

ANEXO 1: Resultado da avaliação de conformidade do MFS com C&I no nível de País

Monitoramento de C&I de MFS na Amazônia Brasileira								
Resultados Gerais (2010)								
País	Social		Ambiental		Econômico		Total	%
	Política Instrumentos legais	Instituições	Considerações Ambientais	Biodiversidade cultivada	Socio-economico	Internacional		
Brasil	2,25	3	3,5	3	1,5	3	16,25	68
Índia	2,5	2,75	2,75	2,25	2	3,75	16	67
Malásia	2	2,25	2,75	2	2,75	3,25	15	63
Gabão	2	2,5	3,25	3,25	1,5	2	14,5	60
Congo	1,5	2,75	3	3	2,75	1	14	58
Mianmar	2,25	2,5	2,75	2,75	2	1	13,25	55
Tailândia	1,75	2,75	2,5	2,25	1,5	1,5	12,25	51
Brasil - Amazônia	0,75	1,5	3	3	1,25	2,5	12	50
Costa do Marfim	2,25	2	2,5	2,25	1,5	1,25	11,75	49
Camarões	1,75	1,5	1,75	2,25	2,5	1,25	11	46
Nigéria	1,75	1,75	1,25	1,5	2,5	1,25	10	42
Gana	2,25	2,25	1,25	1,5	1	1,75	10	42
RDC	1,25	1	3	2,5	1	1,25	10	42
Colômbia	1,5	1,75	2	1,5	1,75	1,25	9,75	41
Venezuela	1	1,25	2,75	2,75	1	0,5	9,25	39
Indonésia	1,25	2	1,25	3	0,75	0,5	8,75	36
PNG	1	2,5	1,25	1,5	1	1	8,25	34
Peru	1	1	2	1,5	1	1	7,5	31
Bolívia	0,5	0,5	1,5	1,5	1,25	2,25	7,5	31
Equador	1	0,75	1,75	1,25	1,25	1,25	7,25	30
Filipinas	1,5	1,75	0,75	1	0,25	0,5	5,75	24

ANEXO 1.1: Resultado da avaliação de conformidade do MFS com C&I no nível de País

C&I MFS nível País		C&I MFS nível País		C&I MFS nível País	
Análise Critérios Ambientais		Análise Critérios Econômicos		Análise Critérios Sociais	
País	Ambiental	País	Economico	País	Social
Brasil	3,3	Malásia	3,0	Brasil	2,6
Gabão	3,3	Índia	2,9	Índia	2,6
Congo	3,0	Brasil	2,3	Mianmar	2,4
Brasil - Amazônia	3,0	Congo	1,9	Tailândia	2,3
Mianmar	2,8	Brasil - Amazônia	1,9	Gabão	2,3
RDC	2,8	Camarões	1,9	Gana	2,3
Venezuela	2,8	Nigéria	1,9	Costa do Marfim	2,1
Índia	2,5	Bolívia	1,8	Malásia	2,1
Malásia	2,4	Gabão	1,8	Congo	2,1
Tailândia	2,4	Colômbia	1,5	PNG	1,8
Costa do Marfim	2,4	Mianmar	1,5	Nigéria	1,8
Indonésia	2,1	Tailândia	1,5	Colômbia	1,6
Camarões	2,0	Costa do Marfim	1,4	Indonésia	1,6
Colômbia	1,8	Gana	1,4	Filipinas	1,6
Peru	1,8	Equador	1,3	Camarões	1,6
Bolívia	1,5	RDC	1,1	Brasil - Amazônia	1,1
Equador	1,5	PNG	1,0	RDC	1,1
Nigéria	1,4	Peru	1,0	Venezuela	1,1
Gana	1,4	Venezuela	0,8	Peru	1,0
PNG	1,4	Indonésia	0,6	Equador	0,9
Filipinas	0,9	Filipinas	0,4	Bolívia	0,5

ANEXO 2: Trabalhos técnico-científicos tratando de MFS mal-sucedido no mundo

Manejo Florestal Sustentável de Baixo Impacto para a Amazônia Brasileira					
Relatório de Trabalhos Técnico-Científicos					
Data (ano)	Tipo	Título	Autor(es)	Local	Resultado
1998	Artigo técnico-científico	Análisis Económico del manejo forestal en estado de Acre Brasil	Gama e Silva (citado por Braz, 2010)	Acre	Manejo é insustentável
1999	Livro	Reduced Impact Logging in the Tropical Rain Forest of Guyana Ecological, Economic and Silvicultural Consequences	Peter Van der Hout	Suriname e Guianas	Manejo é insustentável (necessidade de ajustar MFS para crescimento real das florestas e enfocar mercados)
1999	Artigo técnico-científico	Harvesting intensity versus sustainability in Indonesia	Plinio Sist, Timothy Nolan, Jean-Guy Bertault e Dennis Dykstra	Indonésia	Manejo é insustentável (usar DAP mínimo não pode ser regra geral)
2001	Artigo técnico-científico (FAO)	Financial costs of reduced impact timber harvesting in Indonesia: case study comparisons	Applegate, G.B.	Indonésia	Manejo é insustentável, Impacto Reduzido muito caro (relação custo X benefício não é clara)
2001	Artigo técnico-científico	Why Poor Logging Practices Persist in the Tropics	Putz, Dykstra e Heinrich	Indonésia	Manejo de impacto reduzido é igual a manejo de lucro reduzido
2002	Dissertação de mestrado	Comparasion of Different Silvicultural treatments in sub-tropical lowland forests in East Paraguay - Case Study in Golondrina Forests	Ederson Augusto Zanetti	Paraguai	Manejo é insustentável (estudo demonstrou que manejo tradicional é mais lucrativo que impacto reduzido)
2003	Artigo técnico-científico	Viabilidade Econômica De Serrarias Que Processam Madeira De Florestas Nativas – O Caso Do Município De Jaru, Estado De Rondônia	Oliveira et all (citado por Braz, 2010)	Rondônia	Manejo é insustentável
2003	Artigo técnico-científico	Economic and environmental impacts of conventional and reduced-impact logging in Tropical South America: a comparative review	Frederick Boltz, Thomas P. Holmes, Douglas R. Carter	Brazil	Manejo é insustentável e competição entre sistema convencional e MIR ainda é acirrada
2003	Artigo técnico-científico	Financial and ecological analysis of management options for logged-over Dipterocarp forests in Indonesian Borneo	P. R. van Gardingen, M. J. McLeisha, P. D. Phillipsa, Dadang Fadilahb, G. Tyrieb e I. Yasmanc	Indonésia	MFS é insustentável (sistema TPPTI - corte seletivo e regeneração natural)
2004	Tese de Doutorado	Análise econômica do manejo de baixo impacto em florestas tropicais – um estudo de caso	Timofeiczky (citado por Braz, 2010)		Manejo é insustentável, custo da terra e oportunidade levam a substituição de uso da terra
2004	Artigo técnico-científico	Ciclo de corte econômico ótimo em floresta ombrófila densa de terra firme sob manejo florestal sustentável, Amazônia Oriental	Souza et all	Pará (Paragominas - Nova Era Agroflorestal)	Manejo é insustentável, ciclos de corte precisam ser ajustados (viável com crescimento maior e taxas de juros menores)
2004	Artigo técnico-científico	Silvicultural intensification for tropical forest conservation: a response to Sist and Brown	Putz e Fredericksen	Indonésia	Manejo é insustentável (ciclos de corte de acordo com espécies, não pode haver recomendação única)
2004	Artigo técnico-científico	Using multicriteria decision analysis and a forest growth model to assess impacts of tree harvesting in Dipterocarp lowland rain forests	Andreas Hutha, Martin Drechslera e Peter Köhler	Indonésia	MFS é insustentável (sugere ciclos de mais de 60 anos para corte-regeneração)
2006	Tese de Doutorado	Dinâmica de Florestas Submetidas a Manejo na Amazônia Oriental: Experimentação e Simulação	Celso Paulo de Azevedo	Projeto Bom Manejo (Embrapa/CIF OR/ITTO/Mont e Jari)	Manejo Florestal de corte seletivo e regeneração natural é Insustentável
2006	Artigo técnico-científico	Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajós National Forest, Brazil	Paul R. van Gardingena, Denis Valle e Ian Thompson	Brazil	MFS é insustentável (não há regra única que se aplique a todos os casos)
2007	Artigo técnico-científico	Adaptation of a spatially explicit individual tree-based growth and yield model and long-term comparison between reduced-impact and conventional logging in eastern Amazonia, Brazil	Denis Vallea, Paul Phillips, Edson Vidal, Mark Schulzea, James Grogana, Márcio Salesa e Paul van Gardingenh	Brazil	MFS é insustentável (tanto tradicional como MIR)
2008	Artigo técnico-científico	Forest certification in Amazonia: standards matter	Mark Schulze, James Grogan e Edson Vidal	Brazil	MFS é insustentável (sugere que é necessário parâmetro de rotação por espécie)
2009	Artigo técnico-científico	A Comparison Analysis of Logging Cost Between Conventional and Reduce Impact Logging Practices	Abdul Rahim, Mohd Shahwahid e Zariyawati	Malásia	Manejo de impacto reduzido é mais caro, e inviabiliza operação
2010	Tese de Doutorado	Subsídios para o Planejamento do Manejo de Florestas Tropicais da Amazônia	Evaldo Munoz Braz	ST Manejo de Florestas (divisa Acre e Rondônia)	Manejo inviável (manejo somente viável com taxas de crescimento por espécies)
2010	Artigo técnico-científico	A Model for comparing reduced impact logging with conventional logging for an Eastern Amazonian Forest	Alexander J. Macphersona, Mark D. Schulze, Douglas R. Carter e Edson Vidal	Brazil	MFS é insustentável (sugere ciclos de 120 anos para recuperação da área explorada)
2011	Artigo técnico-científico	Corte de madeira tira valor produtivo de floresta na Amazônia	Edson Vidal	Brazil	MFS leva a degradação do patrimônio genético e perda de valor da floresta, mesmo MIR

ANEXO 3: Trabalhos técnico-científicos tratando de MFS bem-sucedido no mundo

Manejo Florestal Sustentável						
Relatório de Trabalhos Técnico-Científicos						
Data (ano)	Tipo	Título	Autor(es)	Local	Resultado	Prática Silvicultural
2011	Documento do Governo Nacional	Canadian's Sustainable Forest Management	Canadian Council of Forest Ministers	Canadá	1% da área disponível é manejada anualmente, 20% do mercado mundial de produtos florestais	Corte raso (sombreamento e corte seletivo para promover agregação de valor - regeneração natural assistida)
1997	Artigo Técnico	Collins Pine: Lessons from a Pioneer	Eric Hansen & John Punches	EUA	empresa operando há mais de 140 anos com sistema silvicultural	corte seletivo em ciclos de 12 a 20 anos (nos EUA corte raso é mais comum) de cerca de 30% do volume, árvores matrizes são selecionadas para manter regeneração natural (qualidade)
2011	Apresentação Técnica	Global Wood Markets: Consumption, Production and Trade	Ed Pepke	Europa	Países da UNECE dominam mercado global de produtos florestais, colhendo em torno de 50% do volume anual de crescimento nas florestas	Corte raso (sombreamento e corte seletivo para promover agregação de valor - regeneração natural assistida)
2002	Relatório do European Forest Institute	Forest Management Guidelines and Practices in Finland, Sweden and Norway	Tiia Yrjölä	Finlândia, Suécia e Noruega	Florestas de Pinus silvestris (47%), Picea Abis (35%) e Betula pendula e B. pubescensB (18%), equiânias	Corte raso de 0,6% do total de áreas em ciclos de 60 a 140 anos, plantios são realizados para aumentar produtividade, práticas silviculturais moderna
2001	Relatório de projeto de pesquisa	Sustainable Forest Management in Germany: The Ecosystem Approach of the Biodiversity Convention reconsidered	Andreas Häusler, Michael Scherer-Lorenzen	Alemanha	País com predominância de florestas de coníferas (67%) e poucas variedades de folhosas (33%)	Lar da silvicultura contemporânea, corte raso e outras combinações, com seleção de indivíduos e práticas industriais, colheita de 50% do volume de crescimento
2010	Resumo de PMFS Certificado FSC	Resumo Público do Plano de Manejo. V6	ARAUPEL	Brasil	Araucaria angustifolia: Produtividade média de 20 m ³ / ha / ano, total de 700 m ³ /ha de volume total	Corte raso ciclo de 24 anos, reflorestamento, seleção, produção de mudas, preparo de solo, plantio, roçadas, controle de pragas, combate a formiga, 2 desbastes, carregamento, estradas, combate a incêndios
2010	Artigo de Mídia	Pará Alcança Destaque Exportando Madeira Extraída de área Reflorestada (Florapac)	Vaz, Ellen	Brasil	Schizobolium amazonicum: Produtividade média de 25 m ³ / ha / ano	Corte raso, ciclo de 15 anos, reflorestamento, seleção, produção de mudas, preparo do terreno, plantio, roçadas, controle de pragas e doenças, desbastes, carregamento, estradas, combate a incêndio

ESTOQUE DE CARBONO EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL COM *Pinus elliottii* Engelm. E PALMEIRA-REAL-AUSTRALIANA (*Archontophoenix* spp.) NO MÉDIO VALE DO ITAJAÍ, SANTA CATARINA, BRASIL.

CARBON STOCK IN AN AGROSILVICULTURAL SYSTEM WITH *Pinuselliottii* Engelm. AND AUSTRALIAN KING PALM (*Archontophoenix* spp.) IN ITAJAÍ MIDDLE VALLEY, SANTA CATARINA, BRAZIL.

Lauri Amândio Schorn¹; Tatiele Anete Bergamo Fenilli²; Gabriel Corso Pellens³;
Luiz Antonio Valter³; Marcelo Bucci³

RESUMO

Os sistemas agroflorestais fazem parte de uma importante estratégia de uso da terra voltada aos serviços ambientais, em especial, a fixação de carbono pela biomassa vegetal. Este trabalho apresenta atividades desenvolvidas com o objetivo de estimar o carbono estocado por compartimento aéreo, em monocultivo de palmeira-real-australiana e, em consórcio entre palmeira-real-australiana e *Pinus elliottii* em uma propriedade rural, localizada no Médio Vale do Itajaí, Santa Catarina. Os dados dendrométricos foram obtidos por inventário florestal realizado em 4 unidades amostrais em cada uma das áreas avaliadas, monocultivo e consórcio, sendo mensurados diâmetro de colo e altura total para palmeira-real-australiana e, DAP (diâmetro à altura do peito) e altura total das árvores contidas na parcela. O carbono estocado foi mensurado de forma indireta comparando os dados de biomassa seca de palmeira-real-australiana e dos dados obtidos a partir do inventário florestal com a literatura. A estocagem de carbono obtida por palmeira-real-australiana em monocultivo foi da ordem de 3,77 Mg.ha⁻¹, em consórcio da ordem de 1,21 Mg.ha⁻¹. Já a estocagem de carbono total em sistemas agroflorestais com consórcio de palmeira-real-australiana e *Pinus* foi de 65,95 Mg.ha⁻¹.

Palavras-chave: agrossilvicultura; estoque de carbono; biomassa

ABSTRACT

The agrosilvicultural systems take part at an important strategy of land use focused on environment services, in special, on carbon fixation by the vegetal biomass. This work presents the activities developed to estimate the carbon stocked by aerial compartment, in monoculture of Australian king palm and, in intercropping with Australian king palm and *Pinus elliottii* in a rural property, located at Itajaí Middle Valley, Santa Catarina, Brazil. The dendrocrometric data were taken with forest inventory, made in 4 sample units in each of the two evaluated areas, monoculture and intercropping, measuring root collar diameter and total height to Australian king palm and, DHB (diameter at breast height) and total height for the trees into the sample. The carbon stock were measured in an indirect form comparing fresh biomass of Australian king palm and the data that came from forest inventory with the literature. The carbon stock obtained by the Australian king palm in monoculture was 3.77 Mg.ha⁻¹, in intercropping was 1.21 Mg.ha⁻¹. The total carbon stock for the agroforestry system in intercropping with Australian king palm and *Pinus* was 65.95 Mg.ha⁻¹.

Keywords: agrosilviculture; carbon stock; biomass

INTRODUÇÃO

O reflorestamento é uma das modalidades de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) relatadas no Protocolo de Quioto como instrumento para auxiliar na redução das mudanças climáticas. Esta modalidade de MDL torna-se economicamente interessante para empresas transnacionais e governos de países responsáveis por grandes emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE) que, financiando projetos de sequestro de carbono, obtêm créditos, visando compensar suas elevadas taxas de emissão. As atividades de reflorestamento tornam-se uma opção viável e lógica para mitigar os problemas causados

¹ Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Regional de Blumenau- FURB. Rua São Paulo, 3500 – Itoupava Seca – Blumenau (SC) 89030-000. E-mail: lschorn@furb.br

² Engenheira Agrônoma, Dr.^a, Professora do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Regional de Blumenau- FURB. Rua São Paulo, 3500 – Itoupava Seca – Blumenau (SC) 89030-000. E-mail: tfenilli@furb.br

³ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Regional de Blumenau. Rua São Paulo, 3500 – Itoupava Seca – Blumenau (SC) 89030-000.

pela elevada taxa de emissão do CO₂, principal responsável pelo aumento do efeito estufa (CHANG, 2004).

O interesse em relação ao “sequestro de carbono” em florestas plantadas tem aumentado, em razão de sua elevada taxa de crescimento e grande capacidade dessas florestas em fixar o dióxido de carbono da atmosfera. Na biomassa da floresta, os compostos de carbono constituem grande parte, sendo necessário desenvolver estudos quanto a métodos de quantificação, nos diversos componentes da planta, possibilitando assim entender melhor o “seqüestro” e o “armazenamento” de carbono da atmosfera pelas florestas.

Nesse sentido, projetos que englobam sistemas de cultivo agroflorestal surgem como alternativa para a fixação de carbono, práticas que podem ser incorporadas em pequenas propriedades, garantindo retorno financeiro a curto, médio e longo prazo, beneficiando o meio ambiente como um todo.

A estimativa de biomassa pode ser feita por métodos diretos e indiretos. Os indiretos, são baseados geralmente em inventários florestais e os diretos, faz-se a derrubada e pesagem das árvores de determinada parcela (HIGUCHI e CARVALHO JUNIOR, 1994; WATZLAWICK et al., 2004).

Os métodos destrutivos são aplicados para calibrar as equações de determinações indiretas, permitindo um conhecimento mais detalhado da biomassa da floresta em seus diferentes compartimentos (SALATI, 1994).

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) podem ser definidos como técnicas alternativas de uso da terra, que implicam na combinação de espécies florestais com culturas agrícolas, atividades pecuárias ou ambas. Essas combinações podem ser simultâneas ou escalonadas no tempo e espaço e de caráter temporário ou permanente (SMITH et al., 1996; SWINKELS e SCHERR, 1991, ANDERSON et al., 1991 *apud* SANTOS, 2000).

Vilas Boas (1991) *apud* Santos (2000) comenta que os sistemas agroflorestais devem funcionar como uma ferramenta fundamental para alcançar o objetivo do rendimento sustentado permanente, sobretudo em regiões onde a fragilidade ambiental é um grande obstáculo para o desenvolvimento rural. Santos (2000) citando os autores Couto et al. (1992), Current e Lutz (1990) e Scherr (1995) descreve que os sistemas agroflorestais podem contribuir para a viabilidade econômica de pequenos produtores e melhoria da qualidade de vida das comunidades através da diversificação da produção, diminuindo os riscos de flutuações de preços no mercado e ampliando alternativas alimentares de subsistência.

No intuito de minimizar a pressão sobre as áreas em que ocorre palmito-juçara (*Euterpeedulis*), já que estas tem seu corte proibido, várias palmeiras, em todo o país, vêm sendo cultivadas em plantios programados para a extração do palmito, entre elas a palmeira-real-da-austrália (*Archontophoenix* spp.) em Santa Catarina (YASUDA, 2005).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o estoque de carbono por compartimento aéreo, em monocultivo de palmeira-real-australiana e, em consórcio entre palmeira-real-australiana e *Pinus elliottii* em um propriedade rural no Médio Vale do Itajaí, Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em uma propriedade rural, localizada no Médio Vale do Itajaí, no município de Massaranduba, estado de Santa Catarina (Figura 1). As coordenadas do local são 26° 35' S e 49° 03' L, altitude do local de 46 metros.

A região caracteriza-se pelo predomínio do tipo climático Cfa identificado por clima temperado úmido de verão quente (temperatura média do mês mais frio está entre 18 e – 3°C (Mesotérmico), ausência de estação seca e a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C (KÖPPEN, 1948 *apud* GHODDOSI, 2005).

O solo predominante nessa área é do tipo Associação Argissolo Vermelho-Amarelo Álico e Distrófico Tb A moderado, textura média/argilosa, relevo forte ondulado + Cambissolo Álico e Distrófico Tb A moderado, textura argilosa, relevo montanhoso, ambos fase floresta tropical perenifólia (LEMONS, 1998; CIRAM, 2002).

A área de plantio de palmeira-real-australiana é formada por povoamentos com 5 anos de idade, apresentando espaçamento de 1m x 1m, contendo 3 mudas por cova. O povoamento contendo *Pinus elliottii*, apresenta idade de 12 anos, espaçamento de 3m x 3m e, neste povoamento há plantio consorciado de palmeira-real-australiana, com idade de 5 anos e com espaçamento de 1m x 1m.

Considerando os objetivos determinados para este projeto, a quantificação de carbono estocado em monocultivo de palmeira-real-australiana e, em consórcio de *Pinus* com palmeira-real-australiana, foram instaladas unidades amostrais, com distribuição inteiramente casualizadas. Foram instaladas 4 unidades amostrais em cada uma das duas áreas. As unidades amostrais foram distribuídas aleatoriamente de forma a minimizar os efeitos edáficos e geomorfológicos existentes na área.

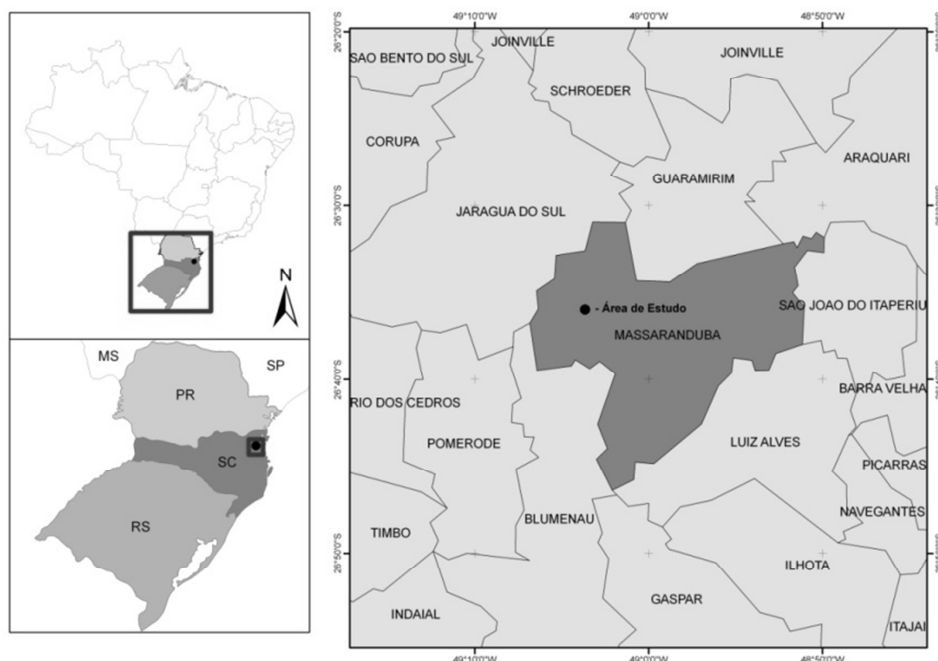


FIGURA 1: Localização da área de estudo

FIGURE 1: Study area localization

Para palmeira-real-australiana as parcelas tiveram comprimento e largura de 10x10 m (100m²), das quais, foram avaliadas as variáveis diâmetro do colo e a altura total da planta. Já para Pinus, as parcelas tiveram dimensões de 20 x 20 m (400m²), sendo mensurados os dados de DAP (diâmetro a altura do peito) e altura total de 20% dos indivíduos contidos em cada uma das parcelas.

A determinação da quantidade de carbono fixado para palmeira-real-australiana foi realizado através de método direto e destrutivo, com abate individual de oito árvores. Esses indivíduos foram selecionados e com base na média do diâmetro na altura do colo, em cada unidade amostral.

Foi realizada a determinação da biomassa fresca para os compartimentos: bainha+estipe e folíolos. Estas amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 60±5°C, e realizada pesagem do material seco após a estabilização do peso.

Ramos (2005) divide as palmeiras em: estipe – parte exposta do caule, do solo à base da bainha mais velha (externa); bainha – subdividida em vários componentes: bainhas, material descartado e o palmito; folhas. Em média, 34,6% equivalem ao estipe, 27,7% as folhas, 37,7% as bainhas, onde estaria incluído o palmito com 1,4% do peso total da palmeira.

Em trabalhos realizados por Adeneski (2007) foram determinados as porcentagens de carbono contidos nos componentes anteriormente citados, sendo na ordem de 36,65% para bainha, 4,93% para estipe e 6,14% para folíolo.

Para estimativa do estoque de carbono armazenado em florestas plantadas de *Pinus elliotti*, a determinação foi realizada através de método indireto, utilizando os dados gerados pelo inventário florestal, que através cubagem rigorosa, gerou o fator de forma de 0,47. Estimou-se ainda, volume de madeira verde por hectare, paralelamente a isso, a quantidade de carbono estocado foi determinado a partir da densidade específica básica da madeira.

Ainda para a quantificação do estoque de carbono para Pinus, utilizaram-se os dados apresentados por Muñiz (1993), que determinou o valor médio da densidade específica básica da madeira juvenil da espécie *Pinus elliottii*, com o valor de 0,453 g/cm³ ou 453 kg/m³.

Partindo-se da suposição de não-normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância realizando teste de Tukey, através do aplicativo computacional Assitat® (SILVA, 2009). O nível de significância estabelecido para a comparação destes dados foi de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Monocultivo

Analisando comparativamente os estoques de carbono fixados apenas em plantios de palmeira-real-australiana, observa-se que, quando estas são cultivadas em monocultivo há uma maior fixação de carbono quando comparado ao seu cultivo em consórcio. A média de indivíduos encontrados de palmeira-real-australiana por hectare em monocultivo é de aproximadamente 232.

A figura 2 demonstra os valores estocados em $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de carbono, nos folíolos, bainha+estipe e total:

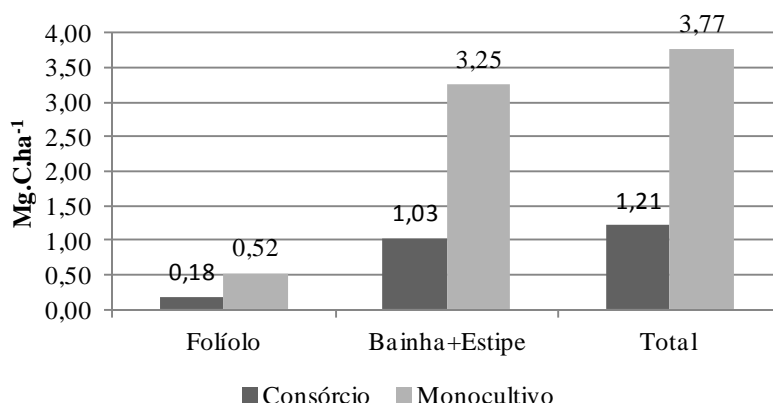


FIGURA 2: Estoque de carbono fixado entre monocultivo e consórcio de palmeira-real-australiana.
FIGURE 2: Fixed carbon stock between monoculture and intercropping with Australian king palm.

Destaca-se ainda, observando-se a figura 2, que no conjunto bainha+estipe concentra-se um estoque de carbono ligeiramente maior do que o estoque contido nos folíolos.

Os dados foram submetidos à análise de variância, Teste de Tukey com 5% de nível de significância.

TABELA 1: Teste de Tukey para monocultivo e consórcio de palmeira-real-australiana.
TABLE 1: Tukey's test to monoculture and intercropping with Australian king palm.

Médias de tratamento	
Monocultivo	3774,68 a
Consórcio	1212,41 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Ao avaliar os resultados gerados pela análise de variância, fica comprovado estatisticamente que houve diferença média significativa entre os dois tratamentos, consórcio e monocultivo. As razões para essa diferenciação partem do pressuposto de haver maior competição entre as plantas no consórcio, uma vez que a palmeira-real-australiana encontra-se sombreada pelo Pinus, bem como ocorre competição por água e nutrientes do solo.

Consórcio

A fim de se estimar as alturas individuais das árvores, em função dos seus diâmetros com casca no decorrer do crescimento, foram testados os modelos hipsométricos descritos na tabela 1. Os dados para testar esses modelos advieram das 4 parcelas de inventário florestal.

Os modelos hipsométricos foram comparados pelos indicadores estatísticos, coeficiente de determinação (R^2), que expressa o quanto às variações da variável dependente são explicadas pelas variáveis independentes e erro padrão da estimativa, que expressa o quanto, em termos médios, os valores observados variam em relação aos valores estimados.

TABELA 2: Equações hipsométricas avaliadas em função do coeficiente de determinação e do erro padrão da estimativa

TABLE 2: Hypsometric equations evaluated in function of the determination of coefficient and standard error of estimate

Nº	Equação	R^2 ajustado	$S_{xy}\%$
1	$h = b_0 + b_1d + b_2d^2$	0,3412	11,7414
2	$\frac{1}{\sqrt{h}} = b_0 + b_1\frac{1}{d} + b_2\frac{1}{d^2}$	0,3778	6,0860
3	$h = b_0 + b_1d$	0,2572	12,4677
4	$\log(h) = b_0 + b_1 \log(d)$	0,3356	0,2701
5	$h = \frac{d^2}{b_0 + b_1d^2}$	0,8353	28,8255

Entre os modelos testados, o que obteve melhor desempenho foi o modelo $\frac{1}{\sqrt{h}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d} + b_2 \cdot \frac{1}{d^2}$, apresentando o maior coeficiente de determinação e o menor erro padrão da estimativa, sendo empregado para determinação das demais alturas.

A determinação da quantificação de estoque de carbono para a população de *Pinus elliottii* foi realizada de forma indireta, através de dados oriundos de inventário florestal, através porcentagem da composição elementar de carbono contido na madeira e, ainda, da relação entre densidade específica básica para lenho juvenil da espécie.

Os dados oriundos do inventário florestal estimaram um volume de aproximadamente 285 m³ de madeira verde por hectare. Segundo Muñiz (1993) determina a densidade específica básica para lenho juvenil de *Pinus elliottii* na ordem de 453 kg/m³, quantifica-se a estocagem de 64,81 Mg.ha⁻¹ de carbono por hectare.

A estocagem total de carbono no consórcio, levando em consideração a estocagem do carbono da palmeira-real-australiana, com média de 83 indivíduos por hectare, mais o estoque de carbono do Pinus, é de aproximadamente 65,95 Mg.ha⁻¹.

Em trabalhos realizados por Bolfe et al. (2010), foram avaliados diferentes conjuntos de Sistemas Agroflorestais (SAF's) e a determinação de estocagem de carbono, dessa forma, os valores observados neste trabalho dentro das médias estimadas por Albrecht e Keandji (2003), os quais realizaram um completo estudo sobre seqüestro de carbono em sistemas agroflorestais tropicais. Esses autores, relatam em suas pesquisas que o potencial de seqüestro de C pela vegetação de SAF para a América do Sul é estimado entre 29 a 102 toneladas.ha⁻¹, e, a média para a região tropical é de 95 toneladas C.ha⁻¹. Comparativamente, o presente trabalho está dentro da faixa de carbono estocado em sistemas agroflorestais para a América do Sul.

Para trabalhos de quantificação e estocagem de carbono em florestas plantadas Marcene (2006) estudando a espécie *Gmelina arborea* Roxb., determinou que o valor médio estocado de carbono médio por árvore é na casa de 120 kg, sendo que neste trabalho, o valor médio de carbono estocado por árvore de Pinus ficou na ordem de 136,45 kg.

Nas avaliações para determinação de estoque de carbono em plantio comerciais de *Eucalyptus grandis* realizados por Paixão et al. (2006) constatou uma fixação média de 47,6 toneladas de carbono por hectare aos 6 anos nessa floresta. Em outras linhas, o estoque de carbono armazenado por esta floresta é da ordem de 7,94 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, ligeiramente superior ao encontrado.

CONCLUSÕES

- A palmeira-real-australiana apresentou maior capacidade de fixação de carbono quando em monocultivo;
- O consórcio entre palmeira-real-australiana e *Pinus elliottii* realizam a fixação de carbono em montante superior ao obtido em monocultivo de palmeira-real-australiana;
- Analisando apenas o carbono fixado por palmeira-real-australiana, em monocultivo foi estocado 3,77 Mg.ha⁻¹, já em consórcio com Pinus foi estocado 1,21 Mg.ha⁻¹ de carbono;
- No consórcio entre e *Pinus elliottii* e palmeira-real-australiana o total de carbono estocado é de 65,95 Mg.ha⁻¹ de carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENESKY FILHO, E. **Resíduos agroindustrial da palmeira real da Austrália Archontophoenix alexandrae H. Wendl. & Drude, como componente para substratos de espécies ornamentais.** 2007.134f, il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, 2007.

ALBRECHT, A.; KEANDJI, S.T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 99, p.15-29, 2003.

BOLFE, E.D.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, M.C.; TAKAMATSU, J. **Estimativa de biomassa epígea e estoque de carbono de sistemas agroflorestais em tomé-açu, Pará.** Disponível em: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/660630/1/03tema06.pdf> > Acesso em 28 set. 2011.

CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS DE SANTA CATARINA – CIRAM. **Mapa de solos:** Unidade de Planejamento Regional Litoral Norte Catarinense UPR 6. Florianópolis, 2002. 85,5 x 65,5 cm. Escala 1:250.000

CHANG, M.Y. Seqüestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas. In: **FIXAÇÃO DE CARBONO: ATUALIDADES, PROJETOS E PESQUISAS**, 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2004. p.15-37

GHODDOSI, Sheila Mafra. **Dinâmica do comportamento arbóreo (1999-2004) de um trecho de floresta ombrófila densa em Blumenau, SC.** 2005.29 f, il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JUNIOR, J. A. de. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIO PARA O BRASIL, Rio de Janeiro, 1994. **Anais.** p. 125-153.

LEMOS, Raimundo Costa de. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina.** [S.l: s.n, 19--]. nv, il

MARCENE, E. A.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; SCHNEIDER, C. R. Variação nos teores e estoque individuais de carbono fixado com o crescimento de *Gmelina arborea* Roxb. na região litorânea do Paraná Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 55-63, 2006.

MUÑIZ, G. I.B. **Caracterização e desenvolvimento de Modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da Madeira de *Pinus elliotti* Engelm.e *Pinus taeda* L.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

PAIXAO, F. A. et al. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Rev. Árvore** [online]. 2006, v.30, n.3, p. 411-420. ISSN 0100-6762.

RAMOS, M.G. Dissecção e características dos componentes de plantas de palmeira-real-daaustrália. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES DE PALMEIRA-REAL,3.,2005, Balneário Camboriú. **Anais...** Florianópolis: ABRAPALMER – EPAGRI, 2005. p. 63-65.

SALATI, E. Emissão X Sequestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócio para o Brasil. In: EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIO PARA O BRASIL, Rio de Janeiro, 1994. **Anais.** p. 13-37.

SANTOS, M. J. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental.** 2000. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-StatisticalAttendance.** In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

WATZLAWICK L. F; CALDEIRA, M.V.W.; SANQUETTA, C.R. Quantificação de biomassa e carbono orgânico em povoamento de *Pinus taeda* L. no sul do estado do Paraná – Brasil. 3º **Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal.** Santa Maria, pg. 85- 94, 2004.

YASUDA, M. E. **Levantamento de potenciais pragas associadas à cultura da palmeira-real-da-austrália *Archontophoenix* spp. (Arecaceae) no Médio Vale do Itajaí.** 2005.93f, il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA *Tectona grandis* L.F.

RELATIONSHIP TO HYPSONOMETRIC *Tectonagrandis* L.F.

Josinei S. Garcia¹; Adriana S. Luz²; Roseane S. Pinto³; João R. V. Gama⁴

RESUMO

O estudo teve por objetivo ajustar modelos de relação hipsométrica para a espécie *Tectonagrandis* L. F. A pesquisa foi realizada em Monte Alegre-PA, comunidade Limão, na Fazenda Acarilândia II, localizada nas coordenadas 01°37'10,72''S e 53°58'37,80''W. Foram lançadas 16 parcelas de 20m x 40m em dois talhões consorciados com *Tectonagrandis* L. F., *Khayasp.*, *Swieteniamacrophylla* King com idade de 5 anos e medidos as alturas de 159 indivíduos com auxílio de uma vara telescópica. O modelo $H = b_1D + b_2 \ln D + \varepsilon$ foi o mais adequado aos dados observados, devido ter apresentado os melhores valores de $Sy_{x\%}$ e R^2 ajustado, assim como a melhor distribuição gráfica de resíduos.

Palavras-chave: mensuração; modelo matemático; regressão.

ABSTRACT

The study aimed to adjust hypsometric relationship models for the species *Tectonagrandis* L. F. The research was carried out in Monte Alegre, PA, community Lemon in Acarilândia Farm II, located at coordinates 01 ° 37'10, 72"S and 53 ° 58'37, 80"W. Were launched 16 parcels of two 20m x 40m plots intercropped with *Tectonagrandis* L. F., *Khaya* sp. *Swieteniamacrophylla* King aged 5 years and measured the heights of 159 individuals with the aid of a telescopic pole. The model $H = b_1D + b_2 \ln D + \varepsilon$ was the most appropriate to the observed data, due to present its best values $Sy_{x\%}$ and adjusted R^2 , and the best graphical distribution of waste.

Keywords: measurement; mathematical modeling; regression.

INTRODUÇÃO

A teca é nativa das florestas tropicais de monção do Sudeste Asiático (Índia, Mianmar e Tailândia). Sua área de ocorrência natural é ampla, estendendo-se entre os paralelos de 09° N e 25° N, compreendendo regiões situadas desde o nível do mar até 1000 metros de altitude, sujeitas a precipitações anuais entre 500 e 5000 mm e a temperaturas absolutas entre a mínima de 2° C e a máxima de 48° C (FERREIRA e MELO, 2006).

É uma espécie que encontra-se em expansão nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil e seu principal produto é a madeira de alta qualidade, muito utilizada em móveis finos e na construção naval. Madeira de teca madura, livre de nós e com diâmetro para serraria, atinge os maiores valores de comercialização no mercado internacional de madeiras tropicais (FIGUEIREDO et al, 2005).

Diversos autores ressaltam a importância da teca em virtude do elevado valor de sua madeira, em que suas propriedades físico-mecânicas são as mais desejáveis: alta durabilidade, estabilidade e resistência, aliadas a facilidade para corte, lavragem e laminação (SOUSA et al., 2008).

Uma das técnicas utilizadas para estimar o crescimento de espécies florestais é o estudo da relação hipsométrica, por meio da qual é possível estimar o crescimento em altura em função do diâmetro, com o uso de equações matemáticas. A relação hipsométrica associada com outras variáveis dendrométricas permite, assim, calcular o estoque de madeira de um determinado povoamento em uma determinada época.

Mediante ao exposto, o trabalho objetiva determinar uma equação hipsométrica para um plantio de *Tectonagrandis* L. F., com cinco anos de idade, localizado no município de Monte Alegre, Estado do Pará.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Os dados coletados na Fazenda Acarilândia II (01°37'10,72''S e 53°58'37,80''W), comunidade Limão distante 44 km do centro urbano do município de Monte Alegre, Estado do Pará.

Município de Monte Alegre, região noroeste do estado do Pará com uma área aproximada de 21.703,03 km² (CARVALHO, 2007), pertencente à Mesorregião do Baixo Amazonas, Microrregião de

¹Engenheiro Florestal, Associação Hortoflorestal de Monte Alegre, Monte Alegre, PA

²Engenheira Florestal, extensionista florestal, Instituto Estadual de Florestas do Amapá, IEF, Macapá, AP

³Engenheira Florestal, Manejo Florestal e Prestação de Serviços, MAFLOPS, Santarém, PA

⁴Engenheiro Florestal, professor adjunto, Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém, PA

Santarém, entre as coordenadas 54°04'28''W e 02°02'27''S (CARVALHO, 2007). Monte Alegre faz divisa com o Norte de Almeirim e Alenquer, com o Sul de Santarém e Prainha, com o Leste de Prainha e Almeirim e com o Oeste de Alenquer (OLIVEIRA JUNIOR, 1998).

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Awi, ou seja, com estação de seca bem definida. A precipitação média total anual corresponde a 1.780,5 mm e a umidade relativa anual é de 72,8% (OLIVEIRA JUNIOR, 1998). A temperatura média anual oscila entre 25,7°C a 27,7°C (SUDAM, 1984).

Coleta de Dados

Foram instaladas 16 parcelas de 20 m x 40 m (0,08 ha) por meio de amostragem sistemática em dois talhões de 100 m x 150 m (1,5 ha) cada, compostos por um consorciado com três essências florestais, teca (*Tectonagrandis* L. F.), mogno africano (*Khayasp.*) e mogno (*Swieteniamacrophylla* King). O plantio foi realizado no ano de 2005 substituindo floresta em regeneração de aproximadamente 10 anos; o plantio foi avaliado aos 5 anos de idade.

Nas parcelas haviam 10 árvores de *T. grandis* com espaçamento de 7 m x 7 m, mensurou-se o DAP (diâmetro à altura de 1,30 m) de todas as árvores e a altura comercial de três árvores de cada parcela; esses indivíduos foram escolhidos aleatoriamente. O DAP foi medido com auxílio de fita centimetrada e as alturas com vara telescópica de 159 indivíduos.

TABELA 1: Número de árvores por parcela e talhão inventariadas.

TABLE1: Number of trees per plot and plot inventory.

Talhão	Nº De Parcelas	Nº De Árvores
1	8	79*
2	8	80
Total	16	159

* Uma árvore morta na parcela 2 do talhão 1.

Modelos testados

Foram ajustados seis modelos matemáticos de relação hipsométrica com base nas medições do DAP e altura comercial (Tabela 2).

TABELA 2: Modelos matemáticos ajustados para estimativa da altura comercial da *T. grandis* L. F.

TABLE2: Mathematical model to estimate the commercial height of *T. grandis* L. F.

Equação	Modelo Matemático
1	$\frac{1}{\sqrt{H-1,3}} = b_0 + b_1 \frac{1}{D} + \varepsilon$
2	$\frac{D^2}{\sqrt{H-1,3}} = b_1 D + b_2 D^2 + \varepsilon$
3	$\frac{D^2}{\sqrt{H-1,3}} = b_1 D^2 + b_2 D^3 + \varepsilon$
4	$H = b_1 D + \varepsilon$
5	$H = b_1 \frac{1}{D} + b_2 \ln D^2 + b_3 D + \varepsilon$
6	$H = b_1 D + b_2 2 \ln D + \varepsilon$

Em que: H = altura comercial em metros; D = diâmetro à altura de 1,30 m em centímetro (DAP); b₀, b₁, b₂ e b₃ = coeficientes de regressão; ln = logaritmo neperiano. ε = erro aleatório

Escolha do Melhor Modelo de Ajuste

Para selecionar o melhor modelo de ajuste foram considerados os seguintes critérios: erro padrão da média em percentagem, coeficiente de determinação em percentagem e análise gráfica dos resíduos.

De acordo com os critérios expostos para seleção, a melhor equação deverá apresentar menor erro padrão da média (Syx%), maior coeficiente de determinação (R²%) e distribuição gráfica dos resíduos não tendenciosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados provenientes dos ajustes dos modelos hipsométricos estão resumidos na tabela 3.

TABELA 3: Valores dos coeficientes e critérios e desempenho dos modelos estudados para ajuste para teca (*Tectonagrandis* L. F.).

TABLE3: Values of the coefficients and criteria and performance of the models studied to adjust for teak (*Tectonagrandis* L.F.).

Equação	Coeficientes De Regressão				Estatísticas	
	b0	b1	b2	b3	R ² _%	Sy _x _%
1	0,34979	1,46459	-	-	43,07	17,18
2	-	2,55428	0,28721	-	97,05	17,28
3	-	0,55876	-0,00699	-	97,02	17,41
4	-	0,37065	-	-	93,42	21,82
5	-	3,02466	0,96569	0,06307	95,17	16,69
6	-	0,01934	1,13734	-	95,25	16,39

Analisando a tabela 3, podemos detectar que os valores de erro padrão da média foram relativamente altos e os do coeficiente de determinação semelhantes, exceto da equação 1, cuja foi a única apresenta coeficiente b0. Nas figuras de 2 a 7 são apresentadas as distribuições gráficas dos resíduos para todos as equações consideradas no estudo.

Baseado nos critérios de seleção para a escolha da melhor equação, verificou-se que o melhor ajuste, dentre os modelos estudados, para a espécie *Tectonagrandis* L. F. foi a equação 6, pois expressou menor erro padrão da média e melhor distribuição gráfica dos resíduos (Figura 7), apesar de seu coeficiente de determinação não ser o mais expressivo (Tabela 3).

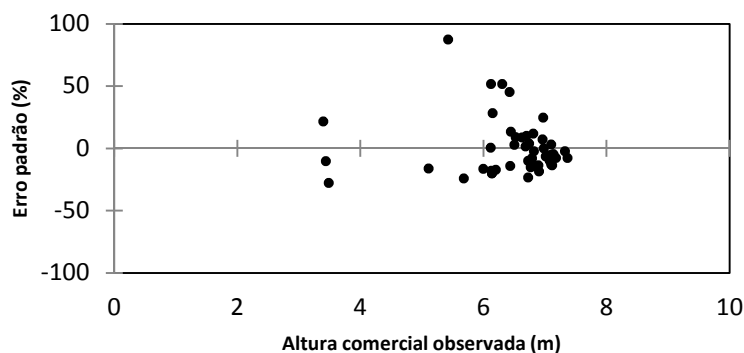


FIGURA 2: Distribuição gráfica dos resíduos para a equação 1 para a teca (*Tectonagrandis* L. F.).
FIGURE2: Distribution of waste to the graphical equation for teak (*Tectonagrandis* L.F.).

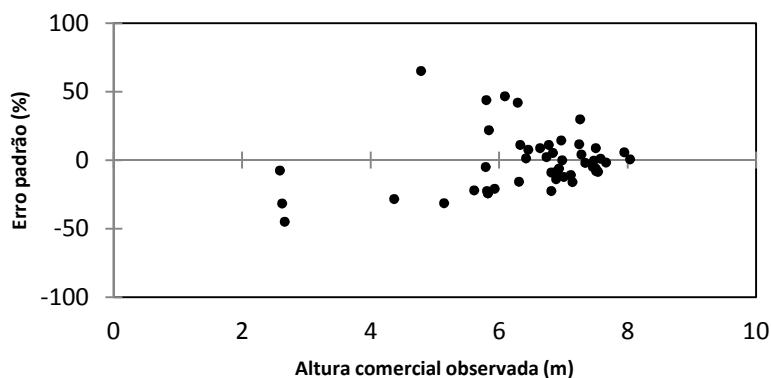


FIGURA 3: Distribuição gráfica dos resíduos para a equação 2 para a teca (*Tectonagrandis* L. F.).
FIGURE3: Distribution of waste to the graphical equation 2 for teak (*Tectonagrandis* L.F.).

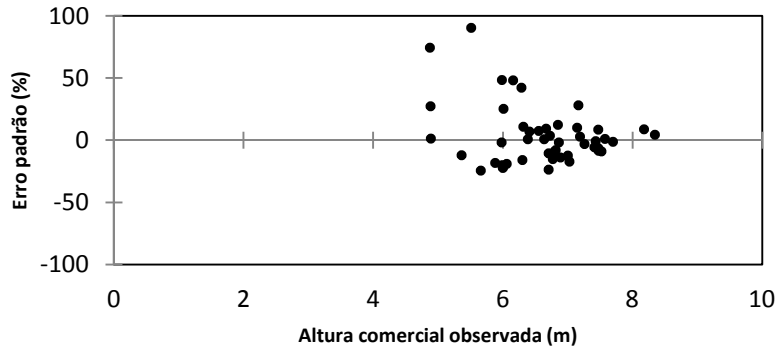


FIGURA 4: Distribuição gráfica dos resíduos para a equação 3 para a teca (*Tectonagrandis* L. F.).
FIGURE4: Distribution ofwaste to thegraphicalequation 3forteak (*Tectonagrandis*L.F.).

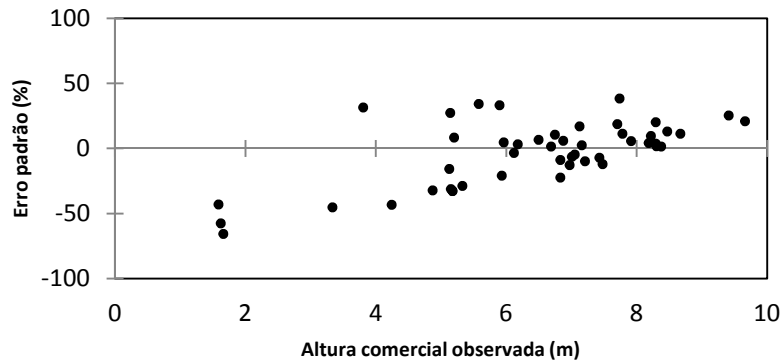


FIGURA 5: Distribuição gráfica dos resíduos para a equação 4 para a teca (*Tectonagrandis* L. F.).
FIGURE5: Distribution ofwaste to thegraphicalequation 4forteak (*Tectonagrandis*L.F.).

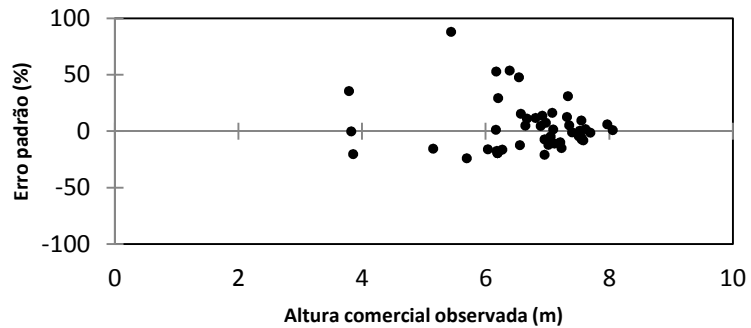


FIGURA 6: Distribuição gráfica dos resíduos para a equação 5 para a teca (*Tectonagrandis* L. F.).
FIGURE6: Distribution ofwaste to thegraphicalequation5 forteak (*Tectonagrandis*L.F.).

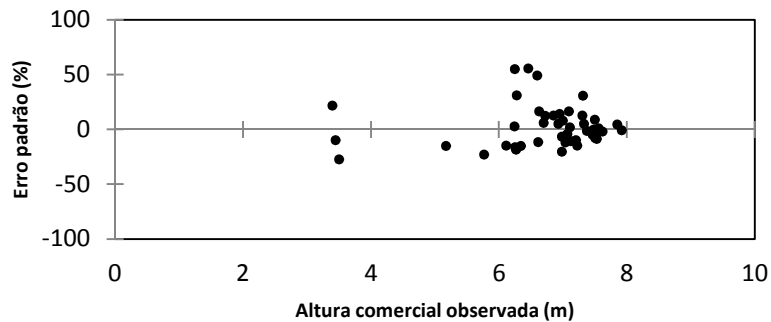


FIGURA 7: Distribuição gráfica dos resíduos para a equação 6 para a teca (*Tectonagrandis* L. F.).
FIGURE7: Distribution ofwaste to thegraphicalequation 6forteak (*Tectonagrandis*L.F.).

CONCLUSÃO

Embasado na pesquisa realizada, pôde-se concluir:

- O modelo $H = b_1D + b_22\ln D + \varepsilon$ (equação 6) foi a que mais se adequou aos critérios de seleção;
- No entanto, $Sy_x\%$ foi elevado para todos os modelos, isso significa que o modelo seis possa não ser o melhor modelo a ser utilizado nesse reflorestamento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, R. **Almanaque Monte Alegre Pará**. Monte Alegre-PA, 2007. 194p.

FERREIRA, A. G.; MELO, R. R. de. Inventário florestal quantitativo de plantios de teca (*Tectonagrandis*L.F.) e pinho-cuiabano (*Schizolobiumamazonicum*Hub.). **Revista Científica Eletrônica de Engenharia FLOrestal**. v. IV, n. 7, 2006.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos desbastados e não desbastados de *Tectonagrandis* L. F., na microrregião do baixo rio Acre. **Revista Cerne**, v. 11, n. 4, p. 342-353. 2005.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. de et al. **Zoneamento agroecológico do município de Monte Alegre**. Belém: EMBRAPA, 1998, 119 p.

SOUSA, D. G. de; VALE, R. S. do; AMADOR, C. D. P.; VALE, F. A. F. do; SOUSA, R. de J. Dinâmica de crescimento da *Tectonagrandis*L. F. (teca) em sistemasilvipastoril na região nordeste do estado do Pará. VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA Amazônia Oriental, **Anais**. Belém-PA, 2008.

SUDAM, Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia Brasileira, **Atlas climatológico da Amazônia brasileira**, Belém, 1984, 125p, (SUDAM, Publicações, 39)

EMPREGO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO NA ESTRATIFICAÇÃO EM INVENTÁRIOS FLORESTAIS

USE OF CLUSTER ANALYSIS IN STRATIFICATION OF FOREST INVENTORIES

Rodrigo Otávio Veiga de Miranda¹; Gustavo Sartori Pottker¹; Neumar Irineu Wolff¹; Felipe Luis Sanches¹; Solon Jonas Longhi²; Luciano Farinha Watzlawick³; Andrea Nogueira Dias⁴; Jovane Pereira da Cruz⁵

RESUMO

Novas técnicas de processamento dos dados de inventário florestal podem aumentar a precisão das estimativas de estoque madeireiro. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o potencial da análise de agrupamento na estratificação do inventário florestal, a fim de melhorar a precisão das estimativas volumétricas. Para isso, definiram-se variáveis médias para cada talhão, segundo as quais se procedeu ao agrupamento pelo método de *Ward*, usando-se a distância euclidiana ao quadrado como medida das dissimilaridades observadas. Foram identificados três estratos florestais, para os quais se ajustou modelos volumétricos e hipsométricos de forma independente. Foi observada a redução do erro padrão da estimativa com a estratificação. A utilização da técnica multivariada, através do método de agrupamento, é eficaz na estratificação volumétrica em inventários de plantios florestais.

Palavras-chave: Mensuração; análise multivariada; distância euclidiana; método *Ward*.

ABSTRACT

New techniques in the processing of forest inventory data may improve the precision of wood stock estimates. This research had the purpose of analyzing the potential of the cluster analysis technique in the stratification of forest inventory. In that way, it was defined mean variables for each stand, which were grouped according the method of Ward, and the squared Euclidean distance as a measure of dissimilarity. It was identified three forest strata, and, for each of which it was independently adjusted volumetric and hypsometric models. The reduction in the standard error of estimation was observed for the stratification, which is related with the general reliability of the forest inventory. The use of multivariate techniques, through cluster analysis, is effective in the volumetric stratification in forest plantation's inventory.

Keywords: Mensuration; multivariate analysis; euclidean distance; Ward's method.

INTRODUÇÃO

Uma das mais importantes etapas do planejamento florestal é a quantificação do estoque madeireiro, em que devem ser utilizadas técnicas de levantamento acuradas e, com isso, garantir uma boa estimativa da produção de madeira.

Conforme a definição de Péllico Netto e Brena (1997), inventário florestal é uma atividade que visa obter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes em uma área pré-especificada. Seus resultados e sua confiabilidade, porém, devem ser passíveis de mensuração.

Embora a literatura específica aborde diversos delineamentos de amostragem em inventários florestais, na grande maioria das vezes se limita à aplicação de uma das três seguintes amostragens: casual simples, sistemática e estratificada (CAMPOS e LEITE, 2009).

A estratificação de uma população florestal visa conseguir, com uma menor intensidade amostral e, por conseguinte, com menores custos, uma estimativa mais precisa da variável de interesse, conforme Sanquetta et al. (2006). Sua aplicação consiste em dividir a população amostrada em algumas classes ou estratos (sub-populações homogêneas internamente e distintas entre si), de modo que dentro desses se reduza a variabilidade da variável de interesse. Assim, pode-se dizer que o benefício de tal forma de amostragem depende da eficiência da estratificação.

¹ Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. Caixa Postal 21, CEP 84500-000, Irati (PR). rovmiranda@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor titular da Universidade Federal de Santa Maria. Caixa Postal 5096, CEP: 97105-900, Santa Maria (RS). longhi.solon@gmail.com

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor adjunto da Universidade Estadual do Centro-Oeste. Caixa Postal 3010, CEP 85015-430, Guarapuava (PR). farinha@unicentro.br

⁴ Engenheira Florestal, Dra., Professora adjunta B do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste. Caixa Postal 21, CEP 84500-000, Irati (PR). andias@irati.unicentro.br

⁵ Engenheiro Florestal, Msc. jovaneacruz@gmail.com

A população pode ser estratificada segundo atributos como: topografia do terreno, sítio natural, tipologia florestal, altura, idade, densidade, volume, etc. Porém, sempre que possível, a base para estratificação deve ser a variável principal que será estimada no inventário. O método é empregado nos inventários de grandes áreas florestadas, principalmente onde há grande variabilidade da característica analisada (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Neste contexto, Ferreira (1996) cita que devido aos fenômenos serem estudados a partir de dados coletados ou mensurados em muitas variáveis, os métodos estatísticos delineados para obter informações a partir destes conjuntos de informações são denominados de métodos de análises multivariados. A necessidade de compreensão das relações entre as diversas variáveis faz com que as análises multivariadas sejam complexas ou até mesmo difíceis.

De acordo com Souza et al. (1990), Braga, (1997) e Solomão (1998), a aplicação da estatística multivariada na área florestal apresentava-se pouco frequente até meados da década de 90, principalmente em estudos que envolvem a classificação multivariada de sítios. Isto era devido, sobretudo, às restrições tecnológicas, tanto em termos de *hardware* quanto de *software*.

As técnicas estatísticas multivariadas têm sido amplamente empregadas em estudos envolvendo, simultaneamente, variáveis de clima, solo, relevo, vegetação e geologia na classificação de áreas com cobertura florestal. Essas técnicas são utilizadas com objetivos básicos de ordenamento, visando determinar a influência de fatores do meio na composição e produtividade do local, e de agrupamento, com o propósito de classificação (BURTON et al., 1991).

Dentre as técnicas estatísticas multivariadas, as técnicas de análises de agrupamento e discriminante são as de maior viabilidade para a classificação de sítios homogêneos em florestas naturais inequiduais (SOUZA et al., 1990). O autor ainda afirmou que essas técnicas de classificação, denominadas análises de agrupamento e discriminante, relacionam-se com a separação de distintos indivíduos (árvores, parcelas e talhões) e com alocação desses em grupos predefinidos, de modo que a análise de agrupamento constrói os agrupamentos a partir das informações contidas na matriz de dados multivariados, e a análise discriminante aloca indivíduos em classes ou agrupamentos previamente estabelecidos.

Exemplos de trabalhos relacionados ao uso da estatística multivariada no setor florestal são os de Souza et al. (2003), onde utilizaram a distância euclidiana e o método de ligação completa na análise de agrupamento e discriminante para estratificação vertical de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana. Souza e Souza (2006) trabalharam com as mesmas técnicas citadas, propondo um método de estratificação com base na produção volumétrica. Já Coelho (2006) utilizou a distância euclidiana simples e o método de *Ward* para agrupar planos de manejo, baseando-se na área basal, obtidas no resultado do inventário florestal. Ainda, para determinar unidades de gestão homogêneas em uma Floresta Ombrófila Aberta Submontana, baseadas no estoque volumétrico, Arruda (2008) utilizou a análise de agrupamento e discriminante, sendo utilizado o método *Ward* de ligação e a distância euclidiana. Outros trabalhos pertinentes são o de Souza (1989), Jardim (1996), Souza et al. (1997), Gerhard (2001), Araujo et al. (2004) e Albuquerque (2006).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da análise de agrupamento na estratificação do inventário florestal, a fim de melhorar a precisão das estimativas volumétricas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados são provenientes de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com 5 anos de idade, obtidos na região nordeste do Estado da Bahia. Foram utilizados dados de 56 parcelas circulares com 471,44 m² cada, distribuída em 17 talhões de 6 projetos, abrangendo uma área de 673 ha. Em cada parcela, foi realizada a medição do diâmetro à altura do peito (dap) de todas as árvores, altura total das 15 primeiras árvores e obtenção da altura de 5 árvores dominantes (altura dominante). Para o cálculo do volume individual de cada árvore, foram cubadas 159 árvores, distribuídas em toda área avaliada e abrangendo as diferentes classes diamétricas. O volume total com casca de cada árvore (V_i) foi obtido pelo método de Smalian.

Para cada parcela, foi obtido o volume total com casca, o número de árvores, altura total média, altura dominante média e, para cada árvore, foi obtida a área seccional. A partir dos resultados, foram obtidas tais estimativas por unidade de área (hectare) por talhão, cujas fórmulas estão abaixo descritas.

$$VTccha = \sum_{i=1}^n V_i \quad VTccha = \frac{\left(\frac{\sum_{j=1}^m VTccha_j}{m} \right) * 10000}{\text{Área da parcela}} \quad Htpa = \frac{\sum_{i=1}^n Ht_i}{n}$$

$$Hdom = \frac{\sum_{i=1}^m Hdom_i}{m} \quad \bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{dap_i^2 * \pi}{40000} \right)}{n} \quad G = \bar{g} * N_i$$

Em que: dap – diâmetro à altura do peito (1,30 m do solo), em cm; n – número de árvores em cada parcela; m – número de parcelas; V_i – volume individual da árvore i dentro da parcela, em m³; \bar{g} – Área seccional média, em m²/árvore; G – área basal, em m²/ha; $VTccpa$ – volume total com casca, em m³/parcela; $VTccha$ – volume total com casca, em m³/ha; Ht_i – altura total da árvore i , em m; $Htpa$ – altura total média das árvores da parcela, em m; $Hdom_i$ – altura dominante por parcela, segundo a metodologia de ASSMANN (1961), em m; $Hdom$ – média das alturas dominantes, em m; e N_i – número de árvores por hectare.

Neste caso, optou-se por selecionar tais variáveis por serem intrinsecamente relacionadas com o volume e com a caracterização do povoamento florestal. Sendo assim, considerou-se que a definição de grupos homogêneos para as variáveis utilizadas resultaria em uma melhoria potencial da precisão do inventário, decorrente de uma menor variância em volume.

Os dados foram organizados em uma matriz contendo as informações de volume por árvore e por hectare, número de árvores por hectare, altura dominante, área seccional e área basal, e altura total média para os 17 talhões, estando aptos a serem submetidos à análise de agrupamento.

O agrupamento foi realizado com o aplicativo *R* (Development Core Team, 2011) e o pacote Cluster (MAECHLER et al., 2005), tendo como base a distância euclidiana ao quadrado entre as variáveis consideradas, para cada talhão. Esta medida de similaridade deve ser utilizada no agrupamento de objetos quando as variáveis são altamente correlacionadas, para evitar conceder demasiada importância à mesma informação (MELOUN, 1992). Tal medida de distância é descrita da seguinte forma:

$$d_{ij} = \sum_{r=1}^g (x_{ri} - x_{rj})^2, \quad r = 1, 2, \dots, g$$

Considerando que d_{ij} = distância euclidiana ao quadrado estimada entre os talhões i e j ; x_{ri} = variável r no talhão i , x_{rj} = variável r talhão j .

Para o caso particular, considera-se:

$$d_{talhão_i}, d_{talhão_j} = (V_i - V_j)^2 + (N_i - N_j)^2 + (VTccha_i - VTccha_j)^2 + \dots + (\bar{H}_{total_i} - \bar{H}_{total_j})^2$$

A matriz de distâncias gerada foi então submetida ao método de agrupamento de *Ward*, que consiste em um dos métodos hierárquicos aglomerativos, sendo proposto inicialmente por Ward (1963), o qual busca minimizar a soma dos quadrados dentro dos grupos, a fim de torná-los mais homogêneos (SHARMA, 1996).

O principal resultado gerado pela análise de agrupamento é o dendrograma, gráfico que demonstra a similaridade relativa entre os indivíduos (talhões). No eixo das ordenadas, apresenta a ordenação dos indivíduos de acordo com a similaridade ou distância e, no eixo das abscissas, tem-se a distância de ligação entre os mesmos. A interpretação do dendrograma é intuitiva, em que os indivíduos similares aparecem próximos uns aos outros e com distâncias de ligação menores. Apesar disso, nem sempre a interpretação dos grupos é simples, principalmente em casos em que os indivíduos apresentam alta similaridade e/ou quando a base de dados é grande. Nestes casos, é comum considerar tantos grupos quanto são as linhas da distância de ligação que são interceptadas, de forma perpendicular, por uma linha imaginária chamada de *Linha Fenon*. Desta forma, foram agrupados os talhões similares entre si.

A partir daí, foram ajustados modelos hipsométricos e volumétricos, descritos em Campos e Leite (2009), para cada grupo, os quais estão apresentados a seguir. Tais modelos foram utilizados para o cálculo do inventário tanto para a amostragem casual simples quanto para a amostragem estratificada.

$$\text{Modelo Volumétrico: } Ln(V_i) = \beta_0 + \beta_1 Ln(dap_i) + \beta_2 Ln(Ht_i) + \varepsilon_i$$

$$\text{Modelo Hipsométrico: } Ln(Ht_i) = \beta_0 + \beta_1 dap_i^{-1} + \beta_2 Ln(Hd_i) + \varepsilon_i$$

Sendo: Ln – logaritmo neperiano; ε_i – erro aleatório ~ NID (0, σ^2); β_i – coeficientes a serem estimados; V_i , dap_i , Ht_i e Hd_i conforme descritos anteriormente.

Para avaliar as equações ajustadas foram empregados os seguintes critérios: *coeficiente de*

determinação ajustado (R^2_{ajust}) e erro padrão residual (S_{yx}), ambos calculados para a variável de interesse. Além disso, analisaram-se os gráficos de distribuição dos resíduos (RETSLAF, 2010).

Com os modelos ajustados, foi possível estimar o estoque de volume de madeira por hectare para as áreas consideradas, juntamente com as respectivas estatísticas de precisão: coeficiente de variação, erro padrão da estimativa e intervalo de confiança. Tais estimativas e estatísticas foram obtidas com auxílio do software Mata Nativa (CIENITEC, 2006).

Realizada a amostragem casual simples e a amostragem estratificada (estratos baseados na análise de agrupamento), os resultados obtidos das estatísticas consideradas foram comparados, a fim de determinar se a estratificação trouxe algum benefício em termos de precisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos no inventário e da cubagem, ajustou-se um modelo hipsométrico e um volumétrico, sendo que na tabela abaixo (Tabela 1) constam os modelos juntamente com as respectivas estatísticas de avaliação.

TABELA 1: Equação volumétrica e hipsométrica e estatísticas de avaliação
TABLE 1: Hypsometric and volumetric equations and statistics of evaluation

Modelo	Equação	R ² Ajustado	Syx(%)
Volume	$VTcc = e^{(-9,981459 + 1,737998 \times \ln(dap) + 1,138109 \times \ln(Ht))}$	0,9874	7,13
Altura	$Ht = e^{(1,320004 - 6,297887 \times dap^{-1} + 0,699444 \times \ln(Hd))}$	0,8763	4,77

De acordo com a tabela acima, verifica-se um coeficiente de determinação ajustado de 0,9874 para a equação volumétrica, enquanto esta mesma estatística para a equação hipsométrica apresentou-se mais baixa (0,8763). Resultados estes já esperados, devido à maior quantidade de fatores que influenciam nesta variável. Em relação ao erro padrão da média, este valor foi de 7,13 e 4,77% para as equações de volume e altura, respectivamente. Ainda, para os ajustes anteriores, foram construídos os gráficos de resíduos, os quais estão apresentados abaixo (Figura 1).

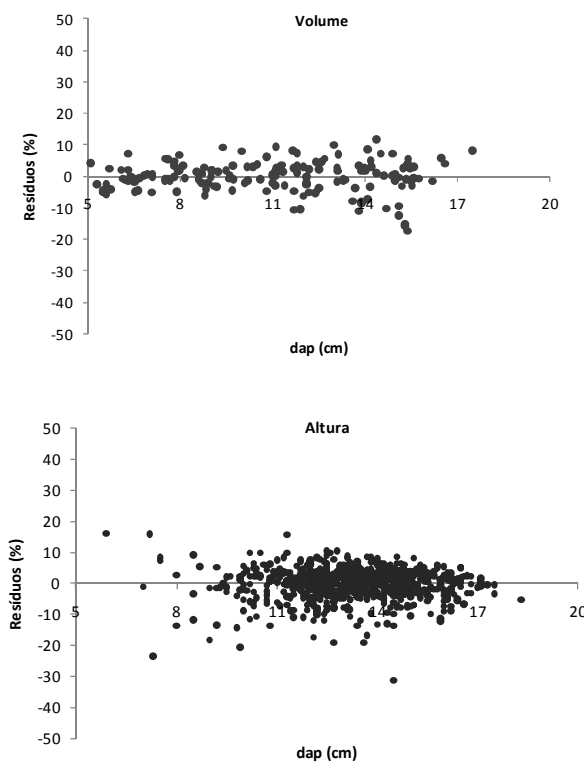


FIGURA 1: Dispersão dos resíduos para a equação de volume e altura.
FIGURE 1: Residuals dispersion for volume and height equations.

De acordo com os gráficos acima, percebe-se que as estimativas foram livres de tendência, tanto para a equação volumétrica quanto para a hipsométrica. A maior variação para o volume gira em torno de

10%, com um leve aumento nas classes superiores de diâmetro. Em relação às estimativas de altura, a maior variação apresenta-se, também, cerca de 10%, sendo maior a amplitude nas primeiras classes diamétricas.

Obtido o volume total com casca por parcela, a partir da utilização das equações anteriores, procedeu-se o cálculo do inventário para a amostragem casual simples (Tabela 2).

TABELA 2: Estimativas obtidas para a da amostragem casual simples

TABLE 2: Result from simple random sampling

Parâmetros	Resultados
Área Total (ha)	673,0
Parcelas	56
Desvio Padrão (m ³)	1,273
Coefficiente de Variação %	23,98
Erro de Amostragem %	6,42
IC para a média por ha (95%)	105,36 ≤ X ≤ 119, 82
IC para o total (95%)	70.902, 58 ≤ X ≤ 80.636, 89

Observa-se um coeficiente de variação de 23,98% e um erro de amostragem de 6,42%. A estimativa média de volume total com casca por hectare foi de 112,59 m³/ha, enquanto a estimativa para a área de 673 ha foi de 75.769,74 m³.

De posse dos volumes por árvore e por hectare para cada talhão e, ainda, obtido o número de árvores por hectare, altura total média, altura dominante média, área seccional média e área basal média, foi estabelecida a matriz de dados (Tabela 3) para realizar a análise de agrupamento. O resultado desta análise está apresentado no dendrograma que apresenta no eixo vertical a distância euclidiana ao quadrado, e no eixo horizontal os talhões, formando as classes homogêneas em relação às variáveis consideradas (Figura 2).

TABELA 3: Dados utilizados na análise de agrupamento

TABLE 3: Data used in the cluster analysis

Projeto	Talhão	V_i (m ³ /árv)	N_i (árv/ ha)	$VTcc$ (m ³ / ha)	H_{dom} (m)	\bar{g} (m ² /árv)	G (m ² /ha)	H_{total} (m)
A	001	0,1427	817	116,55	19,9	0,0122	9,95	19,1
A	002	0,1479	904	133,87	19,9	0,0145	13,12	19,0
A	003	0,1470	785	115,36	19,7	0,0126	9,92	18,7
B	004	0,1637	891	145,85	20,0	0,0148	13,14	19,3
B	005	0,1418	780	110,62	18,9	0,0133	10,40	17,9
B	006	0,0919	778	71,47	16,1	0,0098	7,63	15,3
C	007	0,1428	870	124,23	20,1	0,0131	11,37	19,6
C	008	0,1709	856	146,26	21,9	0,0142	12,13	20,0
C	009	0,1110	827	91,78	18,4	0,0106	8,75	17,2
C	010	0,1194	793	94,69	17,9	0,0113	8,97	17,0
D	011	0,1642	877	144,02	23,2	0,0131	11,46	21,8
D	012	0,1227	824	101,13	18,8	0,0114	9,41	18,3
E	013	0,1277	764	97,56	18,8	0,0125	9,54	17,7
E	014	0,1877	806	151,30	23,5	0,0156	12,54	21,9
E	015	0,1568	838	131,42	21,1	0,0139	11,61	19,9
F	016	0,1695	833	141,22	18,8	0,0150	12,51	18,2
F	017	0,1094	689	75,39	17,1	0,0113	7,81	16,3

Nesta análise, considerou-se a linha de corte (*LinhaFenon*) ao nível de homogeneidade de 25% (linha tracejada), destacando-se três grupos distintos, aqui considerados como estrato 1, 2 e 3, sendo o estrato 1 formado pelos talhões 1, 3, 5, 9, 10, 12 e 13; o estrato 2 pelos talhões 6 e 17; e o estrato 3 pelo talhões 2, 4, 7, 8, 11, 14, 15 e 16.

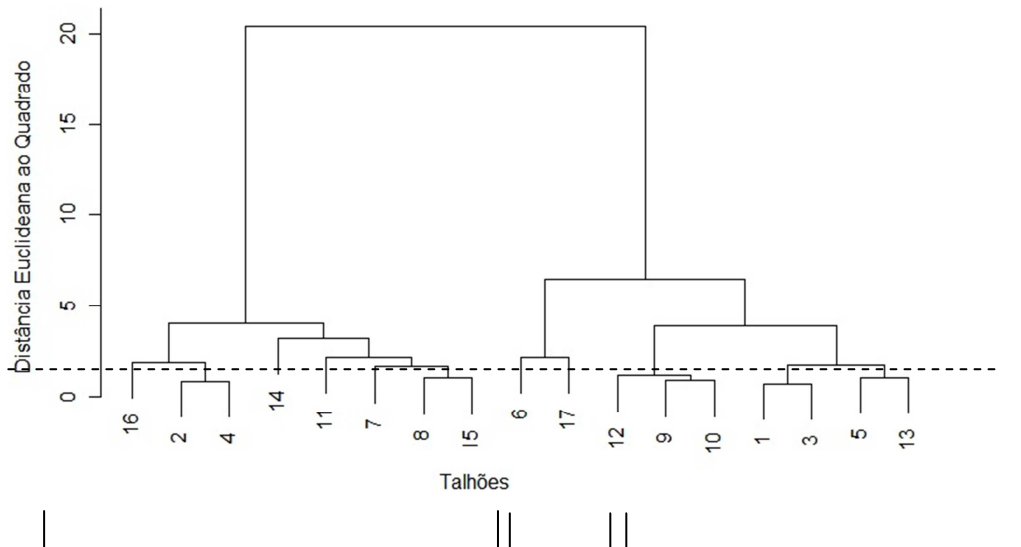


FIGURA 2: Dendrograma com os grupos de talhões representados por classes homogêneas, a partir da análise de agrupamento utilizando a distância euclidiana ao quadrado e o método Ward de ligação.

FIGURE 2: Dendrogram showing groups of stands represented by homogeneous classes, obtained from cluster analysis using the squared euclidean distance and Ward's method.

Considerando-se a estratificação baseada no dendrograma acima, foram ajustados os modelos volumétricos e hipsométricos para cada um dos estratos (Tabelas 4 e 5).

TABELA 4: Equações volumétricas e estatísticas de avaliação por estrato
TABLE 4: Volumetric equations and statistics for each stratum

Estrato	Equação – Volume	R ² Ajustado	Syx (%)
1	$VT_{cc} = e^{(-9,950540 + 1,809778xLn(dap) + 1,06770xLn(Ht))}$	0,9926	5,87
2	$VT_{cc} = e^{(-9,945718 + 1,755928xLn(dap) + 1,105806xLn(Ht))}$	0,9818	8,29
3	$VT_{cc} = e^{(-9,901174 + 1,7305168xLn(dap) + 1,115368xLn(Ht))}$	0,9829	6,72

Pode-se observar que o R² ajustado variou de 0,9818 a 0,9926, e o erro padrão residual variou de 5,87 a 8,29, sendo que todos os ajustes foram considerados adequados.

TABELA 5: Equações hipsométricas e estatísticas de avaliação por estrato
TABLE 5: Hypsometric equations and statistics for each stratum

Estrato	Equação – Altura	R ² Ajustado	Syx (%)
1	$Ht = e^{(1,395011 - 5,660919xdap^{-1} + 0,659968xLn(Hd))}$	0,7817	4,24
2	$Ht = e^{(1,294767 - 6,106963xdap^{-1} + 0,701694xLn(Hd))}$	0,8235	3,56
3	$Ht = e^{(0,779476 - 6,876537xdap^{-1} + 0,887843xLn(Hd))}$	0,8475	4,73

Já para as equações hipsométricas, o modelo ajustado para o estrato 3 obteve o melhor R² ajustado (0,8475), seguido pelos estratos 2 (0,8235) e 1 (0,7817). Tratando-se do erro padrão residual, os valores variaram de 3,56% a 4,73%, sendo que todos foram considerados adequados.

Na Figura 3, pode-se observar os gráficos de resíduos, para cada modelo ajustado para cada estrato.

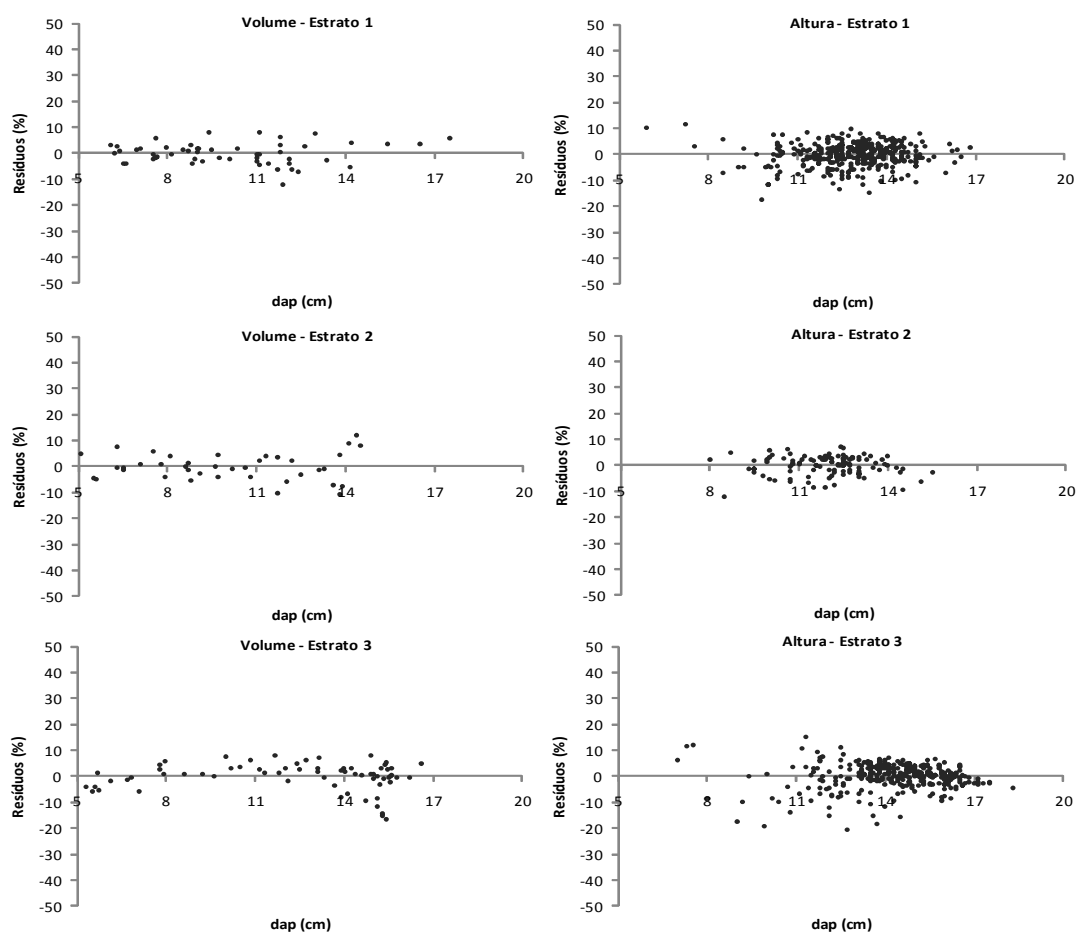


FIGURA 3: Resíduos para equações de volume e altura, considerando os diferentes estratos.
 FIGURE 3: Residuals for volume and height equations, considering the different strata.

Nesta figura, observa-se que para as equações volumétricas, a equação do estrato 3 possui tendência de superestimação nas classes superiores e subestimação nas classes intermediárias. Diversamente, é observado nos estratos 1 e 2 estimativas de volume que tendem a uma subestimação nos extremos, sendo as outras classes livres de tendência.

Já para as equações hipsométricas, a maior variação está em torno de 10%, com alguns resíduos ultrapassando este limite nos estratos 1 e 3. Em todos eles, as estimativas apresentaram-se livres de tendência.

Obtidas as equações hipsométricas e volumétricas por estrato e, utilizando a amostragem estratificada, foram estimadas as estatísticas do inventário florestal, sintetizadas na Tabela 6.

TABELA 6: Resultados da amostragem estratificada

TABLE 6: Results from stratified sampling

Parâmetros	Resultado - Estratos			Resultado Geral
	1	2	3	
Área Total (ha)	313,4	72,0	287,6	673
Parcelas	26	8	22	56
Desvio Padrão (m ³)	0,640	0,279	0,673	0,616
CV (%)	13,01	8,30	10,40	11,36
Erro Amostragem (%)	5,26	6,94	4,61	3,17
IC para a Média por ha (95%)	$98,90 \leq x \leq 109,87$	$66,47 \leq x \leq 76,38$	$130,99 \leq x \leq 143,65$	$111,29 \leq x \leq 118,57$
IC para o Total (95%)	$30.995,85 \leq x \leq 34.435,29$	$4.785,10 \leq x \leq 5.498,55$	$37.669,41 \leq x \leq 41.310,09$	$74.898,84 \leq x \leq 79.794,98$

A área total foi de 673 hectares, sendo a maior parte (aproximadamente 47%) pertencente ao estrato 1. O número de parcelas foi de 26, 8 e 22 para os estratos 1, 2 e 3, respectivamente, sendo uma

proporção média de 1 parcela a cada 11,4 ha. O maior coeficiente de variação foi o do estrato 1, com 13,01%, mesmo assim, menor que aquele apresentado para a amostragem casual simples (23,98%). Já o erro de amostragem foi maior no segundo estrato, sendo 6,94%. Observando o resultado geral, tem-se um coeficiente de variação de 11,36% e um erro de amostragem de 3,17%, resultados estes mais precisos que aqueles obtidos com a amostragem casual simples. Esta melhoria nos resultados, a qual está relacionada diretamente com a redução do intervalo de confiança, proporciona maior confiabilidade nas estimativas volumétricas.

É oportuno ressaltar que este aumento em precisão, em determinadas circunstâncias, pode não ser significativo, sendo o fator determinante o objetivo do levantamento realizado. Em inventários de reconhecimento ou mesmo em áreas pequenas e/ou homogêneas, por exemplo, pode não ser vantajosa a estratificação. Em outros casos, a utilização desta estratificação pode ocasionar uma redução nos custos já que, com uma menor intensidade amostral, pode-se obter a mesma precisão de uma amostragem não estratificada.

Este estudo evidencia ainda que, mesmo em se tratando de plantio, torna-se interessante a utilização desta técnica naqueles casos em que se exigem maior precisão, já que as variáveis mensuráveis, na maioria dos casos, não são homogêneas nos diferentes locais.

Além das variáveis utilizadas nesta estratificação, a inclusão de outras como, por exemplo, variáveis edafoclimáticas (precipitação, temperatura, características do solo, etc.) pode tornar esta técnica mais eficaz e, ainda, auxiliar na definição das classes de sítio do povoamento.

CONCLUSÕES

A utilização da técnica de análise multivariada, através do método de agrupamento, é eficaz na estratificação volumétrica em inventários de plantios florestais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SANTOS, E. S.; STOSIC B.; SOUZA, A. L. Estabilidade em Análise de Agrupamento: Estudo de Caso em Ciências Florestal. SIF, **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.257-265, 2006.
- ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A.; BARROS, P. L. C.; FRANCO, S. Análise de Agrupamento da Vegetação de um Fragmento de Floresta Estacional Decidual Aluvial, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p.133-147, 2004.
- ARRUDA, C. R. **Determinação de unidades de gestão em floresta natural, no município de Juína, Mato Grosso**. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso.
- ASSMANN, E. **Waldetragskunde**. Muenchen: BLV Verlagsgesellschaft, 1961. 435p.
- BRAGA, F. A. **Uso da análise discriminante na identificação de características ambientais determinantes da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto**. 1997. 65 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- BURTON, A. J.; RAMM, C. W.; PREGITZER, K. S. **Use of multivariate methods in forest research site selection**. Canadian Journal Forestry Research, 1991, v.21, p.1573-1580.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 3. ed. atual. ampl. - Viçosa, MG: Editora UFV, 2009, 548 p.
- CIENTEC. Software Mata Nativa 2: Sistema para Análise Fitossociológica, Elaboração de Inventários e Planos de Manejo de Florestas Nativas. Viçosa - MG: Cientec, 2006. Disponível em: www.matanativa.com.br. Acesso em: 01 julho 2011.
- COELHO, D. J. S. **Diagnóstico de planos de manejo florestal em áreas de florestas estacionais semidecíduais no Estado de Minas Gerais**. 2006. 237 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- FERREIRA, D. F. **Análise Multivariada** - Lavras, MG: UFLA, Departamento de Ciências Exatas, Apostila, 1996, 394 p.
- GERHARD, E. J.; FINGER, C. A. G.; LONGHI, S. J.; SCHUMACHER, M. V. Contribuição da análise multivariada na classificação de sítios em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado nos fatores físicos e morfológicos do solo e no conteúdo de nutrientes da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 41-57, 2001.

- JARDIM, F. C. S.; SOUZA, A. L.; BARROS, N. F.; SILVA, A. F. **Agrupamento das Espécies Arbóreas de uma Floresta Equatorial na Região de Manaus, AM.** Boletim da FCAP, Belém, n.2, p.7-29. 1996.
- MAECHLER, M.; ROUSSEEUW, P.; STRUYF, A.; HUBERT, M. **Cluster Analysis Basics and Extensions**, 2005.
- MELOUN, M.; MILITKÝ, J.; FORINA, M. **Chemometrics for Analytical Chemistry**, Ellis Horwood. New York, 1992, pp. 244–269.
- PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997. 316 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em < <http://www.R-project.org/> >. Acesso em Junho de 2011.
- RETSLAFF, F. A. S. **Modelagem do crescimento e produção em classes de diâmetro para plantios de *Eucalyptus grandis***. 2010. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2010.
- SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; CÔRTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. PELD / CNPq. Curitiba, 2006.
- SHARMA, S. **Applied multivariate techniques**. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- SOLOMÃO, A. L. **Subsídios técnicos para elaboração do plano de manejo da floresta nacional do Rio Preto-ES**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- SOUZA, A. L. **Análise multivariada para manejo de florestas naturais: alternativas de produção sustentada de madeiras para serraria**. 1989. 255 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SOUZA, A. L.; FERREIRA, R. L. C.; XAVIER, A. **Análise de agrupamento aplicada à área florestal**. Viçosa: SIF, 1997. 109 p. (Boletim Técnico SIF, 16).
- SOUZA, A. L.; HOSOKAWA, R. T.; MACHADO, S. A. Análises multivariadas para manejo de floresta natural na reserva florestal de Linhares, Espírito Santo: análise de agrupamento e discriminante. **Revista Árvore**, Viçosa, v.14, n.2, p.85-101, 1990.
- SOUZA, A. L.; SOUZA, D. R. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n.1, p. 49-54, 2006.
- SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. de; GAMA, J. R. V.; LEITE, H. G. Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas ineqüiâneas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 59-63, 2003.

CONTINUIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS EM UMA ÁREA DE CERRADO NO NORTE DE GOIÁS

SPATIAL CONTINUITY OF DENDROMETRIC CHARACTERISTICS IN A SAVANNA AREA IN THE NORTH OF GOIÁS STATE

Matheus Henrique Nunes¹; Izabela Regina Cardoso de Oliveira²; Bruno Kanieski da Silva³; MarcosFelipe Nicoletti⁴; Samuel Pádua de Chaves e Carvalho⁵

RESUMO

Conhecer o efeito da continuidade espacial proporciona previsões das características dendrométricas de forma mais segura, otimizando o inventário, manejo e planejamento florestal. Objetivou-se conhecer a estrutura de continuidade espacial das variáveis DAP médio, altura média, densidade e área basal, em função das diversas formações fisionômicas, por meio de técnicas de semivariograma, técnicas de krigagem e estimação dos parâmetros pelo método da máxima verossimilhança. Os dados foram coletados em área de 3.463 hectares de floresta nativa em Minaçu, região norte do estado de Goiás. Para cada parcela foram geradas as variáveis dendrométricas e construídos semivariogramas para cada variável. Utilizou-se a transformação das variáveis por meio do Box-Cox para corrigir o problema da presença de “outlier” e ausência de normalidade das variáveis. Por meio do método da máxima verossimilhança foram geradas estimativas dos parâmetros efeito pepita (τ^2), variação estruturada (σ^2), alcance (Φ), patamar ($\tau^2 + \sigma^2$) e relação da variação estruturada - patamar (DE %) para cada variável. Avaliando os parâmetros do modelo ajustado e os semivariogramas observa-se uma estrutura forte de correlação espacial no modelo para a maioria das variáveis. Esse resultado propõe considerar a estrutura de dependência espacial nessas áreas no processamento do inventário florestal, seja na intensidade e alocação das parcelas, ou seja, na previsão das características dendrométricas de acordo com o modelo que contenha essa estrutura.

Palavras-chave: geostatística; variáveis dendrométricas; cerrado.

ABSTRACT

Knowledge about the effect of spatial continuity provides safe predictions about dendrometrics characteristics, optimizing inventory, forest management and planning. This paper aimed to know about the structure of spatial continuity of the variables DBH, height, density and basal area, considering several physiognomic formations, using semivariograms and kriging techniques and parameter estimation by maximum likelihood method. Data were collected in 3,463 hectares of native forest in Minaçu, north of Goiás state. For each plot the dendrometrics variables were observed and their semivariograms were obtained. We used the Box-Cox transformation to solve the outliers problem and lack of normality of the variables. Parameter estimates of nugget effect (τ^2), structured variation (σ^2), range (Φ), sill ($\tau^2 + \sigma^2$) and relationship between structured variation - sill (DE%) were obtained by the method of maximum likelihood for each variable. The parameters of the adjusted model and the semivariograms indicated a strong spatial correlation structure for most variables. This result suggests considering the structure of spatial dependence in these areas during inventories, evaluating the intensity and allocation of the plots, *i.e.*, predict the dendrometrics characteristics according to the template that contains this structure.

Keywords: geostatistic; dendrometrical variables; savanna.

INTRODUÇÃO

¹ Engenheiro Florestal, Mestrando do programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Avenida Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Piracicaba (SP). Bolsista FAPESP. mhnunes@usp.br

² Administradora, Doutoranda do programa de Pós-graduação em Estatística e Experimentação Agrônômica, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Avenida Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Piracicaba (SP). izabela.rc@usp.br

³ Engenheiro Florestal, Mestrando do programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Avenida Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Piracicaba (SP). brunoks@usp.br

⁴ Engenheiro Florestal, Msc., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, CEP 88.520-000, Lages (SC). mfnicoletti@usp.br

⁵ Engenheiro Florestal, Doutorando do programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, ESALQ/USP, Especialista em Biometria e Inventário Florestal, Fibria Celulose S/A, Rod. Aracruz-Barra do Riacho, s/n, km25, Aracruz (ES), CEP 29.197-900, samuel.carvalho@fibria.com.br

A classificação da vegetação se baseia em aspectos estruturais, ecológicos e florísticos. Segundo Ribeiro e Walter (1998), a classificação mais usada para o Cerrado sugere dois níveis hierárquicos de organização (estrutura e composição), cuja classificação mais abrangente são as formações florestais, savânicas e campestres. As formações florestais são compostas pelas fitofisionomias mata de galeria, mata ciliar, mata seca e cerradão. Esses tipos de formações possuem mais de 70% de cobertura arbórea. As formações savânicas, com cobertura arbórea entre 5 e 60%, compreendem veredas, palmeirais, parque e cerrado *sensu stricto*, este último compreendendo os cerrados ralo, típico, denso e rupestre. Com cobertura arbórea menor que 5%, as formações campestres são compostas por campos limpo, sujo e rupestre. Segundo o autor, a floresta estacional semidecidual submontana, em sua forma disjunta, pode ocorrer entremeadada às formações savânicas, ocupando terrenos aplainados, com solos mesotróficos e profundos (tipicamente latossolos).

O cerrado tende a ocorrer em solos bem-drenados, ácidos e pobres em nutrientes, com altos níveis de alumínio trocável, e, com aumento da disponibilidade de água e fertilidade do solo, tende a ser substituído por florestas (GOODLAND e FERRI, 1979), (OLIVEIRA-FILHO e RATTER, 2002). De acordo com Goodland e Pollard (1973), a altura e a área basal arbórea variam de acordo com os nutrientes do solo, especialmente fósforo (P), aumentando de pastagens a cerrados, atingindo, em locais de floresta, maior biomassa de árvores e quantidade de P no solo.

Considerando que os organismos apresentam-se agregados em manchas, em forma de gradientes ou em outros tipos de estruturas espaciais, procura-se entender, quantificar e modelar os padrões de estrutura espacial, por meio de métodos geoestatísticos. A variabilidade espacial pode, muitas vezes, afetar de forma marcante a qualidade das estimativas feitas pelo inventário. Desse modo, uma análise criteriosa, visando conhecer o comportamento espacial das características dendrométricas, é fundamental na escolha de um método estatístico que otimize recurso sem perda de precisão no processo de estimativa. Técnicas geoestatísticas baseadas em variogramas têm sido as mais utilizadas para a modelagem da continuidade espacial, mas com a desvantagem de não assumirem explicitamente nenhuma distribuição (PLONER e DUTTER, 2000). Além disso, podem levar a resultados muitas vezes imprecisos, em função dos diferentes números de pares que geram cada ponto do variograma e pelo fato de cada ponto entrar várias vezes no cálculo das distâncias (OLIVEIRA, 2003). A geoestatística baseada em modelos descreve problemas geoestatísticos fundamentados na aplicação de métodos geoestatísticos formais, com a explicitação de um modelo e de métodos de inferência baseados na máxima verossimilhança. As vantagens da explicitação de modelos, associada à máxima verossimilhança, são maior eficiência na estimação de parâmetros e avaliação da incerteza envolvida na estimativa da estrutura de dependência (DIGGLE e RIBEIRO Jr., 2007), que podem facilmente ser integradas na previsão, ao contrário da geoestatística baseada em variogramas.

Um estimador capaz de efetuar a predição de características dendrométricas com eficácia em relação às parcelas medidas é a krigagem, que considera a autocorrelação entre as parcelas, aumentando a eficiência da estimativa. Krigagem é o interpolador geoestatístico para locais não amostrados, em combinação linear dos pontos amostrados, considerando pesos para cada um deles.

O objetivo do trabalho é avaliar a estrutura de dependência espacial de quatro características dendrométricas em uma área do bioma Cerrado com diversas formações fisionômicas, por meio de técnicas de semivariograma, método da máxima verossimilhança e técnica de predição por krigagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área e coleta de dados

O trabalho foi conduzido em uma área de 3.463 hectares de floresta, localizada no município de Minaçu, região no extremo norte do estado de Goiás (Figura 1). A área de estudo apresentou coordenadas geográficas entre 13°30'00''S de latitude sul e entre 48°15'00'' de longitude oeste, com uma altitude variando entre 418 metros e 831 metros. O clima da região classificou-se como Aw de Köppen, ou seja, tropical com estação seca. Esta região apresenta um mosaico de vegetação de Cerrado, Florestas decíduas e Florestas semidecíduas (IBGE, 1990).

Os dados para realização do estudo foram obtidos a partir de amostragem estratificada casual, sendo alocadas 42 parcelas de 400 m² (20 x 20m). Cada parcela foi georreferenciada em um ponto superior esquerdo. Todos os indivíduos de espécies arbóreas e arbustivas, dentro dos limites de cada parcela, com circunferência à altura do peito (CAP) ou o quadrado da soma das ramificações do indivíduo com circunferência à altura do peito (CAP) igual ou superior a 15,7 cm tiveram suas circunferências medidas com fita métrica e alturas estimadas.

A primeira etapa da análise dos dados consistiu na análise exploratória dos mesmos, realizada com o objetivo de observar o comportamento geral dos dados (forma, distribuição, tendência central), considerando as variáveis diâmetro à altura do peito (DAP), altura média, densidade de indivíduos e área basal. A variável DAP média foi considerada como a média dos DAP's dos indivíduos medidos em cada parcela, assim como a altura média. A densidade representa o número de indivíduos observados na

parcela, extrapolados para hectare. A área basal é a soma da área basal de cada indivíduo na parcela, extrapolada para um hectare.



FIGURA 1: Localização da área de estudo e croqui da área experimental com as parcelas amostradas.
FIGURE 1: Location of study area and experimental area with the sampled plots.

Estudo variográfico

Efetou-se o estudo variográfico, a fim de se verificar a estrutura de continuidade espacial. As características dendrométricas DAP médio, altura média, densidade de indivíduos e área basal foram consideradas variáveis Z , que podem variar continuamente num espaço geográfico, em função das coordenadas das parcelas. Cada valor observado $z(x_i)$ nos locais x_i ($i = 1, 2, \dots, n$), em que x_i denota a coordenada geográfica em duas dimensões, é considerado uma realização da variável aleatória $Z(x)$. O conjunto das variáveis aleatórias $Z(x_1), \dots, Z(x_n)$ constitui um processo estocástico e o estudo da correlação entre essas variáveis é dado pelo semivariograma. Esse instrumento avalia a variância entre pares de pontos separados por uma distância h . A equação geral para o semivariograma $\hat{\gamma}(h)$, para qualquer fenômeno, é dada por

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$$

em que $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $z(x_i)$, $z(x_i + h)$, separados por um vetor h .

Na ausência de correlação entre observações de diferentes pontos, a variância da variável não é afetada pela distância que separa os pontos observados, o que caracteriza uma situação na qual os dados são independentes. Por meio desse semivariograma é possível ajustar uma função matemática que expressa a estrutura de dependência espacial das características avaliadas. Com os dados obtidos em campo foi ajustado e selecionado o melhor modelo de função de semivariância para cada variável, por meio do Método da Máxima Verossimilhança. O semivariograma experimental e o ajuste dos modelos foram efetuados no sistema R, utilizando o pacote geOR (RIBEIRO JR. e DIGLLE, 2001).

Predição espacial

Existem várias técnicas de interpolação comumente usadas, como média simples, distância inversa, krigagem entre outras. A técnica da krigagem é um método de interpolação sofisticado, cujos pesos são diretamente correlacionados à estrutura de correlação espacial detectada no semivariograma.

Os mapas de krigagem para cada variável resposta são apresentados a fim de ilustrar as diferentes características espaciais existentes na área. Esses mapas são úteis na identificação de regiões mais ou menos semelhantes e como uma ferramenta para elaboração de planos amostrais, ou seja, na definição de critérios de intensidade amostral considerando a dependência espacial das variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise exploratória dos dados

Foram utilizadas 42 amostras aleatórias de mesmo tamanho. Os gráficos “Box plot”(Figura 1) das características dendrométricas avaliadas mostraram assimetria na distribuição dos dados e presença de valores atípicos (ou “outliers”) para algumas variáveis, fato este que pode ser uma característica de florestas tropicais. Segundo Mello (2004) estes valores influenciam negativamente o semivariograma experimental no sentido de produzir estimativas irreais.

Segundo Cressie (1993), um fundamento comum da modelagem estocástica é que os dados tenham distribuição Gaussiana, sob a qual toda inferência geoestatística linear tem-se desenvolvido e, se houver normalidade, as inferências realizadas ganharão outras propriedades estatísticas ótimas, tal como a Máxima Verossimilhança. Os resultados do teste Shapiro-Wilk para as características avaliadas foram significativos para as variáveis DAP médio ($W=0,8197$), altura média ($W=0,9485$) e área basal ($W=0,9104$). A variável densidade não apresentou desvios de normalidade ($W=0,9897^{ns}$) nem observações discrepantes. Para a aplicação dos métodos apresentados, optou-se por transformações Box-cox nos dados originais. Essas transformações corrigiram o problema de presença de “outliers” e de ausência de normalidade para as variáveis DAP, altura média e área basal.

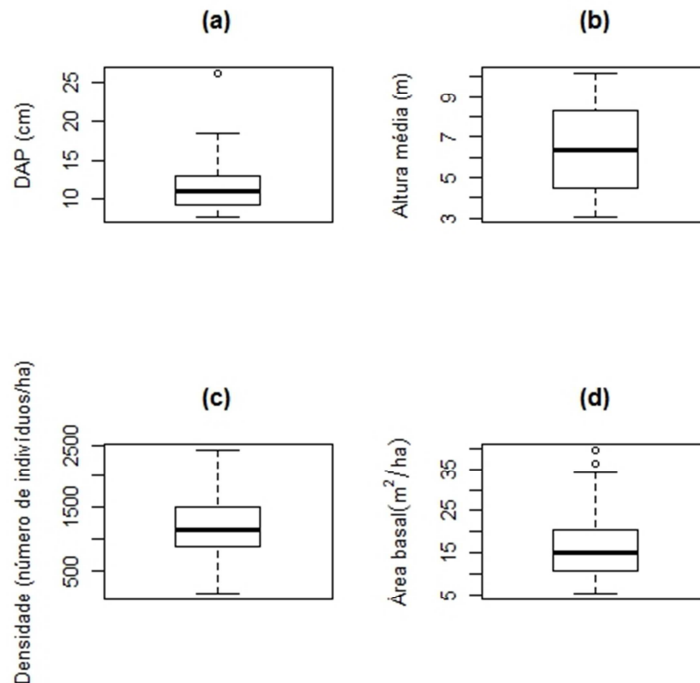


FIGURA 2: Box-plot das variáveis DAP médio (a), altura média (b), densidade (c) e área basal (d) antes da transformação logarítmica Box-Cox.

FIGURE 2: Box-plot of the variables DBH (a), height (b), density (c) and basal area (d) before logarithmic transformation Box-Cox.

Análise da estrutura de correlação espacial

Segundo Felfili (2004), em estudo de características dendrométricas em área de cerrado, a produção em área basal varia de 7 a 12 $m^2 \cdot ha^{-1}$ e a densidade varia de 600 a 1600 $ind. ha^{-1}$. Segundo Werneck (2000), em estudo de uma floresta decidual em Uberlândia, a área basal apresentou um valor de 24,14 $m^2 \cdot ha^{-1}$. Andrade e Rodal (2004) verificou área basal de 23,9 $m^2 \cdot ha^{-1}$ em floresta estacional semidecidual em áreas florestais de terras baixas no nordeste do Brasil. A produção em área basal no presente estudo variou de 5,32 a 36,39 $m^2 \cdot ha^{-1}$, enquanto a densidade variou de 125 a 2425 $ind. ha^{-1}$. Sem fazer um estudo de classificação das fisionomias existentes na área, verificamos que existe uma alta variabilidade na estrutura do componente arbóreo ao longo da área.

A análise variográfica mostrou que todas as quatro variáveis dendrométricas apresentaram semivariância de caráter modelável, ou seja, a variabilidade da estrutura das formações florestais apresentou-se estruturada espacialmente (Figura 3). Verifica-se, por meio dos semivariogramas, que o DAP médio e altura média apresentaram estrutura de dependência semelhante, enquanto as variáveis densidade e área basal apresentaram comportamentos próprios. No estudo de Mello (2005) foram observados altos valores de efeito pepita para as características dendrométricas, concordando com a teoria de Aubry e Debouzie (2001), que concluíram que o efeito pepita é alto em estudos que envolvem variáveis ecológicas. Foi observado, no presente estudo, valores de efeito pepita igual a zero para o DAP

médio e área basal e baixo valor para a altura média. Os valores próximos ou iguais a zero indicam variância total explicada pela componente espacial.

Utilizou-se a relação entre a variável estruturada e o patamar para verificar o grau de dependência espacial, conforme Biondi *et al.* (1994), que estudou o comportamento espacial do diâmetro à altura do peito e da área basal em floresta natural de *Pinus ponderosa*. De acordo com Cambardella *et al.* (1994), quando essa relação for maior ou igual a 75% há uma forte dependência espacial. Mello *et al.* (2005) avaliou o comportamento espacial por meio da relação entre a variável estruturada e o patamar para avaliar a estrutura de dependência espacial do volume total, diâmetro médio quadrático, altura média das árvores dominantes e área basal em floresta de *Eucalyptus grandis*. Em seu estudo, foi observada uma relação maior que 75% para o volume e altura dominante, mostrando que estimativas dessas variáveis com o modelo proposto, considerando a componente espacial, trará otimização nas estimativas. De acordo com a Tabela 1, as variáveis DAP médio, altura média e área basal apresentaram forte grau de dependência espacial, mostrando que as estimativas de tais variáveis na área devem considerar a estrutura de dependência espacial. O alcance (Φ) corresponde ao raio das áreas consideradas homogêneas para cada característica e valores próximos a zero denotam baixa dependência espacial. Verificamos altos valores de alcance para todas as variáveis, principalmente DAP médio, com 2500 metros, altura média, com alcance igual a 2500 metros e densidade de indivíduos, que também apresentou alcance igual a 2500 metros. O alcance observado para a área basal foi de, aproximadamente, 360 metros. Isso significa que, para serem consideradas independentes, as parcelas devem ser lançadas com um espaçamento mínimo de 360 metros, considerando a característica área basal. Denota-se a importância de se conhecer os valores dos parâmetros gerados pelo modelo de máxima verossimilhança para conhecer a estrutura de dependência espacial em áreas de cerrado, levando em consideração a estrutura de dependência espacial em futuras amostragens em área similares, visando à predição das variáveis dendrométricas estudadas.

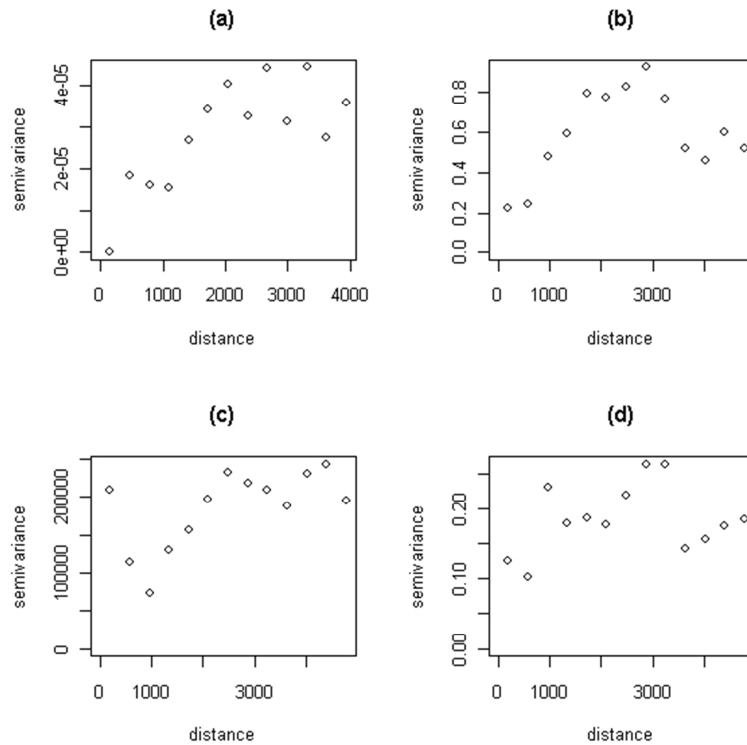


FIGURA 3: Semivariogramas ajustados para as variáveis DAP médio (a), altura média (b), densidade (c) e área basal (d) após transformação Box-Cox dos dados.

FIGURE 3: Semivariograms adjusted for the variables DBH (a), height (b), density (c) and basal area (d) after Box-Cox transformation.

TABELA 1: Estimativa dos parâmetros β , efeito pepita (τ^2), variação estruturada (σ^2), alcance (Φ), patamar ($\tau^2 + \sigma^2$) e da relação variação estruturada - patamar (DE %) para as variáveis dendrométricas DAP médio (DAP), altura média (H), densidade de indivíduos e área basal.

TABLE 1: Parameters estimates β , nugget effect (τ^2), structured variation (σ^2), range (Φ), sill ($\tau^2 + \sigma^2$) and relationship between structured variation - sill (DE%) of the dendrometric variables DBH (DBH), height (H), density and basal area.

Variável	β	τ^2	σ^2	Φ	$\tau^2 + \sigma^2$	DE %
DAP	0,64	0,00	0,01	2500,00	0,01	100
H	2,51	0,06	1,03	2000,00	1,09	94,5
Densidade	1302,00	120848,00	111299,00	2500,00	232147,00	47,94
Área basal	2,65	0,00	0,18	361,84	0,18	100

Na área experimental, foram observadas formações com diferentes características estruturais ao longo do espaço e, por meio de técnicas geoestatísticas, verificamos um forte padrão espacial das características dendrométricas estudadas. Em áreas de cerrado com características fisionômicas semelhantes, sugere-se lançar parcelas próximas e distantes entre si, para obter uma boa estimativa do efeito pepita, proporcionando uma estimativa ótima do semivariograma. Por meio da técnica de krigagem, observamos na Figura 4 os mapas de previsão das variáveis dendrométricas na área de estudo. Os mapas foram gerados a partir dos modelos obtidos pelo método da máxima verossimilhança.

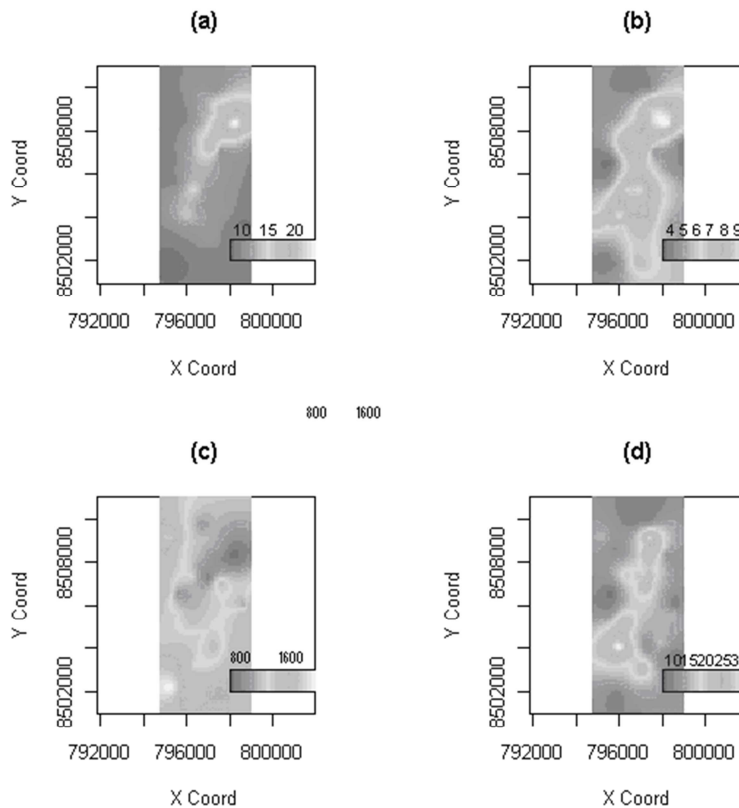


FIGURA 4: Mapas de Krigagem das variáveis DAP médio (a), altura média (b), densidade (c) e área basal (d).

FIGURE 4: Kriging maps of the variables DBH (a), height (b), density (c) and basal area (d).

CONCLUSÃO

As características dendrométricas avaliadas no presente estudo apresentaram-se estruturadas espacialmente. Dessa forma, é necessário considerar, em áreas similares a do presente estudo, a estrutura de dependência espacial para prever as variáveis. Verifica-se que não se devem tratar as amostras como independentes, pois as características dendrométricas apresentam altos valores de alcance. Torna-se importante, portanto, gerar amostras que apresentam espaçamentos tanto menores quanto maiores para uma estimativa ótima dos parâmetros do modelo geoestatístico, possibilitando gerar modelos que

considerem a estrutura espacial.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de mestrado concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, K. V. S. A.; RODAL, M. J. N. Fisionomia e estrutura de um remanescente de floresta estacional semidecidual de terras baixas no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 463-474, 2004.

AUBRY, P.; DEBOUZIE, D. Estimation of the mean from a two-dimensional sample: the geostatistical model-based approach. **Ecology**, Durham, v. 82, n. 5, p. 1484-1494, 2001.

BIONDI, F.; MYERS, D. E.; AVERY, C. C. Geostatistically modeling stem size and increment in an old-growth forest. *Canadian Journal of Forest Research-Revue (Canadienne de Recherche Forestiere)*, v. 24, n. 7, p. 1354-1368, 1994.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CRESSIE, N. *Statistics for spatial data*. New York: Wiley, 1993. 900p.

DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JR, P. J. **Model-based geostatistics**. New York: Springer, 2007. 228p.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; BORGES FILHO, H. C.; VALE, A. T. Potencial econômico da biodiversidade do cerrado: estágio atual e possibilidades de manejo sustentável dos recursos da flora. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (Org.). *Cerrado: ecologia e caracterização*. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 177-220, 2004.

GOODLAND, R.; FERRI, M. G. *Ecologia do Cerrado*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1979.

GOODLAND, R.; POLLARD, R. **The Brazilian Cerrado vegetation: a fertility gradient**. *Journal of Ecology*, v. 61, p. 219-224, 1973.

HOAGLIN, D. C. Letras-resumo: um conjunto de estatísticas ordinais selecionadas. In: HOAGLIN, D. C.; MOSTELLER, F.; TUKEY, J.W. (Ed.). *Análise exploratória dedados. Técnicas robustas: um guia*. Lisboa: Edições Salamandra, cap. 2, p.32-58, 1992.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa da vegetação Brasileira*.1990.

JOURNAL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. *Mining geostatistics*. London: Academic, 1978. 600p.

MELLO, J.M. **Geostatistics applied to forest inventory, em Piracicaba, São Paulo**. 2004. 111p. Tese de Doutorado - Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MELLO, J. M.; BATISTA, J. L. F.; OLIVEIRA, M. S.; RIBEIRO JR., P. J. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Revista Cerne**. v. 11, n. 2, 2005, p. 113-126.

OLIVEIRA, M. C. N. **Métodos de estimação de parâmetros em modelos geoestatísticos com diferentes estruturas de covariância: uma aplicação ao teor de cálcio no solo**. 2003, 140p. Tese (Doutorado), área de concentração: Estatística e Experimentação Agronômica - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome, OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J., Editors, *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of Neotropical Savannas*.New York: Columbia University, p. 13-32, 2002.

PLONER, A.; DUTTER, R. New directions in geostatistics. **Journal of Statistical Planning and Inference**, Amsterdam, v. 91, p. 499-509, 2000.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. 2011.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. geoR: a package for geostatistical analysis. **R-NEWS**, v.1, n.2, p.15-18, 2001.

RIBEIRO R, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P., ed. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.

WERNECK, M. S.; FRANCERCHINELLI, E. V.; TAMEIRÃO-NETO, E. Mudanças na florística de uma floresta decídua durante um período de quatro anos (1994-1998), na região do Triângulo Mineiro, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 4, p.401-413, dez. 2000.

**CRITÉRIOS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O MANEJO FLORESTAL
MADEIREIRO NA AMAZÔNIA**

**CRITERIA AND INDICATORS FOR A SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN THE
BRAZILIAN AMAZON**

Marcos Antônio Camargo Ferreira¹; José Imaña-Encinas²

RESUMO

Este trabalho foi concebido com base na estrutura conceitual dos critérios e indicadores (C&I) de sustentabilidade. Os verificadores utilizados nas vistorias de manejo florestal se fundamentam no marco teórico dos Critérios e Indicadores como instrumentos reconhecidos internacionalmente formando correspondente ferramenta de apoio às tomadas de decisões. As aplicações dos verificadores em campo permitem concluir sobre a dinâmica do princípio da sustentabilidade, existentes na atividade de manejo florestal. Este trabalho buscou discutir as iniciativas brasileiras de critério e indicadores de sustentabilidade entre elas a Norma de Execução nº1 de 2006 do IBAMA fundamentada nos princípios do CIFOR, e a ABNT15789 que institui o CEFLORE que se fundamenta nos C&I da ITTO e os princípios de Tarapoto. O resultado da análise deste trabalho aponta para uma necessidade urgente de diálogo entre os entes envolvidos na criação, normatização e aplicação dos critérios e indicadores de sustentabilidade em manejo florestal no país em funções de iniciativas independentes. O Brasil é oficialmente signatário da proposta de Tarapoto que deve utilizar correspondentes indicadores de sustentabilidade, mas utiliza a Norma de Execução nº1 de 2006 do IBAMA publicada no Diário Oficial da União e fundamentada nos princípios do CIFOR, e recentemente a ABNT15789 que instituiu o CEFLORE que se fundamenta nos C&I da ITTO.

Palavras-chave: verificadores de sustentabilidade; planos de manejo florestal sustentável.

ABSTRACT

This work was designed based on the conceptual framework of criteria and indicators (C&I) of sustainability. The checkers used in surveys of forest management are based on the theoretical framework of criteria and indicators as relevant internationally agreed instruments forming a support tool for decision making. The applications of field testers to conclude on the dynamics of the principle of sustainability, the activity of existing forest management. This study aimed to discuss the Brazilian initiatives of criteria and indicators of sustainability including the Implementing Norma de Execução nº1 de 2006 do IBAMA based on the principles of CIFOR, and ABNT15789 establishing CEFLORE which is based in C & I ITTO and the principles of Tarapoto. The result of the analysis of this work points to an urgent need for dialogue between the entities involved in the creation, standardization and application of criteria and indicators of sustainability in forest management in the country functions of independent initiatives. Brazil is officially signed the motion Tarapoto you should use relevant indicators of sustainability, but uses the Norma de Execução nº1 de 2006 do IBAMA published in the Official Gazette and based on the principles of CIFOR, and it recently introduced the ABNT15789 CEFLORE which is based on the ITTO C & I.

Keywords: checkers for the sustainability; sustained forest management plans.

INTRODUÇÃO

A prática do manejo florestal sustentável foi reconhecida pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, como a mais importante contribuição que o setor florestal pode injetar em qualquer iniciativa de desenvolvimento sustentável de qualquer país (NUNNO, 2010). Porém parece que só nestas últimas décadas, as sociedades civis especialmente de países em desenvolvimento e recentemente os industrializados é que começaram a ter consciência da importância do desenvolvimento economicamente e ambientalmente sustentado, uma vez que o pesquisador alemão Hartig já em 1792 pregou o conceito da sustentabilidade (Nachhaltigkeit em alemão) e a célebre frase que virou o alicerce, desde essa época, das atividades florestais em florestas da Europa central: “manejar as florestas de maneira que os descendentes possam obter dela pelo menos os mesmos benefícios que a atual geração

¹Engenheiro Florestal, M.Sc. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, UnB, Universidade de Brasília, IBAMA - Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, IBAMA-SEDE. Caixa Postal: 09566, CEP: 70818-900, Brasília (DF). email-marcos.ferreira@ibama.gov.br

² Engenheiro Florestal, PhD. Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Caixa Postal 04357, CEP 70919-970, Brasília (DF). imana@unb.br

vivente” (MÜLLER, 1959), hoje princípio básico de todo tipo e forma de atividade que manuseia recursos naturais renováveis.

Os critérios e indicadores (C&I) de sustentabilidade para o manejo florestal, de acordo com Barthod (1998), começaram a fazer parte do debate político, por iniciativa da delegação canadense no processo preparatório para a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) em junho de 1992, realizada na cidade de Rio de Janeiro. A proposta apresentada serviu de orientação para a cooperação internacional e em negociações de projetos de desenvolvimento sustentável. Um dos produtos da CNUMAD, foi a Agenda 21, estratégia 3, para a gestão dos recursos naturais, que no seu item 4.1.3.1 versa sobre a identificação de indicadores de sustentabilidade. Define-se assim que os indicadores pertinentes permitam estabelecer os limites de sustentabilidade dos recursos naturais, bem como o monitoramento da qualidade ambiental desses recursos. Implica ainda, condicionalmente o levantamento e a sistematização de variáveis relevantes para a qualidade ambiental e para sua eventual transformação em indicadores sintéticos (AGENDA 21, 2000).

Os critérios e indicadores devem constituir consequentemente em um sólido e bem estruturados conjunto hierárquico composto por princípios, critérios, indicadores e verificadores, intimamente ligados entre si onde a informação acumulada ao nível hierárquico mais baixo (verificador) possa ser usada para avaliar os itens relacionados aos níveis mais altos. Nessa premissa os verificadores devem ser utilizados com a finalidade de avaliar se as diferentes atividades estão sendo executadas dentro dos padrões previstos de sustentabilidade e de acordo estrito com a legislação vigente.

Os princípios fornecem a estrutura primária que devem ser considerados primordiais para o manejo das florestas sustentavelmente, deverão fornecer ainda a pertinente justificativa para os critérios, indicadores e verificadores. O princípio é entendido conforme o Centro Internacional para Pesquisa Florestal (CIFOR, 1999) como “uma verdade ou lei fundamental como base do raciocínio ou ação”. Os critérios são por tanto os pontos intermediários ao qual a informação fornecida pelos indicadores pode ser integrada numa possível avaliação interpretável. O indicador deve ser consequentemente um atributo descritivo, quantitativo e/ou qualitativo que quando medido ou monitorado periodicamente, possa indicar o correspondente nível do manejo da floresta. Por verificador entende-se o conjunto de dados ou informações que destacam a especificidade ou a facilidade de avaliação de um indicador. No quarto nível de especificidade, os verificadores, proporcionam correspondentes detalhes que podem indicar ou refletir uma condição desejada de um indicador.

Nesses conceitos, os critérios e indicadores que avaliam a sustentabilidade do manejo florestal se apresentam como importantes ferramentas para subsidiar a disseminação e a implantação de coerentes sistemas de ordenação, administração e de manejo florestal em qualquer tipo de florestas como nas tropicais, como expressão natural das ações do correspondente desenvolvimento sustentável.

Conforme Bratz (2001) existem nove sólidos processos de estruturação de C&I, que são aplicados em cerca de 150 países, abrangendo a grande parte da área florestal do mundo. Esses processos estão sendo executados pela African Timber Organization iniciado em 1993, Dry Forest Africa com início em 1999, ITTO desde 1992, Dry Zone Africa a partir de 1995, Lepaterique Process na America Central desde 1997, Montreal Process a partir de 1995, Pan-European Forest Process iniciado em 1993, Proposta de Tarapoto desde 1995 e Near East Process com início em 1996.

Em alguns casos, como no Forest Stewardship Council (FSC) e International Tropical Timber Organization (ITTO) os C&I foram desenvolvidos mais como plataformas de informação visando o desenvolvimento de ferramentas de avaliações de campo das práticas florestais. Conforme Azevedo (2006) têm sido realizados muitos esforços para medir eficientemente as consequências das ações do manejo florestal e para determinar se as orientações de desenvolvimento sustentável nos padrões do FSC, CERFOR, ITTO, CIFOR, FAO, Tarapoto, Leis e Regulamentos no Brasil, são eficientemente cumpridas e permitem obter consolidados subsídios que objetivem medir o almejado progresso do manejo florestal sustentável.

Estado da arte

Este trabalho foi concebido com base na discussão que se estabelece sobre a estrutura conceitual dos C&I. As aplicações dos verificadores em campo foram idealizadas para subsidiar os indicadores, critérios e finalmente concluir a dinâmica dos princípios de sustentabilidade, existentes na atividade de manejo florestal. Diversos sítios na rede mundial de computadores, como da FAO, Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Serviço Florestal Brasileiro, diversas instituições públicas estaduais como a Secretária de Estado de Meio Ambiente – SEMA-MT, além de informações emanadas por agências governamentais, empresas madeireiras, organizações não governamentais como a WWF e CIFOR, universidades, livros, publicações em revistas especializadas e da mídia em geral, foram utilizadas como fonte de dados para este trabalho.

Nesse contexto foram analisadas e utilizadas mais especificamente:

- publicações sobre o tema, textos oficiais das políticas governamentais, legislação relacionada, e instrumentos de execução dos C&I;
- convenções internacionais sobre a gestão de florestas nos países tropicais, como a UNCED e

ITTO;

- relatórios de progresso e de análise de práticas de manejo florestal desenvolvida pela FAO;
- relatórios de vistorias de áreas de manejo florestal do órgão ambiental federal responsável pela aplicação de verificadores de sustentabilidade nas áreas de manejo florestal, e;
- participação em oficinas, seminários e cursos voltados à aplicação das normas florestais para o manejo florestal sustentável - MFS realizados pelo IBAMA e CENAFLOR (Centro Nacional de Apoio ao Manejo Florestal).

Análise bibliográfica

Conforme Pokorny (2003a) existem cinco conjuntos de C&I de relevância que são ou foram aplicados em casos específicos na Amazônia, conjuntos desenvolvidos por CIFOR, o MCA (conjunto genérico, manejo colaborativo adaptativo também do CIFOR, FSC (Forest Stewardship Council), ITTO (International Tropical Timber Organization), e a proposta de Tarapoto.

O CIFOR a partir de 1994 começou a propor e testar diversos grupos de C&I em áreas da floresta amazônica, com objetivo de obter conjuntos operacionais de C&I (CIFOR,1999) tendo como base pesquisas realizadas por grupos interdisciplinares de consultores com experiências em operações de campo em florestas naturais, administradas para a produção de madeira comercial. O modelo genérico de C&I, elaborado e proposto pelo CIFOR, foi concebido para ser utilizado como uma ferramenta flexível e adaptável a todas as variedades de objetivos e regiões possíveis de serem consideradas (POKORNY e BAUCH, 2000). O conjunto de C&I do CIFOR denominado Adaptive Collaborative Management (MCA) associado ao programa Manejo Colaborativo Adaptativo, conforme Pokorny et al. (2000a) que teve por objetivo contribuir para o desenvolvimento comunitário sustentável, através da capacitação de comunidades em gerenciamento de recursos florestais, apresentou eficientes resultados e muito favoráveis para as comunidades atuantes. Por colaboração, entende-se aqui, o modo como diferentes atores comunicam-se, como se interagem e participam na vida diária, no trabalho e na tomada de decisões.

O FSC elaborou o documento Princípios e Critérios do FSC para Florestas Naturais e Plantações, no qual deve ser baseada toda certificação realizada com o seu aval correspondente. Para que fossem credenciadas, as certificadoras têm que desenvolver padrões e guias de campo baseados nos Princípios e Critérios (P&C) do FSC, que são os mesmos para todos os países. Adicionalmente aos P&C, o FSC recomenda que sejam desenvolvidos padrões e indicadores nacionais ou regionais adaptados para as realidades locais, que devem entrar em vigor logo depois de aprovados pelo FSC internacional.

A ITTO, criada em 1983, como resultado da Conferência Internacional das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD) é uma organização que não realiza certificação de projetos, porém a sua proposta é a de levantar questionamentos e indicar caminhos para se atingir uma exploração sustentável de madeiras. Um de seus principais objetivos é que todos os produtos de madeira tropical comercializados internacionalmente, pelos países membros, sejam originados de florestas manejadas de forma sustentável. Nesse contexto a ITTO foi responsável pela elaboração de um dos primeiros conjuntos de C&I no ano de 1992, intitulado Critérios para a Medição do Manejo Sustentado de Florestas Tropical, cuja aplicação orientou a normatização do chamado selo verde.

A Proposta de TARAPOTO surgiu no contexto da RIO92, a partir da reunião do “Grupo Regional para Definir Critérios e Indicadores de Sustentabilidade da Floresta Amazônica”, uma iniciativa do Governo do Peru. O evento, realizado em 1995 na cidade de Tarapoto (Peru), teve a participação de técnicos da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), União Européia (UE) e World Resources Institute (WRI), que financiaram o evento, e do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). O resultado foi a “Proposta de Tarapoto sobre Critérios e Indicadores de Sustentabilidade da Floresta Amazônica”, sobre a qual cada país deveria se basear para estabelecer os mecanismos da pertinente mensuração qualitativa e quantitativa (indicadores) da sustentabilidade, através de processos de consulta nacionais e regionais.

No Brasil, o “Projeto de Consulta Nacional da Proposta de Tarapoto” foi implantado no ano de 2000. As consultas foram realizadas nas cidades de Belém (PA), Manaus (AM) e Rio Branco (AC), com a participação de representantes de instituições de pesquisas públicas, universidades, ONGs, diferentes níveis de governos, associações e sindicatos. Não obstante os resultados só foram publicados no relatório “Processo de Tarapoto sobre critérios e indicadores de sustentabilidade da floresta Amazônica: projeto de validação de 15 indicadores de sustentabilidade da floresta amazônica” pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2006.

Os resultados das consultas nacionais realizadas pelos países membros da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) foram discutidos na “II Reunião Regional sobre Critérios e Indicadores de Sustentabilidade da Floresta Amazônica”, realizada em junho de 2001, na cidade de Tarapoto.

Na década de 90 foram estabelecidos correspondentes critérios técnicos para apresentação de planos de manejo florestal sustentável conforme Hummel (2001). Em 2002 houve a elaboração do documento “Híbrido dos verificadores dos conjuntos de critérios e indicadores do IBAMA e do CIFOR” a serem utilizados em atividades de manejo florestal de florestas nativas na Amazônia. Este documento

comparava os critérios e indicadores do IBAMA com os propostos pelo CIFOR, com objetivo de aprimoramento do primeiro.

No ano de 1998 foram publicadas as Instruções Normativas 4, 5 e 6 do IBAMA, que tratam as três modalidades de manejo florestal, previstas no Dec. 2788, e, logo a seguir, em janeiro de 1999, foi publicada a Instrução Normativa 01/99 do MMA, regulamentando a atividade do Manejo da Virola em áreas de várzea. Nos anos de 1998 e 1999 desenvolveu-se no DERE (Departamento de Recursos Florestais do IBAMA) um sistema de vistoria de planos de manejo florestal sustentável - PMFS utilizando o sistema de amostragem aleatória, em função da limitação de recursos. Em consequência, em 1999 foram sorteados para serem avaliados em campo, 20% dos planos aptos e 10% dos suspensos, aprovados e considerados pelo IBAMA. Em 1999, como resultado destas vistorias, foi elaborada a primeira versão do “Manual de vistorias em PMFS”, composto de 10 capítulos.

Em 2000, desenvolveu-se correspondente metodologia para a execução e avaliação do inventário florestal com 100% de intensidade amostral (IF100%), através de uma seleção mista de árvores (aleatória e sistemática). Neste ano foram incluídos verificadores e indicadores para todas as modalidades de manejo. De acordo com Cavalcanti (2002) desde 1996 o Departamento de Recursos Florestais do IBAMA, foi adequando e aperfeiçoando sua metodologia de análise e vistorias técnicas para o manejo florestal e conseqüentemente, melhorando a avaliação das áreas submetidas ao manejo florestal na região amazônica. A avaliação de 1999 permitiu confirmar que os estados do Mato Grosso e do Pará eram as prioridades da região, uma vez que os dois estados concentravam 83,89% dos PMFS.

Em 2001 a Diretoria de Florestas do IBAMA, pela primeira vez utilizou verificadores de qualidade na avaliação de planos de manejo florestal. Eles estavam presentes em todos os formulários utilizados para as diferentes modalidades de manejo e variaram de acordo com as características de cada uma. O conceito básico dos verificadores e dos indicadores de qualidade foi definido durante o curso de manejo florestal realizado na Fundação Floresta Tropical, em Paragominas - PA, em meados do ano de 2000. Posteriormente, no seminário de avaliação das atividades daquele ano, os verificadores foram adaptados a diferentes combinações de manejo florestal (CAVALCANTI, 2002). Duas oficinas de trabalho, realizadas em Belém (maio de 2004) e Cuiabá (junho de 2004) tiveram como objetivo apresentar os principais resultados obtidos de análises e vistorias técnicas realizadas (SABOGAL et al., 2005). Obtiveram-se também opiniões e propostas de diversos grupos de atores (instituições governamentais, setores empresariais, ONGs e associações de profissionais florestais) sobre os fatores que puderem afetar a adoção de bom manejo florestal em escala empresarial, e o que pode ser feito para melhorá-la. Nela foram recomendadas mudanças nos procedimentos de fiscalização de PMFS para uma ação mais preventiva e orientadora, estabelecendo metas para cumprimento gradativo de exigências de adequação dos PMFS. Definiu-se também estabelecer a cadeia de custódia informatizada, o aumento da capacidade de análise e a vistoria do pessoal técnico e de fiscais do IBAMA; desenvolvendo critérios e procedimentos padrões para correspondente auditoria além do estabelecimento de estabelecer vistorias amostrais.

Usando o Modelo Genérico de C&I do CIFOR como ponto de partida, o convênio entre CIFOR e Embrapa Amazônia Oriental iniciou em 1999 o processo de geração de um conjunto de C&I adaptados à região, com uso previsto tanto por empresas florestais comerciais como na auditoria governamental. O projeto “manejo sustentável de florestas de produção em escala comercial na Amazônia brasileira”, com financiamento da ITTO e colaboração de duas empresas madeireiras, do IBAMA e outras instituições relevantes da Amazônia, complementou este processo através da definição de verificadores, métodos e procedimentos de sistemas de monitoramento e pertinente processo de auditoria (Pokorny, 2003a). Uma das principais características da metodologia proposta foi seu caráter educativo. A realização de reavaliações certamente deverá assegurar que as ações corretivas fossem efetivamente cumpridas.

Em consequência se estabeleceu uma parceria entre as instituições EMBRAPA, CIFOR e IBAMA, no âmbito do Projeto Bom Manejo, que permitiu o desenvolvimento de verificadores e correspondentes procedimentos de campo para a avaliação das áreas onde são executados os Planos de Manejo Florestal, solicitados ao IBAMA. Assim, para avaliar cada etapa e cada aspecto dos planos de manejo florestal, foram definidos 140 verificadores e para cada um destes, foi desenvolvida uma correspondente metodologia de avaliação em campo como também ficaram estabelecidos os limites quantitativos para facilitar a interpretação das informações levantadas com respeito à avaliação final das operações pertinentes.

Recentemente a ABNT 15789 – CERFLOR, estabelece à certificação do manejo florestal e da cadeia de custódia, segundo o atendimento dos critérios e indicadores - aplicáveis para todo o território nacional - prescritos nas normas elaboradas pela ABNT e integradas ao Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade e ao Inmetro. As normas que compõem o CERFLOR foram elaboradas pela Comissão de Estudos Especiais de Manejo Florestal, no âmbito da Associação Brasileira de Normas Técnicas, fórum nacional de normalização. Neste sentido a norma 15789:2008, foi elaborada com base no manual de aplicação dos Critérios e Indicadores para o MFS de florestas tropicais atendendo as recomendações e sugestões da International Tropical Timber Organization, (ITTO): NBR 15789:2008 - Manejo Florestal - Princípios, Critérios e Indicadores para florestas nativas e a NBR 15753:2009 - Manejo Florestal – Diretrizes para implementação da ABNT NBR 15789.

No “International Seminar on Challenges of Sustainable Forest Management - integrating environmental, social and economic values of forests” ocorrido em março de 2011, em Tokyo - Japão, a comunidade florestal global afirmou estar se empenhando nos seus esforços para promover uma coerente gestão sustentável das florestas. Conseqüentemente varias ações têm sido tomadas para promover e implementar MFS, incluindo o desenvolvimento e implementação de ferramentas e instrumentos políticos, tais como critérios e indicadores (C&I) para o MFS, a certificação florestal, verificação da legalidade e orientações dirigidas a áreas específicas de MFS.

CONCLUSÕES

Faz se necessário que o poder público atualize seus C&I, uma vez que não é clara a correspondente hierarquização dos C&I nacionais partindo do principio que um critério ou indicador individual necessita ser enfaticamente considerado no respectivo contexto do sistema hierárquico de princípios, critérios, indicadores e verificadores.

O Brasil desde 1995 é signatário da proposta de critério e indicadores de Tarapoto, que visa mensurar a sustentabilidade em todos os países membros da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA). Desta forma, publicou o documento “Processo de Tarapoto sobre critérios e indicadores de sustentabilidade da floresta Amazônica: projeto de validação de 15 indicadores de sustentabilidade da floresta amazônica” pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2006.

Os verificadores utilizados pelo IBAMA foram construídos em parceria realizada entre as instituições EMBRAPA, CIFOR e o próprio IBAMA, que desenvolveu procedimentos de campo para a avaliação das áreas onde são executados os Planos de Manejo Florestal, incorporados na Legislação Federal através da Norma de Execução do nº 1 do IBAMA publicado no Diário Oficial da União em 18 de dezembro de 2006, porém apresentam apenas verificadores de campo, não há princípios, critérios e nem indicadores explícitos.

A ABNT 15789 – CEFLOR, visa à certificação do manejo florestal e da cadeia de custódia, segundo o atendimento dos critérios e indicadores - aplicáveis para todo o território nacional - prescritos nas normas elaboradas pela ABNT e integradas ao Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade e ao Inmetro. As normas que compõem o CERFLOR elaboradas pela Comissão de Estudos Especial de Manejo Florestal, no âmbito da Associação Brasileira de Normas Técnicas, fórum nacional de normalização não fazem previsão de verificadores em campo nem metodologia de coleta de dados em campo. Neste sentido a norma 15789:2008, foi elaborada com base no manual de aplicação dos Critérios e Indicadores para o MFS de florestas tropicais da International Tropical Timber Organization, (ITTO), mas também não possui verificadores de campo implícitos.

Conclui-se que não há uma vinculação explícita dos verificadores de campo (IBAMA) com princípios critérios e indicadores de sustentabilidade previstos pela ABNT e pelo processo de Tarapoto. Assim este trabalho aponta para uma necessidade urgente de dialogo entre os entes envolvidos com os Critérios e Indicadores de sustentabilidades em manejo florestal no Brasil, uma vez que oficialmente é signatário do processo de Tarapoto (MMA) que utiliza os indicadores do CIFOR (IBAMA, Norma de Execução nº1/2006) e a ABNT fundamentada nos C&I da ITTO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. Disponível em [http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.Monta &idEstrutura=18&idConteudo=575](http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.Monta&idEstrutura=18&idConteudo=575) consultado em dezembro de 2010

AZEVEDO, C. P. **Dinâmica de Florestas Submetidas a Manejo na Amazônia Oriental: Experimentação e Simulação**, Tese Doutorado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. 2006, 254p.

BARTHOD, C. **Criterios e indicadores de la ordenación sostenible de los bosques templados: el período 1992-1996**. *Unasyuva*, 1998, v.49, n.192, p.53-56.

BRAATZ, S. **National Reporting to Forest related International Instruments: Mandates, Mechanisms, Overlaps and Potential Synergies**. 2003 Secretariat of the United Nations Forum on Forests 23p.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Normas Florestais Federais para a Amazônia**. 2007. 176p.

CAVALCANTI, F. J. B. **Manejo Sustentável na Amazônia, ano 2002**: relatório técnico. Brasília: Edições IBAMA, 2002. 96p. : II.

CIFOR (Center for International Forestry Research). **The CIFOR Criteria and Indicators Generic Template**. The Criteria and Indicators Toolbox Series (O Modelo genérico de critérios e indicadores do

CIFOR).1999.

DEL GIUDICE, R. R., **A Sistematização dos instrumentos normativos florestais federais e os indicadores de sustentabilidade da Floresta Amazônica brasileira e do Processo Tarapoto**. 2007. Dissertação de Mestrado, CDS Universidade de Brasília, Brasília, 210p. Il.

EMBRAPA/IBAMA. **Manual de vistoria de campo para planos de manejo florestal madeireiro na Amazônia**. 2.ª edição. 2006. 107p.

HUMMEL, A. C. **Normas de Acesso ao Recurso Florestal na Amazônia Brasileira: O Caso do Manejo Florestal Madeireiro**. 2001 – Dissertação de Mestrado INPA/UA. Manaus, 101 p.

IEM. International Expert Meeting On Monitoring, Assessment And Reporting On The Progress Toward Sustainable Forest Management. Tarapota process. November 2001, Yokohama, Japan.2001.

International Seminar on Challanges of Sustainable Forest Management-Integrating environmental, social and economic values of forests. 8-10 March, 2011 in Tokyo, Japan, disponível em <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaigai/CLI.html>.

LOURENÇO, M. S. **Questões Técnicas na elaboração de Indicadores de Sustentabilidade**. disponível em http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/sustentabilidade/marcus_lorenco.pdf; consultado em dezembro de 2010.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. **Processo de Tarapoto sobre critérios e indicadores de sustentabilidade da floresta amazônica: Validação de 15 Indicadores Priorizados de Sustentabilidade da floresta amazônica**. Brasília – DF. Relatório Final do Projeto FAO/TCP/RLA 3007 (A) – Brasil 1º Ed. Brasília DF, 2006. 102p.

MÜLLER, R. **Grundlagen der Forstwirtschaft, in Übersicht, Zahl, Tabelle, Regal, Vorschrift, Gesetz**. Hannover: M&H. Schaper Verlag, 1959. 1257p.

NUNOO, E. K. **Measuring Progress Towards Sustainable Forest Management And Policy Implications: A Case Study Of The High Forest Zone In Ghana**. 2010. Doctoral Thesis Faculty of Environmental Sciences and Process Engineering, Brandenburg University of Technology (BTU), Cottbus-Germany, 244p. il.

POKORNY, B. etal. **Adaptive Collaborative Management: Criteria and Indicator for Assessing Sustainability - Manejo Colaborativo Adaptativo: Critérios e Indicadores para avaliar Sustentabilidade**. 2003. Center for International Forestry Research (CIFOR) p. 36.

POKORNY, B.; ADAMS, M. **Compatibilidade de conjuntos de critérios e Indicadores para avaliar a sustentabilidade do manejo florestal na Amazônia brasileira**. 2003 , Center for International Forestry Research (CIFOR)143p.

POKORNY, B.; BAUCH, R. **Estudo aplicativo de critérios e indicadores para avaliar sustentabilidade em uma empresa florestal em Tailândia, Pará, na Amazônia brasileira**. 2000. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 34. EMBRAPA, Belém.

SABOGAL, C.; POKORNY, B.; BERNARDO, P.; MASSIH, F.; BOSCOLO, M.;LENTINI, M.; SOBRAL, L.; VERÍSSIMO, A.,SILVA, N.; ZWEEDE,J.**Manejo florestal empresarial na Amazônia brasileira - Restrições e oportunidades para a adoção de boas práticas de manejo**. 2005 Belém – Pará, 99p. il.

TOLEDO, E. **Proposta de critérios e Indicadores de sustentabilidade da Floresta Amazônica**. In: Proposal of criteria and indicartors for sustainability of the amazon forest, 1995, Lima. results of the Regional Workshop. Lima: ACT, 1995. p.115-117.

OTIMIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA REMANESCENTE DA ESPÉCIE *Cedrela odorata* NO ESTADO DO ACRE, VISANDO O NOVO CICLO

OPTIMIZATION OF RESIDUAL DIAMETRIC STRUCTURE OF *Cedrela odorata* IN THE STATE OF ACRE AIMING NEW CYCLE

Evaldo Muñoz Braz¹; Patrícia Póvoa de Mattos²; Evandro Orfanó Figueiredo³; Luciano Arruda Ribas⁴

RESUMO

O manejo das florestas naturais tropicais não considera a capacidade de recuperação da floresta. Assim, as extrações, mesmo baixas, podem não ser sustentáveis quando se trata do próximo ciclo. Extrações “baixas”, sem considerar a estrutura e o crescimento da espécie a ser manejada podem comprometer a capacidade produtiva para o próximo ciclo. O cedro é uma espécie de grande valor econômico para o estado do Acre e sua extração, feita na forma tradicional, mesmo com o limite de 30m³ha⁻¹ para o conjunto de espécies (limite da legislação), pode reduzir o potencial futuro dessa espécie. Este trabalho apresenta estratégias de otimização da estrutura diamétrica no primeiro corte visando à recuperação do volume explorado. O trabalho mostrou que o cedro ocorre naturalmente em diferentes distribuições diamétricas, sendo essencial analisar cada uma de forma específica. Mesmo com o excelente incremento médio anual que o cedro apresenta as extrações segundo o sistema tradicional recuperaram 22%, 43% e 67,5% nas diferentes estruturas avaliadas. Com o procedimento de manejo específico para cada condição de distribuição diamétrica, com redução máxima de 35% do corte original, foram estimadas recuperações de 95%, 99% e 107% considerando o ciclo vigente na legislação, de 30 anos.

Palavras-chave: Manejo florestal sustentável; taxa de corte; Amazônia

ABSTRACT

The management of natural tropical forests does not consider the resilience of the forest. Thus, extractions, even low, cannot be sustainable when considering the next cycle. “Low” extractions, without considering the structure and growth of the species to be managed can compromise the productive capacity for the next cycle. *Cedrela odorata* is a species of great economic value to the state of Acre. Traditional forest management, with a cutting rate limited in 30m³ha⁻¹ including all commercial species (law limitation), can reduce the future potential of this species. This paper presents strategies for optimizing the diameter structure in the first logging aiming at the recovery of the volume explored. The study showed that the *Cedrela odorata* is naturally occurring in different diameter distributions, and it is shown that it is essential to analyze each one specifically. Even with the excellent average annual increment presented by the cedar, the extraction according to the traditional system recovered only 22%, 43% and 67.5% in the different structures studied. With the management procedure specific to each condition of diameter distribution, with maximum reduction of 35% of the original cut rate, the volume recover was estimated in 95%, 99% and 107%, considering the legal cut cycle of 30 years.

Keywords: sustainable forest management; cut rate; Amazon

INTRODUÇÃO

Nos planos de manejo das florestas naturais tropicais não tem sido considerado, para o cálculo das extrações, a estrutura das classes diamétricas e a capacidade de recuperação do volume das espécies que comporão a taxa de corte, assim, possibilidades de realmente manejar a floresta, tem sido pouco considerado (PUTZ et al., 2000).

Assim, vários pesquisadores têm questionado a capacidade de recuperação da floresta nos ciclos de corte considerados (AZEVEDO, 2006; VAN GARDINGEN et al., 2006; SIST e FERREIRA, 2007). Além disso, a produção de madeira baseada em estudos de crescimento e rendimentos ainda não foi praticada efetivamente na Amazônia Brasileira (OLIVEIRA, 2009), apesar de já ter sido apresentado estudo com a aplicação do manejo baseado em crescimento das árvores (SCHÖNGARTEN, 2008) e na

¹ Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da EMBRAPA Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319, CEP: 834111.000, Colombo (PR). evaldo@cnpf.embrapa.br.

² Engenheira Agrônoma, Dr^a., Pesquisadora da Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira Km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo (PR). povoa@cnpf.embrapa.br.

³ Engenheiro agrônomo, MSc, Embrapa Acre, Caixa Postal 321, 69908-970 Rio Branco, AC. E-mail: orfano@cpafac.embrapa.br.

⁴ Engenheiro florestal, Dr, Embrapa Acre, Caixa Postal 321, 69908-970 Rio Branco, AC. E-mail: laribas@cpafac.embrapa.br

Amazônia Boliviana, em estudo realizado por Brienen e Zuidema (2006).

A previsão da capacidade de recuperação da floresta pode ser estimada mediante modelos de crescimento que utilizem prognoses para o povoamento. É importante poder visualizar a estrutura futura para estimar se a extração a ser efetuada está com o peso correto e se está possibilitando a recuperação da floresta.

Vanclay (1994) considerou que modelos de “projeção de classe de diâmetro” podem ser úteis onde os dados são escassos. Com relação a sua precisão, informou ainda que, quando se compara um modelo determinístico para povoamento (deterministic stand class model) com um modelo estocástico espacial de árvore isolada (stochastic single tree spatial model), observa-se que ambos se mostraram compatíveis com a realidade para períodos de predições em curto e médio prazos (5 a 25 anos).

Segundo Amaro (1996), o Cedro-Vermelho/Cedro (*Cedrela odorata*) ocorre nos estratos em 8 das 13 diferentes tipologias florestais que ocorrem ao longo da BR-364, no estado do Acre, correspondendo a 95,8% da área inventariada; está entre os dez maiores índices de valor de importância (IVI) em três dessas tipologias e foi encontrada regeneração natural do cedro em quatro tipologias ao longo da BR-364.

Esta espécie é importante economicamente para o estado do Acre e para a maior parte dos estados da região norte. Seu manejo, entretanto, como o manejo das demais espécies, é feito sem critérios visando sustentabilidade de reposição nas classes comerciais para o próximo ciclo.

Este trabalho visa estudar estratégias para determinação de taxas sustentáveis e estudo de estruturas remanescentes que possam recuperar volumes comerciais do cedro para o segundo ciclo, sendo sugerido também um procedimento de análise.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área de estudo

A pesquisa relacionada ao incremento do cedro foi realizada em uma área da empresa ST Manejo de Florestas, denominada compartimento Iracema II, situada no estado do Amazonas. A área total da propriedade é de 4.211,67 ha, dos quais 2.000 ha destinam-se ao manejo, situado em solo Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, com pH entre 3,5 e 5,0 (OLIVEIRA et al., 2006). A determinação da estrutura diamétrica foi realizada mediante inventário 100% do compartimento.

O clima é do tipo Am da classificação de Köppen, clima quente e úmido de monções, com estação seca definida entre os meses de junho e outubro seguida de estação chuvosa, com temperatura média anual de 25°C, umidade relativa do ar de 85% e precipitação anual de 2.250 mm. O relevo é suave ondulado, com algumas áreas com inclinação forte. A área apresenta cursos d'água apenas temporários. A floresta é densa com árvores emergentes, ocorrendo também tipologias de floresta aberta com bambu e palmeiras (OLIVEIRA et al., 2006).

Os demais dados de distribuição do cedro foram retirados dos inventários amostrais do Plano de Manejo Florestal e Uso Múltiplo com Rendimento Sustentado da Reserva Extrativista São Luis do Remanso (FUNTAC, 1997) e Inventário Florestal e Plano de Manejo em regime de Rendimento Sustentado do seringal Nova Olinda (FUNTAC, 1992), ambos no estado do Acre.

Prognose da recuperação da floresta com base na taxa de corte

1) O incremento periódico anual (IPA) foi avaliado por classe de diâmetro para a espécie *Cedrela odorata*. O IPA foi medido pelos valores médios alcançados pelas classes diamétricas em 20 parcelas permanentes (PP), de um hectare (100 m x 100 m) cada, instaladas na empresa ST Manejo de Florestas, obtidos no período de cinco anos.

Com base na estrutura diamétrica remanescente relativa ao cedro, foi avaliado o percentual de recuperação de acordo com a taxa de corte utilizada. O sistema utilizado foi o de “projeção por classe de diâmetro”, mencionado por Alder (1995), segundo a Razão de Movimento (SCOLFORO, 1998).

Assume-se a dispersão uniforme dentro da classe de diâmetro.

$$I = t \cdot i / \Delta D$$

Em que: I = ingresso na próxima classe; t = tempo em anos; i = incremento periódico da classe de diâmetro a 1,3 m do solo (DAP); ΔD = intervalo de classe de diâmetro.

A mortalidade utilizada foi de 1,8% nas classes de 25 e 35 cm; 1,4% nas classes de 45 cm a 85 cm e 1,8% nas classes acima de 85 cm de DAP, sendo simulado para os 30 anos seguintes, aplicando a fórmula: $(1+0,0i)^n \cdot N$, sendo “i” a taxa de mortalidade, “n” o ciclo de corte em anos, e N o número de indivíduos transitando entre as classes.

2) Foi verificado quanto cada classe diamétrica, com seu respectivo número de árvores, contribuiria para o volume futuro (depois de 30 anos) simulando o crescimento de 100 árvores por classe, conforme metodologia de Alder (1992) e com adaptação descrita em Braz (2010). Assim, é acompanhado o trajeto de 100 árvores a partir das classes de origem até as classes de destino, subtraindo a mortalidade e identificado o volume líquido obtido. O sistema proposto, chamado “Otimização de classes diamétricas em florestas naturais” visa determinar, quais classes, como ponto de origem, mais contribuem para o

volume final.

Utilizou-se o seguinte procedimento (BRAZ, 2010):

Verificação do volume médio atual, considerando 100 árvores por classe (V1).

De acordo com o incremento diamétrico por classe, faz-se a simulação do volume potencial destas 100 árvores para 30 anos após (V2), considerando a mortalidade entre as classes no período.

Subtração de V1 de V2 e identificação de qual classe fez um caminho que otimiza o volume do talhão ao fim do novo ciclo.

Foram comparadas distribuições diamétricas do cedro de três regiões do estado do Acre, visando identificar extrações sustentáveis do ponto de vista da produção futura, em um ciclo de 30 anos.

Foi estimada por simulação a capacidade potencial de recuperação da floresta resultante de um corte total das classes comerciais das distribuições avaliadas.

Foram determinadas diferentes situações de manejo da estrutura remanescente visando uma recuperação ideal para o segundo ciclo, buscando o ponto de equilíbrio entre corte e recuperação.

Para o cálculo do volume foi utilizada a equação desenvolvida para a floresta em estudo, apresentada por Braz (2010), derivada do modelo de Hohenadl-Krenn (FINGER, 1992):

$$VC = -1,21685 + 0,02959 \cdot DAP + 0,000501 \cdot DAP^2$$

Em que: VC = volume comercial; DAP = diâmetro à altura do peito.

As estruturas foram convertidas de hectare para um talhão equivalente a 500 ha (talhão médio no estado do Acre) para melhor visualização dos resultados.

O diâmetro comercial considerado foi acima de 50 cm de DAP (centro de classe de 55 cm) e intervalo de classes de 10 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O incremento em diâmetro do cedro (Tabela 1) foi considerado alto ($0,85 \text{ cm} \cdot \text{ano}^{-1}$), ponderado entre os centros de classe de 25 a 115 cm), quando comparado ao incremento de outras espécies das florestas naturais tropicais. O volume comercial de corte em um talhão de 500 ha para São Luis do Remanso, Seringal Nova Olinda e ST Manejo de Florestas foram $497,29 \text{ m}^3$, $419,13 \text{ m}^3$ e $423,93 \text{ m}^3$, respectivamente. Somente a área da empresa ST Manejo de Florestas apresentou a estrutura diamétrica completa (Tabela 1).

TABELA 1: Parâmetros inferidos e utilizados nas projeções

TABLE 1: Parameters used in the projections and inferred

Florestas	S. L. do Remanso	Nova Olinda	ST Manejo de Florestas	IPA (cm/ano)	Desvio padrão do IPA (cm)	Tempo de passagem entre classes (anos)	Mortalidade (%.ano ⁻¹)
Classe de diâmetro	(Número de árvores ha ⁻¹)	(Número de árvores ha ⁻¹)	(Número de árvores ha ⁻¹)				
25	0,048	0,0987	0,0731	0,32	0,49	31	1,8
35	0,048	0,1645	0,0713	0,82	0,29	12	1,8
45	0,048	0,0987	0,0841	1,26	0,26	8	1,4
55	0,143	0,0658	0,0969	0,93	0,53	11	1,4
65	-	0,0329	0,0896	0,90	0,30	11	1,4
75	0,19	-	0,0475	0,85	0,27	12	1,4
85	-	-	0,0201	0,75	0,39	13	1,4
95	-	-	0,0146	0,68	0,40	15	1,8
105	-	-	0,0018	0,55	0,50	18	1,8
115	-	0,0658	0,0037	0,32	0,71	31	1,8
Total	0,4770	0,5264	0,50274	-	-	-	-

Observa-se na Figura 1 que o incremento em diâmetro apresenta um desenvolvimento característico, com fase de incremento mínimo, máximo e posterior decréscimo. Esse resultado é similar ao obtido por Brienen e Zuidema (2006), para quatro espécies da floresta da Amazônia Boliviana, aplicando dendrocronologia para a recuperação de 150 anos de informação. Também foram observados resultados semelhantes por Braz (2010), para um grupo de 26 espécies por medições de parcelas permanentes. Este padrão no crescimento do cedro possibilita a identificação de um fluxo “ótimo” entre as classes, buscando o maior volume a ser recuperado. Este “ótimo” dependerá da dimensão (DAP) de origem das árvores e, principalmente, do trânsito entre as classes com diferentes incrementos.

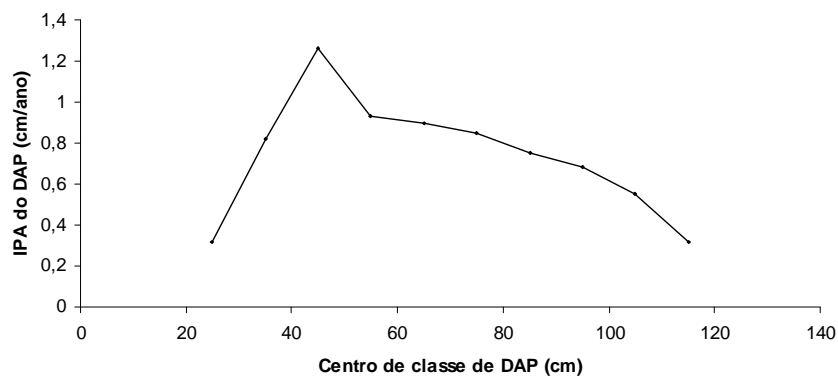


FIGURA 1: Incremento diâmetro de acordo com a classe diamétrica.
 FIGURE1: Increasediameteraccording todiameter class.

A Figura 2 mostra quais as classes principais para a recuperação do volume comercial do cedro. As árvores originárias do centro de classe de 45 e logo após, e a classe de 55 e 65 respectivamente, são as que mais incrementam ao final do ciclo. Pode-se verificar que logo após a classe de 85 cm, decresce rapidamente o retorno em volume, e fica negativo, similar ao encontrado por Braz (2010) para um grupo de espécies. A causa é que as árvores originárias a partir desta classe (mesmo que esta apresente bom incremento) atravessam classes com menor incremento. Além disso, com um DAP de grande dimensão (criando uma relação geométrica de pouco incremento relativo), a mortalidade reflete maior impacto na contagem final, ocasionado baixo retorno. Isto significa que do ponto de vista do manejo comercial do cedro, nestas condições de incremento, árvores com mais de 75 cm de centro de classe de DAP trarão pouco ou nenhum retorno. Evidentemente que para as funções ecológicas da floresta, árvores maiores também são importantes.

O Sistema de análise proposto considerada o incremento de árvores que saem de classes diferentes, diferente daquele apresentado por Alder (1992), que compõe o incremento de árvores que saem da mesma classe.

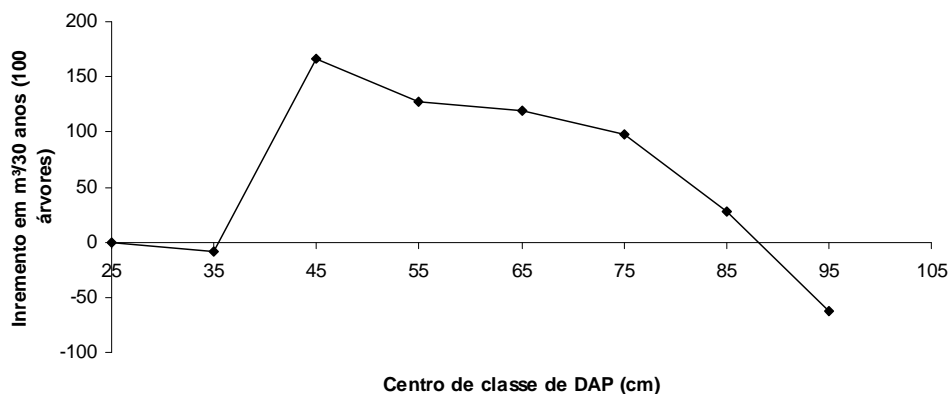


FIGURA 2: Otimização das classes de origem com relação às classes de destino, para 100 árvores, ao fim de 30 anos.

FIGURE2: Optimization of thesource classeswith respect to thetarget classesto 100treesafter30 years.

Pela figura 3 pode-se observar que a distribuição do cedro é diferente nas três áreas estudadas. Estas diferenças podem ser decorrentes de exploração anterior, ou resultado da competição ou condições de sítio, com reflexo na dinâmica de crescimento das árvores. São Luis do Remanso excede em muito o número de árvores comerciais as árvores que alimentarão o próximo ciclo. Por outro lado, em Nova Olinda ocorre o contrário. Isto reforça a importância de se estabelecer planos de manejo específicos, buscando sustentabilidade dos sistemas implementados.

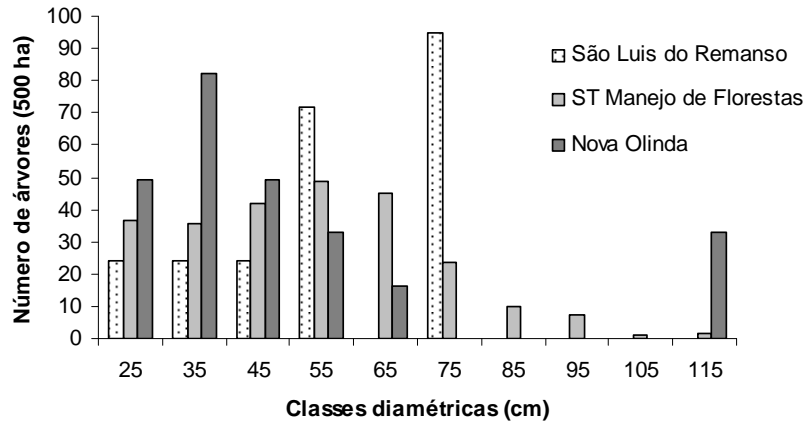


FIGURA 3: Distribuição diamétrica nas áreas avaliadas em um compartimento de 500 ha.
FIGURE3: Diameter distribution in the areasevaluated inacompartment500ha.

A simulação pelo corte de todas as árvores das classes diamétricas acima de 50 cm, mostrou que em nenhuma das estruturas, das três áreas em estudo, foi possível a recuperação de 100% do volume extraído.

O corte original de São Luis do Remanso seria de 497,29 m³ no talhão. Pela prognose, sua capacidade de recuperação com relação ao extraído seria de apenas 22% (109,62 m³). Isto se deve ao que as classes restantes podem contribuir para o incremento comercial no próximo ciclo. As árvores estão na proporção volumétrica 1 / 2,31 (relação árvores remanescentes com as que serão cortadas) nesta área, impedindo que haja um fluxo suficiente de árvores para as classes comerciais.

Baseado no conceito do incremento acumulado ao longo do ciclo de 30 anos a partir das árvores das classes de origem, situações de manejo podem ser consideradas visando maior produção.

Para a mesma área, duas situações foram consideradas:

a) Foi simulado uma redução do corte para 324,54 m³ (65,26% do corte total das classes comerciais) tendo como estratégia manter 45 árvores de um total de 90, da classe de 75 cm.

b) Uma segunda proposta de manejo considerou reduzir o corte para 345,50 m³ (69,37 % do corte total das classes comerciais) em decorrência da manutenção de todas as árvores da classe de 55 cm, e corte total da classe de 75 cm.

O resultado pode ser visto na Figura 4.

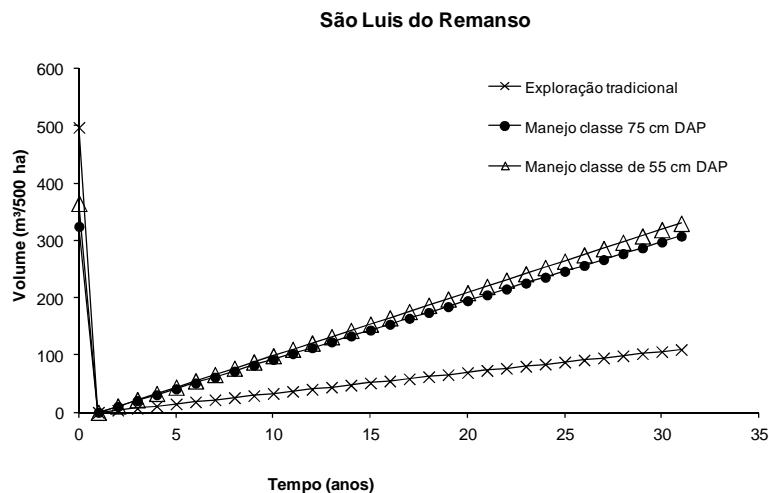


FIGURA 4: Recuperação do volume de acordo com o manejo para a área de São Luis do Remanso.
FIGURE4: Recovery of the volume under management for the area of San Luis Remanso.

Pode-se observar que a melhor opção foi o corte total da classe de 75 e manutenção de toda a classe de 55 cm. Cortou-se mais com relação à opção anterior e recuperou-se um volume ligeiramente superior.

As duas opções de manejo, manejo da classe de 75 e manejo da classe de 55 cm, resultariam nos volumes de 307,59 (recuperando 95% do cortado) e 329,77 m³ (recuperando 95% do cortado)

respectivamente, valores superiores 2,8 e 3 vezes a recuperação prevista pelo manejo tradicional.

Assim, se a empresa visar realmente um segundo ciclo, fica na sua decisão avaliar se reduz no primeiro ciclo 30% de seu corte para obter uma floresta futura mais rentável.

No caso de Nova Olinda o corte comercial tradicional seria de 419,13 m³ nos 500 ha do talhão. A recuperação pela prognose foi de 67,5 %, produzindo 283,00 m³. Nova Olinda tinha cinco vezes mais volume do que o volume cortado, em classes que podem contribuir para o volume comercial (e que ficaram na floresta remanescente). Assim, foi onde o volume teve a prognose de maior recuperação.

Apesar da boa recuperação, também foi simulada uma segunda opção de manejo que considerava a manutenção de todas as árvores da classe 55 cm (33 árvores), cortando 358,12 m³ (85% do corte tradicional). A recuperação líquida foi de 384,30 m³, ou 107% do cortado e 1,36 vezes o recuperado pelo corte tradicional (Figura 5).

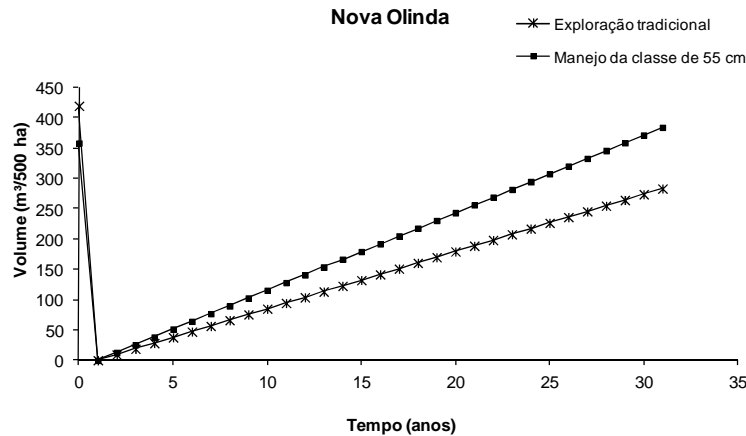


FIGURA 5: Recuperação do volume de acordo com o manejo para a área de Nova Olinda
FIGURE5: Recovery of the volume under management for the area of Nova Olinda

No caso da empresa ST Manejo de Florestas, o corte tradicional considerava a extração de 423,93 m³ no talhão de 500 ha. A proporção de volume das árvores remanescentes com as comerciais foi de 1,42/1, mostrando um estoque superior ao volume a ser cortado. Nas condições de corte tradicional, a empresa ST Manejo de Florestas recuperaria 43 % do volume extraído em 30 anos.

Foi simulada a manutenção da classe de 55 cm e redução do corte para 334,09 m³ (79 % do corte tradicional). A recuperação seria de 330,02 m³ (99% do corte) como mostra a Figura 6 e 1,8 vezes a recuperação pelo sistema padrão.

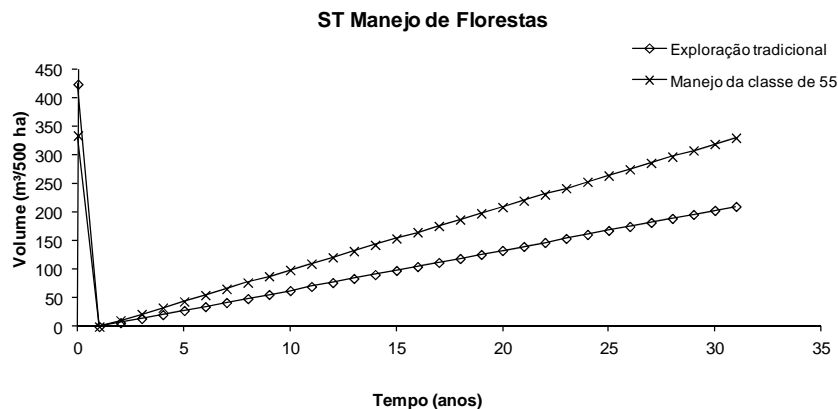


FIGURA 6: Recuperação do volume de acordo com o manejo para a área da empresa ST Manejo de Florestas
FIGURE6: Recovery of the volume according to the management company for the area of ST Forest Management

Nas três situações, em uma situação empresarial, a decisão final deveria também passar por uma análise econômica.

Com relação a recuperação da floresta ou espécies, as taxas de extração não calculadas implicam na maioria das vezes em não sustentabilidade. Vários trabalhos mostram a não sustentabilidade do

manejo, mas não consideram estratégias de manejo. Van Gardingen *et al.* (2006) estimaram em 33% o limite de exploração das classes comerciais de madeira para um ciclo de 30 anos, para a retirada de várias espécies em conjunto, na região de Tapajós. Da mesma forma, Sist *et al.* (2010) enfatizam que retiradas mais baixas (reduções de 40-50% das retiradas atuais) são necessárias para a sustentabilidade do manejo das florestas tropicais da Amazônia. Estes trabalhos não avaliam a necessidade de manter classes diamétricas produtivas para recuperação da extração original no ciclo de corte considerado ou a determinação de uma estrutura remanescente ideal

Analisando-se as estruturas remanescentes e as classes que mais contribuem com árvores para o volume futuro pode-se verificar as causas das diferentes recuperações, apesar de peso de extração semelhante. Assim, mesmo com volume comercial semelhante disponível, os retornos foram diferentes. Cada situação de manejo é específica e não pode ser pré-fixada. São Luis do Remanso tinha menos em volume remanescente do que o que seria cortado e foi quem menos recuperou.

Extrações arbitrárias prejudicam a estrutura, e assim prejudicam ciclos futuros (BRAZ, 2010). Por outro lado, pode-se observar que é possível manejar realmente a floresta visando um retorno maior sem perder muito no primeiro corte. Evidentemente que isto é uma decisão da empresa do ponto de vista econômico.

Deve ficar claro que estas simulações tratam apenas dos primeiro corte e segundo ciclo. No caso de avaliações com maior número de ciclos, considerações como fatores genéticos e polinização devem ser considerados. Entretanto, estoques mais sustentáveis podem concorrer positivamente para estes fatores. Em todo caso prognoses de muitos ciclos e seus fatores envolvidos são irrealistas e resultam em maiores erros de modelo. Também não foi considerado o potencial dos tratamentos silviculturais, os quais poderiam melhorar o desempenho dos sistemas avaliados. Estes sistemas valem apenas para estas estruturas. Distribuições diferentes podem implicar em sistemas mais complexos, sendo importante ter avaliações seguras do incremento por classe.

CONCLUSÃO

A disposição da estrutura remanescente, no que se refere a volume de estoque e volume de corte, influi muito na recuperação em volume para o ciclo de corte seguinte.

É possível manejar as florestas nativas visando maior produção futura, e neste caso, o incremento diferenciado por classe de diâmetro jogam papel fundamental.

O sistema de otimização de classes diamétricas proposto obteve resultados satisfatórios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDER, D. Simple methods for calculating minimum diameter and sustainable yield in mixed tropical forest. In: MILLER, F.M.; ADAM, K. L. **Wise management of tropical forests**. Oxford: Oxford Forest Institute, 1992.

ALDER, D. **Growth Modelling for Mixed Tropical Forests**. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1995.231 p. (Tropical Forestry Papers, n..30).

ALDER, D.; SILVA, J. N. M. Sustentabilidade da produção volumétrica: um estudo de caso na Floresta nacional de Tapajós com auxílio do modelo de crescimento CAFOGROM. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. C. (Eds.). **A silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa-DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p. 325-337.

AMARO, M.A. Análise da participação da Seringueira (*Hevea brasiliensis*), Castanheira (*Bertholletia excelsa*) e das principais espécies madeireiras na estrutura da floresta, no trecho Rio Branco-Cruzeiro do Sul (AC) da BR 364. Dissertação de mestrado. INPA/FUA. Manaus. 78p.1996.

AZEVEDO, C. P. de. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação**. 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

BRAZ, E.M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação. Santa Maria. 2010. 236p.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 481-493, 2006.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos da Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF-FATEC, 1992. 269p.

FUNTAC – Fundação de Tecnologia do Acre. **Inventário florestal e plano de manejo em regime de**

rendimento sustentado do Seringal Nova Olinda. Relatório Técnico. Rio Branco: 167p. 1992.

FUNTAC – Fundação de Tecnologia do Acre. **Manejo florestal sustentável da produção de uso múltiplo da reserva São Luiz do Remanso.** Projeto ATN/TF – 3934 – BR/BID Apoio às Reservas Extrativistas do Estado do Acre. Rio Branco: Funtac. 1997.

OLIVEIRA, M. V. N. D. Simulação de crescimento, rendimento e corte seletivo para o manejo florestal sustentado em pequenas propriedades no Estado do Acre, na Amazônia Brasileira. In: GONÇALVES, R. C.; PUTZ, F. E.; DYKSTRA, D. P.; HEINRICH, R. Why poor logging practices persist in the tropics. **Conservation Biology**, Malden, v. 14, n. 4, p. 951-956, Aug. 2000.

OLIVEIRA, M. V. N. et al. Manejo sustentado de florestas na Amazônia Ocidental: o estudo de caso da empresa ST Manejo de Florestas. Ltda. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, n. 3, p. 275-288, set. 2006.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiânes Heterogêneas.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais. 2000. 195p.

SCHONGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian varzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, v. 256 (2008) 46–58

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal.** Lavras: Universidade Federal de Lavras. Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1998.

SIST, P.; FERREIRA, F. N. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management** 243. February 2007. p.199-209.

VAN GARDINGEN, P.R.; VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajo's National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 231. p. 184–195. 2006.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield applications to mixed tropical forests.** Utah: Walling-Ford, 1994. 304 p.

EVOLUÇÃO DO SORTIMENTO DE *Pinus oocarpa* NA REGIÃO SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

EVOLUTION OF ASSORTMENT OF *Pinus oocarpa* IN SOUTHWESTERN REGION OF SÃO PAULO STATE

Sebastião do Amaral Machado¹; Angelo Pacheco²; Naiara Teodoro Zamin³;
Luís César Rodrigues da Silva⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estabelecer a evolução do sortimento de plantios de *Pinus oocarpa* dos 7 aos 22 anos, submetidos a 6 desbastes ao longo deste período. A região estudada se localiza no sudoeste do estado de São Paulo. Foram derrubadas e cubadas 100 árvores para cada classe de idade, quais sejam, 7 anos e nenhum desbaste, 8 anos e um desbaste, 10 anos e 2 desbastes, 12 anos e 3 desbastes, 15 anos e 4 desbastes, 19 anos e 5 desbastes e 22 anos e 6 desbastes. Para se estabelecer os sortimentos, para cada idade foi ajustada a função de afilamento de Hradetzky e por integração desta obteve-se uma função que gerou o volume em determinado diâmetro mínimo. Os diâmetros mínimos selecionados foram: 3,0cm para energia, 8,0 cm para celulose, 15,0 cm para serraria e 25 cm para laminação. Os diâmetros abaixo de 3,0 cm foram considerados sobras, sem utilização. Além dos diâmetros mínimos, foi preciso estabelecer comprimentos de toras que foram: 1,0 m para energia, 2,30m para celulose, 3,30m para serraria e 2,4m para laminação. Até o 12 anos mais de 55% do volume gerado foi para celulose. O volume para laminação surgiu dos 15 anos em diante. Aos 7 anos e sem desbaste houve volume para serraria na ordem de 12% do total, 64% para celulose e 23% para energia. Já aos 22 anos e após 6 desbaste houve 51% de madeira para laminação, 41% para serraria, 7% para celulose e 1% para energia.

Palavras-chave: funções de afilamento; volume; laminação; serraria.

ABSTRACT

The objective of this study was to establish the evolution of the assortment of *Pinus oocarpa* from 7 to 22 years of age, subjected to six thinnings throughout this period. The study area is located in the southwestern of Sao Paulo State, in Brazil. One hundred sample trees for each class of age were felled and their volume were calculated to seven years of age without any thinning, 8 years and one thinning, 10 years and two thinnings, 12 years and three thinnings, 15 years and 4 thinnings, 19 years and 5 thinnings and 22 years and 6 thinnings. To establish the assortments for each age it was adjusted the taper function of Hradetzky and by integration of it we obtained a function that generated the volume up to a specified minimum diameter. The minimum diameters selected were: 3.0 cm for energy, 8.0 cm for pulpwood, 15.0 cm for sawmill and 25 cm for lamination. The diameters less than 3.0 cm were considered leftovers, unused. In addition to the minimum diameter, we needed to establish lengths of logs that were 1.0 m for energy, 2.30 m for pulpwood, 3.30 m for sawmill and 2.4 m for lamination. Up to 12 years more than 55% of the volume was for pulpwood. The volume for lamination occurred just from 15 years on. At 7 years and no one thinning, there was 12% of volume for sawmill, 64% for pulpwood and 23% for energy. At the age of 22 and 6 thinnings 51% of volume produced were designated for lamination, 41% for sawmills, 7% for pulpwood and 1% for energy.

Keywords: taper functions; volume; lamination; sawmill.

INTRODUÇÃO

No Brasil, os plantios dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* fornecem a maior parte dos produtos advindos de florestas, diminuindo a necessidade de se utilizar as florestas naturais. Estes plantios, geralmente estão vinculados a grandes empreendimentos, nos quais a robustez do negócio e a agregação

¹Engenheiro Florestal, PhD., Professor da Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothario Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, Pr. samachado@ufpr.br

²Engenheiro Florestal, Av. Pref. Lothario Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, Pr. Bolsista do CNPq. angelopachecos@gmail.com

³Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothario Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, Pr. Bolsista do CNPq. narazamin@hotmail.com

⁴Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothario Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, Pr. Bolsista do CNPq. luisnabravo@gmail.com

de renda são cada vez maiores, gerando a necessidade de otimização do uso dos recursos florestais e estudos dentro do conceito de múltiplos produtos da madeira. Quando bem manejadas e direcionadas para obter múltiplos produtos advindos da madeira, as florestas garantem a maximização dos lucros na medida em que são adotadas práticas de manejo com o objetivo de agregar valor à madeira.

Para propiciar diferentes usos ao tronco de uma árvore, é necessário conhecer sua forma, a qual determinará o método de processamento (ANGELO et al., 1997). Neste sentido, as funções de forma ou de afilamento são uma excelente opção para quantificação dos sortimentos dos povoamentos florestais, pois permitem quantificar o número de toras com bitola e comprimentos pré-definidos ou os múltiplos produtos da madeira. Normalmente, por meio da integração das funções de afilamento obtêm-se expressões que permitem calcular o volume desses múltiplos produtos da madeira e mesmo de toda a árvore (FISCHER et al., 2001).

Dentre as várias opções de funções, destacam-se os modelos polinomiais, que são de uso frequente no meio florestal, caracterizando-se por ajuste de regressão entre a relação de diâmetros (d_i/DAP) ou $(d_i/DAP)^2$ e de alturas (h_i/H)ⁿ ou $[(H-h_i)/H]^n$. Dentre esses polinômios, destacam-se o de quinto grau e o modelo espelhado na função parabólica de Kozak et al. (1969). Apesar do largo emprego, os modelos polinomiais com número fixo de potências não explicam, de maneira acurada, as deformações existentes na base do tronco das árvores. Uma solução para esse problema foi o relatado por Rosot (1989), que observou no trabalho de Hradetzki (1976) um minucioso estudo de potências que seriam mais apropriadas na descrição da forma da árvore, sugerindo o processo “stepwise” para a escolha dessas potências, cujos valores poderiam variar de 0,005 a 25. Um programa de computador apropriado indicaria quantas e quais potências seriam mais adequadas para cada caso.

Para que práticas de manejo em povoamentos florestais tenham fundamentos técnicos mais apropriados, é preciso que haja meios de simular a produção futura. Portanto, além de conhecer a forma da árvore para quantificação de múltiplos produtos, é necessário determinar ainda como a forma da árvore evolui com o tempo e como é influenciada por fatores como sítio, densidade, desbastes, tratamentos silviculturais, entre outros. Diversos estudos apontam que a conicidade das árvores diminui com a idade, propiciando usos de maior valor à madeira (FRIEDL, 1989; FIGUEIREDO FILHO, 1991; SCOLFORO e FIGUEIREDO FILHO, 1998). Por outro lado, alterações nas condições de crescimento, como desbastes, tendem a provocar um aumento no afilamento do fuste, deteriorando a forma (SCOLFORO e FIGUEIREDO FILHO, 1998).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo testar e selecionar funções de afilamento para expressar o perfil do tronco de árvores de *Pinus oocarpa* em diversas idades e regimes de manejo e com base na melhor função, estimar os volumes total e o comercial em diferentes anos, para determinar a evolução do sortimento ao longo do tempo e após sucessivos desbastes.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos em plantios de *Pinus oocarpa*, pertencentes à empresa Duraflora S.A., situada na região sudoeste do Estado de São Paulo, no Município de Agudos. Conforme Golfari et al. (1978), esta região apresenta, como características básicas, a periodicidade de chuvas, invernos secos com deficiência hídrica, precipitação anual entre 1100 e 1400 mm, geadas com pouca frequência, temperatura média entre 16 e 19° C, tipo de clima submontano ou subtropical moderado úmido, tipo de vegetação floresta ombrófila pluvial e campos submontanos, e altitude média de aproximadamente 900 metros.

Coleta de dados

Foram medidos os diâmetros e as respectivas alturas de 700 árvores distribuídas em diferentes classes de idade, sujeitas a diferentes números de desbastes. O número de desbastes e classes de idade, bem como os valores mínimos e máximos dos DAP's e das alturas foram organizados na Tabela 1. Foram, portanto, coletados dados de 7 classes de idades diferentes com 100 árvores cada.

Foram medidos os diâmetros com casca ao longo do fuste de todas as 700 árvores nas alturas de 0,1 m; 1,3 m; 2,0 m e daí a cada 2 m até um diâmetro mínimo de 3 cm, bem como as respectivas alturas totais. Foram então calculados os volumes totais com casca, de todas as 700 árvores, empregando para tal o método de Smalian. Os volumes das pontas, cujo diâmetro da base era 3 cm, foram calculados através de fórmula do volume do cone.

TABELA 1: Caracterização dos dados por classe de idade e número de desbastes.

TABLE 1: Characterization of data by age class and number of thinnings.

Idade	Desbastes	Dap (cm)			Altura (m)			Volume (m ³)		
		Mín.	Médio	máx.	Mín.	Médio	máx.	Mín.	Médio	máx.
7	0	6,3	14,7	24,1	7,9	13,7	17,8	0,021	0,129	0,425
8	1	7,1	14,4	23,1	10,5	16,3	18,8	0,029	0,132	0,310
10	2	9,2	17,2	26,2	13,2	16,9	20,9	0,046	0,217	0,494
12	3	7,1	15,8	25,4	10,5	16,3	20,5	0,023	0,180	0,473
15	4	18	24,3	32,1	19,3	23,8	28	0,226	0,527	0,986
19	5	20,5	30,2	42,2	23	26,4	28,9	0,398	0,933	1,962
22	6	25	33,4	43,5	24	26,4	29,6	0,567	1,170	2,124

Modelagem do afilamento do fuste

Para a estimativa dos diâmetros com casca ao longo do fuste, bem como dos volumes com casca totais e parciais de cada árvore, foram ajustados e testados o polinômio de 5º grau e o polinômio de potência fracionária de Hradetzky. O polinômio 5º grau foi ajustado no software MS Excel 2007, utilizando-se da ferramenta de regressão linear. O polinômio de 5º grau é descrito a seguir:

$$\frac{d_i}{DAP} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{H}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{H}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{H}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{H}\right)^5$$

Sendo: d_i = diâmetro comercial a ser estimado (cm); DAP = diâmetro a 1,3 m de altura (cm); β_i = parâmetros a serem estimados; h_i = altura comercial (m); H = altura total (m).

O polinômio de potência fracionária de Hradetzky foi ajustado no Software SAS, utilizando-se o método *Stepwise* na escolha das potências a serem utilizadas no modelo e ajuste dos parâmetros. O modelo de Hradetzky tem a seguinte forma:

$$\frac{d_i}{DAP} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H}\right)^{p1} + \beta_2 \left(\frac{h_i}{H}\right)^{p2} + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i}{H}\right)^{pn}$$

Sendo: p_i = potências do modelo de Hradetzky a serem escolhidas; d_i ; DAP ; β_i ; h_i ; H = já definidos anteriormente.

Para a estimativa dos volumes totais e parciais das árvores, aplicou-se o princípio dos sólidos de revolução, descrito a seguir:

$$S = \int y dx$$

Sendo: S = área (m²); y = diâmetro d_i comercial (cm); x = altura h_i comercial (m).

Então:

$$V = \int y dx \quad V = \int \pi y^2 dx$$

Portanto:

$$V = \frac{\pi}{40000} \int (d_i)^2 dh \quad (1)$$

Sendo: d_i = polinômio ajustado em função das alturas comerciais h_i , isolando-se d_i ; h = altura comercial (m)

Desta forma, calculou-se os volumes totais e parciais através da integral da melhor função de afilamento, conforme definido em (1).

Seleção da melhor função de afilamento

A acuracidade dos modelos foi verificada pelo Erro Padrão da Estimativa em percentagem ($S_{yx\%}$) e pelo Coeficiente de Determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), em função da variável analisada. Foi realizada ainda a análise gráfica dos resíduos de cada modelo em função da variável de interesse. Estas estatísticas foram utilizadas para verificar se os modelos apresentaram ajustes satisfatórios de uma maneira geral. Adicionalmente, foram calculadas as estatísticas utilizadas por Parresol, Hotvedt e Cao (1987),

Figueiredo Filho, Bordes e Hitch (1996), Assis (2002) e, mais recentemente, por Machado et al. (2010), conforme pode ser observado na Tabela 2.

TABELA 2: Estatísticas utilizadas para avaliação das estimativas dos diâmetros e volumes comerciais.
TABLE 2: Statistics used for evaluation of the estimative of commercial diameters and volumes.

Estatística	Diâmetros	Volumes
Desvio (D)	$(\sum Diff_i)/N$	$\sum(Diff_i)/N$
Desvio padrão das diferenças SD)	$[(\sum Diff_i - D)^2/(N - 1)]^{0,5}$	$[(\sum Diff_i - D)^2/(N - 1)]^{0,5}$
Soma do Quadrado do Desvio Relativo (SSRR)	$\sum(Diff_i/d_i)^2$	$\sum(Diff_i/V_i)^2$
Porcentagem do Resíduos (RP)	$\sum(Diff_i/d_i) \times 100/N$	$\sum(Diff_i/V_i) \times 100/N$

Onde: $Diff_i$ = diferença entre os dados observados e estimados; V_i = volume total ou comercial até o diâmetro i da árvore; d_i = diâmetro da árvore na posição i do fuste; N = número de árvores.

Ranqueando-se cada estatística com valores de 1 para o menor valor (mais acurado) e 2 para o maior valor (menos acurado), nas duas funções utilizadas. Depois sumarizando-se tais valores, obteve-se um valor total para cada função que resume seu desempenho na comparação entre as funções selecionadas. Para Assis (2002), tais estatísticas permitem uma análise mais detalhada do desempenho das estimativas ao longo de todo fuste, uma vez que podem ser calculadas para cada altura onde foram medidos os diâmetros por ocasião da cubagem. Sendo assim avaliou-se neste trabalho os diâmetros estimados pelas funções de afilamento em cada altura de medição e os volumes correspondentes a essas mesmas posições.

Sortimento

Com o melhor modelo, estimou-se os diâmetros e volumes comerciais de acordo com os comprimentos de tora e diâmetros mínimos definidos para cada uso, conforme pode ser visto na Tabela 3.

TABELA 3: Diâmetro mínimo e comprimento de toras por sortimento.
TABLE 3: Minimum diameter and length of logs by assortment.

Sortimento	Diâmetro mínimo com casca (cm)	Comprimento de tora (m)
Laminação	25	2,4
Serraria	15	3,3
Celulose	8	2,3
Energia	3	1

Para que o sortimento ficasse mais próximo do praticado no mercado, foi preciso estabelecer o diâmetro mínimo para cada tipo de uso e o comprimento padrão das toras. Após pesquisa na literatura, foi selecionado o cenário apresentado na Tabela 3 e o sortimento foi feito por árvore, estabelecendo-se então a porcentagem do fuste que poderia ser destinado a cada tipo de uso, considerando o diâmetro mínimo e o comprimento de tora desejado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas de ajuste dos modelos de afilamento para a estimativa dos diâmetros e volumes ao longo do fuste foram satisfatórias, com R^2_{aj} elevados e sempre superiores a 0,91 e $Syx\%$ baixos, variando de 5 a 26%. Adicionalmente, verificou-se, a partir dos gráficos de resíduos, que os modelos ajustados não apresentaram tendências elevadas de super ou subestimativa dos diâmetros e volumes ao longo do fuste, sendo, contudo, menos precisos com o aumento da altura do fuste.

Desta forma, conforme apresentaram as estatísticas de ajuste e precisão dos modelos, ambas as funções de afilamento testadas, polinômio de 5º grau e Hradetzky, são satisfatórias para estimar diâmetros e volumes ao longo do fuste de árvores de *Pinus oocarpa* com idade variando de 7 a 22 anos.

No entanto, a fim de determinar a precisão dos modelos nas estimativas do diâmetro e volume ao longo do perfil da árvore para todas as idades avaliadas e escolher o melhor modelo com maior segurança, fez uma análise mais detalhada, conforme apresentam as Tabelas 4 e 5.

A Tabela 4 apresenta as estatísticas dos modelos ajustados para estimar o diâmetro ao longo do fuste aos 7 anos de idade. A partir dessas estatísticas foram atribuídas notas aos modelos testados de modo a determinar qual o mais adequado para ser posteriormente utilizado na estimativa do sortimento. Pode-se observar que ambos os modelos testados apresentam estimativas semelhantes nas primeiras seções do fuste, contudo o modelo de Hradetzky se sobressai por possuir melhores estimativas a medida que a altura do fuste é maior, tendência esta, observada para todas as outras idades avaliadas, quais sejam

8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos. Além disso, observou-se que com o aumento da idade o modelo de Hradetzky melhora suas estimativas em comparação ao polinômio de 5º grau.

TABELA 4: Estatísticas das funções ajustadas para estimativa dos diâmetros ao longo do fuste das árvores de *Pinus oocarpa* de 7 anos de idade.

TABLE 4: Statistics of the adjusted functions for estimating of diameters along the stem of *Pinus oocarpa* trees at age of 7 years.

Função	EST.	Alturas de Medição (m)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
Hradetzky (1976)	D	0,25288	0,15412	0,05434	0,10700	0,06888	0,04304	0,21407	0,14217
	SD	2,51617	1,53351	0,54073	1,05923	0,66786	0,39917	1,33688	0,31790
	SSRR	0,28207	0,66380	0,92248	1,28510	1,68337	2,69768	1,48741	0,28378
	RP	0,00080	0,84742	0,37141	0,86506	1,22390	1,97087	2,44588	0,64549
Polinômio de 5 grau	D	0,16155	0,10683	0,12656	0,27533	0,08445	0,12007	0,41476	0,74190
	SD	1,60740	1,06291	1,25922	2,72565	0,81876	1,11346	2,59019	1,65893
	SSRR	0,95441	0,18554	0,51375	0,74415	0,79877	1,05896	1,02166	0,72351
	RP	0,56013	1,06946	0,43685	3,08930	0,89063	1,45239	8,61549	19,63719
Notas									
Hradetzky (1976)		6	7	5	5	6	6	5	4
Polinômio de 5 grau		6	5	7	7	6	6	7	8

Onde: D = Desvio; SD = Desvio Padrão das Diferenças; SSRR = Soma dos Quadrados do Resíduo Relativo e; RP= Resíduo Percentual.

A Figura 1 apresenta a linha estimativa do modelo de Hradetzky em relação aos dados reais das 100 árvores amostradas para cada idade avaliada.

Nela pode-se observar a estimativa acurada dos diâmetros ao longo do fuste para todas as idades, com a linha estimativa passando entre a nuvem de pontos sem mostrar tendenciocidades. Nas idades de 19 e 22 anos há uma maior dispersão dos diâmetros reais nas maiores alturas da árvore, contudo o modelo não apresentou desvio de sua tendência, mantendo-se na linha média dos diâmetros.

Scolforo et al. (1998), ao avaliar a acuracidade das funções de afilamento na estimativa dos diâmetros ao longo do fuste, para diversas classes diamétricas de *Pinus elliottii* observaram que o polinômio de 5º grau e o modelo de Hradetzky apresentam estimativas acuradas do diâmetro, principalmente na base da árvore, até a posição relativa correspondente a 5% da altura.

Na Tabelas 5 é possível avaliar as estatísticas calculadas para estimativa do volume nas respectivas alturas de medição aos 7 anos de idade. O *ranking* realizado para seleção do melhor modelo, assim como a estimativa do diâmetro também indica do modelo de Hradetzky como o mais adequado, ocorrendo o mesmo em todas as demais idades avaliadas.

TABELA 5: Estatísticas das funções ajustadas para estimativa dos volumes ao longo do fuste das árvores de *Pinus oocarpa* de 7 anos de idade.

TABLE 5: Statistics of the adjusted functions for estimating volumes along the stem of *Pinus oocarpa* trees at age of 7 years.

Modelo	EST.	Alturas de Medição (m)							
		2	4	6	8	10	12	14	Ht
Hradetzky	D	0,02167	-0,00027	-0,00019	-0,00006	0,00013	-0,000195	-0,000432	-0,000396
	SD	0,21567	0,002693	0,00194	0,00064	0,00126	0,001810	0,002701	0,000884
	SSRR	42,4798	0,933887	2,19817	3,36524	3,54438	6,056962	5,020742	2,473494
	RP	65,1588	-1,11456	-2,33302	-2,50494	0,01588	-5,366846	-17,50127	-26,03406
Polinômio de 5 grau	D	-0,0001	0,001280	-0,00028	-0,00045	0,00029	-0,000370	-0,001145	-0,001310
	SD	0,00163	0,012740	0,00279	0,00449	0,00287	0,003435	0,007149	0,002930
	SSRR	0,36668	0,996549	2,41706	3,58912	4,29683	11,47250	17,88633	9,730366
	RP	0,36611	4,270750	-3,40406	-4,58048	1,13132	-16,38205	-52,59928	-90,54373
Notas									
Hradetzky		8	4	4	4	4	4	4	4
Polinômio de 5 grau		4	8	8	8	8	8	8	8

Onde: D = Desvio, SD= Desvio Padrão das Diferenças, SSRR= Soma dos Quadrados do Resíduo Relativo e RP= Resíduo Percentual.

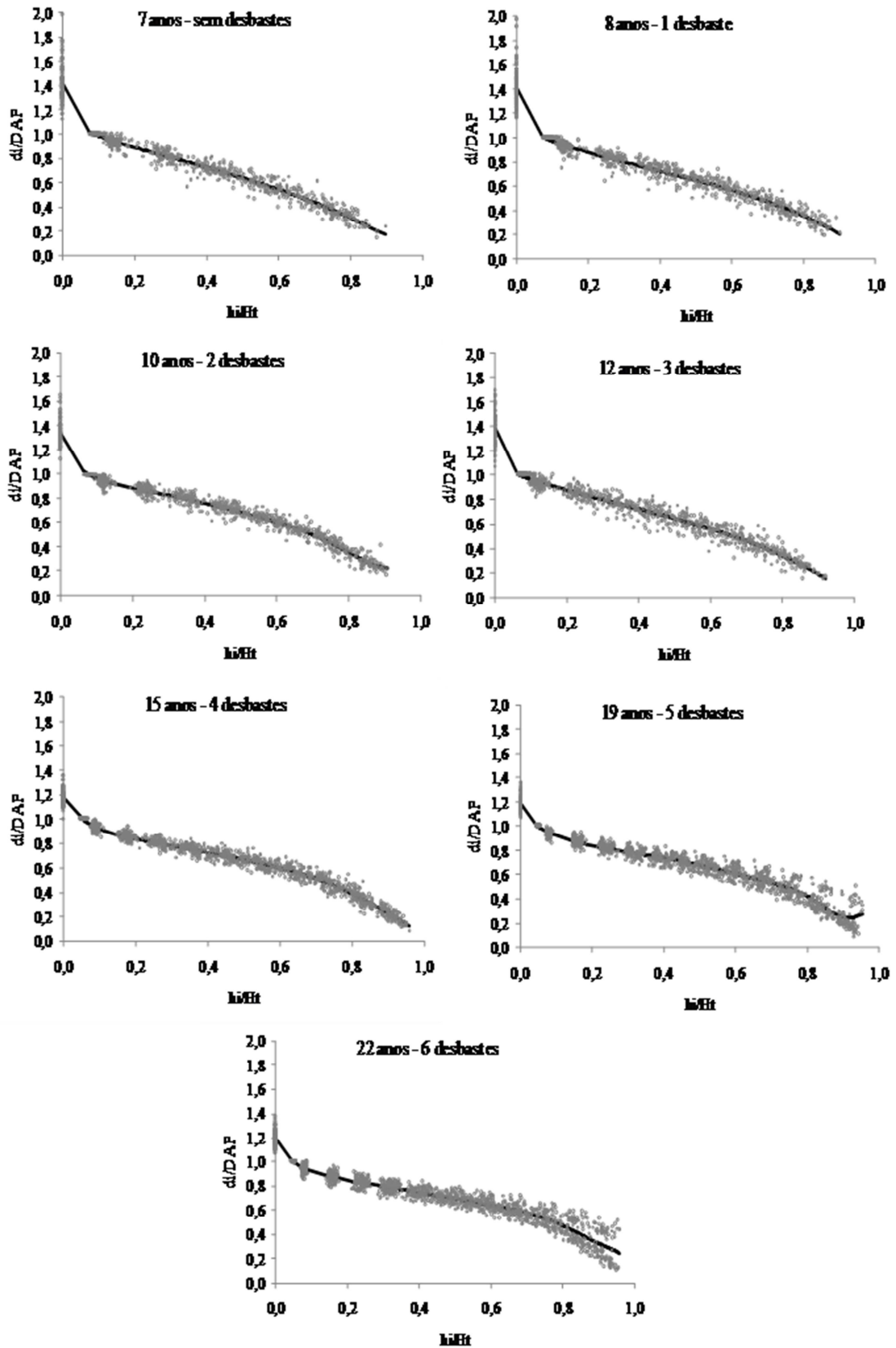


FIGURA 1: Perfil de tronco estimado pela função de Hradetzky, traçado sobre a nuvem de pontos observados para as diferentes idades testadas.

FIGURE 1: Stem profile estimated by Hradetzky function, on the observed points for different tested ages.

A Figura 2 apresenta o comparativo dos volumes médios reais nas idades avaliadas com suas estimativas pelos modelos testados. Nesta figura pode-se observar que o comportamento dos dois

modelos seguiu a tendência do comportamento real do volume ao longo do fuste. Além disso, verificou-se que a diferença entre as linhas de tendência dos modelos de Hradetzky e polinomial de 5º grau foi pequena na maioria das idades, tornando a avaliação estatística apresentada na Tabela 5 fundamental para a identificação do modelo mais adequado para estimativa da evolução do sortimento.

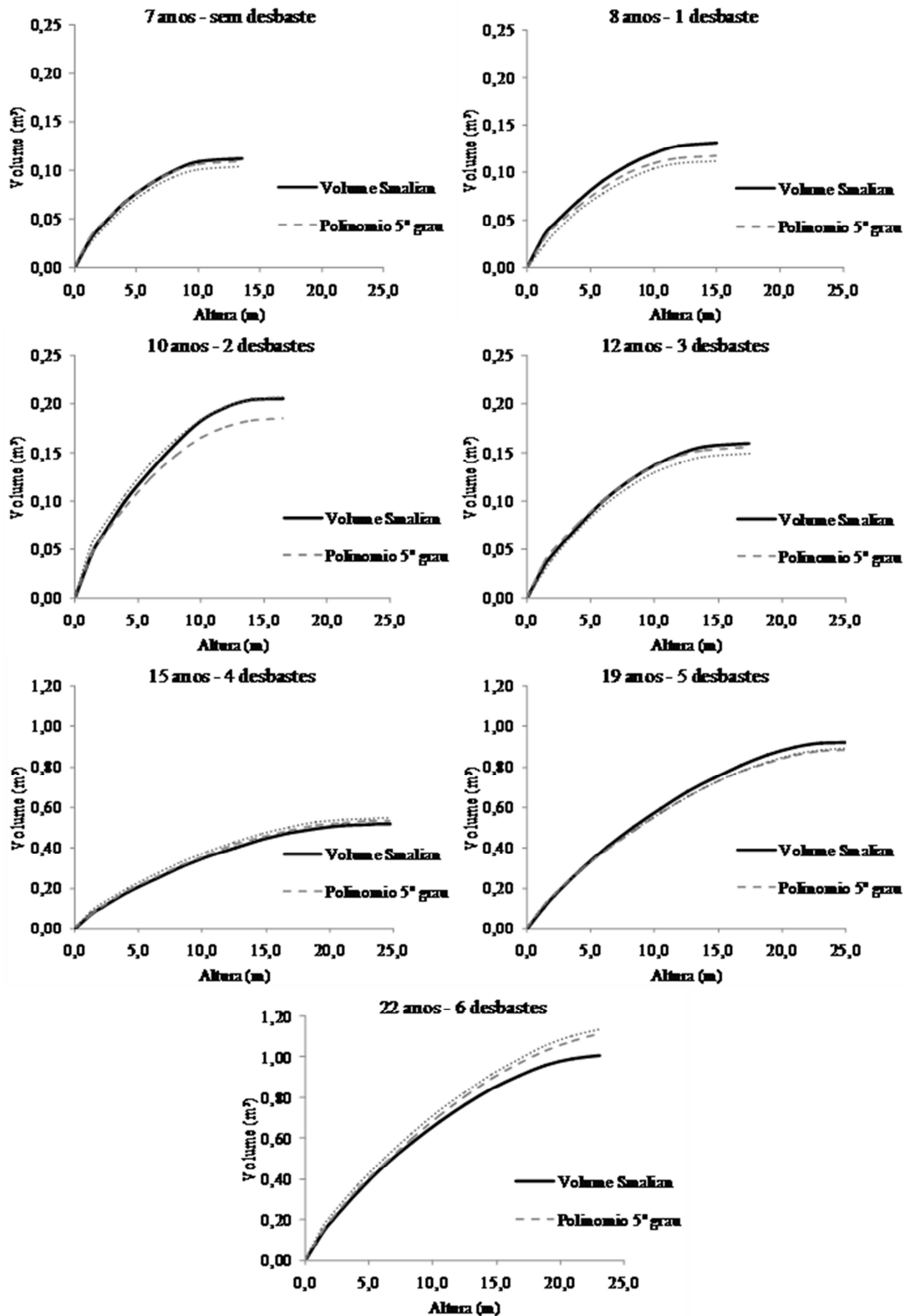


FIGURA 2: Volume médio observado e respectiva estimativa pelas funções testadas em cada idade avaliada.

FIGURE 2: Observed average volume and respective estimate by the tested functions at each evaluated age.

O modelo de Hradetzky foi utilizado para fazer o sortimento das 100 árvores amostra em cada ano, usando os diâmetros limites e tamanhos de toras indicados na Tabela 3. Considerou-se interessante mostrar o sortimento também para a árvore média em cada ano. Para determinar a árvore média em cada ano, foi feita uma média dos diâmetros em cada idade. Depois foi ajustada uma função hipsométrica que estimou a altura em função da idade e do diâmetro de cada árvore e com essa função estimou-se as alturas das árvores médias em cada ano.

Com o diâmetro e a altura estimada da árvore média, fez-se o sortimento que é mostrado em termos percentuais na Figura 3, juntamente com a média dos sortimentos em porcentagem, calculados para cada uma das 100 árvores nas diferentes idades.

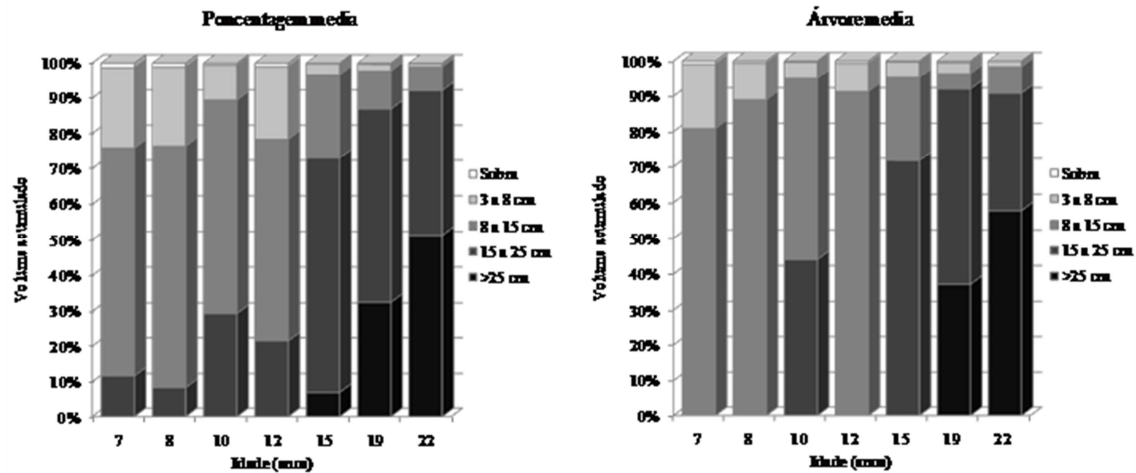


FIGURA 3: Média dos sortimentos em porcentagem das 100 árvores amostradas e sortimento em porcentagem da árvore média, em cada ano.

FIGURE 3: Average of assortments in percentage of the 100 sample trees and assortment in percentage of the average tree, at each year.

A média dos sortimentos das 100 árvores em cada ano revelou que toras com diâmetro na ponta fina de 25 cm e que podem ser destinadas à laminação, aparecem dos 15 anos de idade em diante, chegando a representar 50% da árvore aos 22 anos. Dossa et al. (2001) simulou que, para a densidade inicial mais comum e após 2 desbastes, aos 21 anos o Pinus apresenta um volume para laminação que pode chegar a 80% do total produzido. Mesmo considerando um sítio superior esse percentual aos 21 anos é, na prática, difícil de ser observado. Já quando se considerou apenas o sortimento da árvore média, ano a ano, as toras com diâmetro igual ou maior a 25 cm aparecem um ano mais tarde, dos 19 anos em diante. De forma geral até os 12 anos predominou o sortimento para celulose (8 a 15 cm na ponta fina).

Foi considerada como sobra uma porção final na ponta das árvores, cujo diâmetro ficou abaixo de 3 cm ou não tinha comprimento mínimo de 1 m para ser considerada no sortimento energia (3 a 8 cm na ponta fina). Essa porção gerou um volume que variou de 1,3% do total produzido aos 7 até 0,1% aos 22 anos, quando se considerou a média dos sortimentos de todas as árvores, ano a ano. Já quando se utilizou a árvore média, a porcentagem de sobra variou de 0,9% do volume total da árvore aos 7 anos até 0,01% aos 22 anos. O toco não foi considerado.

Os sortimentos apresentaram um padrão de comportamento bem definido apenas dos 15 anos em diante, quando surgiu o sortimento laminação e que aumentou com a idade, ao mesmo tempo em que as porções dos demais sortimentos diminuíram. Antes dos 15 anos, os sortimentos oscilaram de forma irregular, não sendo possível estabelecer um padrão. Como os dados de cada idade foram coletados em locais diferentes, a oscilação da produção pode ser reflexo das diferenças entre os sítios, como já foi constatado por Gomes et al. (1997). Isso pode ser observado na Figura 2 onde o volume aos 10 anos é maior que o volume aos 12 anos por exemplo. A Tabela 1 já havia deixado evidente que os sítios dos 10 e 12 anos são diferentes já que aos 10 anos o diâmetro e as alturas médias são maiores que os dos 12, que tem um desbaste a mais. Se no desbaste aos 12 anos foram retiradas as árvores mais finas, esperava-se um aumento do diâmetro médio nesse ano, o que não ocorreu. Na Figura 3, o sortimento da árvore média aos 10 anos mostra que há mais diâmetros maiores que na idade de 12 anos, já que a média dos diâmetros aos 10 anos gerou uma árvore com volume de toras para serraria, enquanto que a média dos diâmetros aos 12 anos gerou uma árvore média mais fina, que não apresentou volume para serraria.

É interessante ressaltar que a árvore média em cada ano, por se tratar de uma média dos diâmetros, retirou a possibilidade de representação dos diâmetros maiores que podem ocorrer nesse ano. Isso fica evidente quando se observa na Figura 3 que a porcentagem média dos sortimentos aponta para os

7 e 8 anos a presença de volume de toras com diâmetro mínimo de 15 a 25 cm, que podem ser destinadas a serraria, enquanto que no sortimento da árvore média, não há madeira para serraria nesses dois anos.

Moreira-Wachtel (2001) estudou o sortimento de *Pinus taeda* e *P. elliottii* aos 5, 10 e 13 anos de idade e em várias combinações de densidade inicial e intensidade de desbaste e observou que aos 5 anos o volume provindo de toras com bitola de 8 a 14 cm, portanto para celulose, variou de 83 a 95% e não houve volume para serraria ou laminação. Aos 10 anos o volume que poderia ser destinado a serraria, variou de 20 a 43% da árvore, dependendo da densidade inicial e do número de desbastes efetuado. Comparando os resultados observados com os de Moreira-Wachtel (2001) constatou-se que apenas aos 10 anos, os sortimentos produzidos pelo *Pinus oocarpa* foram semelhantes aos produzidos pelas outras espécies. Gomes et al.(1997) observaram que, para *Pinus taeda*, o volume para serraria surgiu a partir dos 7 anos nos sítios bons, o que também ocorreu para o *Pinus oocarpa*, para a média dos sortimentos percentuais em cada idade. Isso indica que ao representar o sortimento através da árvore média corre-se o risco de não obter-se os percentuais de sortimento mais adequados.

CONCLUSÕES

- O polinômio de Hradetzky foi superior ao polinômio do quinto grau para representar o afilamento dos fustes de árvores de *Pinus oocarpa*;
- Em média, as árvores de *Pinus oocarpa* apresentaram volume para laminação após 15 anos de idade e 4 desbastes;
- A média dos sortimentos das árvores amostra foi mais representativa que o sortimento da árvore média para estabelecer a evolução periódica do sortimento;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELO, H. et al. Análise de componentes principais e função spline para definir a forma do tronco de *Pinus* tropicais, **Floresta**, v.25, n.1/2, p.55-67, 1997.
- ASSIS, A.L. et al. Avaliação de modelos polinomiais não segmentados na estimativa de diâmetros e Volumes comerciais de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, v.12, n.1, p.89-107, 2002.
- DOSSA, D.; SILVA, H. D. da; BELLOTE, A. F. J. do; RODIGHIERI, H. R. **Produção e Rentabilidade de Pinus em Empresas Florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, Dez. 2002, 6p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 82).
- FIGUEIREDO FILHO, A. **Influência da Resinagem no Crescimento de *Pinus elliottii* Engelm. var. elliottii e sua Avaliação Econômica**. 1991, 138p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B.E.; HITCH, K.L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 83, p.36-46, 1996.
- FISCHER, F. et al. Exatidão dos modelos polinomiais não segmentados e das razões entre volumes para representar o perfil do tronco de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, v.11, n.1, p.167-188, 2001.
- FRIEDL, R.A. **Dinâmica da forma dos fustes em povoamentos plantados de *Araucaria angustifolia* (Bert) Ktze**. 1989, 166p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66p.
- GOMES, F. S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C. R. Avaliação da produção em volume total e sortimentos de povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 101-126, 1997.
- HRADETZKY, J. **Analysis und interpretation statistischer abränger keiten (Biometrische Beiträge zu aktuellen forschung projekten)**. Baden–Württemberg Mitteilungen der FVA, Helf 76, 1976. 146p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).
- KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in Forest inventory. **Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.
- MACHADO, S. do A.; SILVA, L. C. R. da. FIGURA, S. J.; NASCIMENTO, R. G. M. Comparison of methods for estimating heights from complete stem analysis data for *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, v.20, n. 1, p.45 - 56, 2010.

MOREIRA-WACHTEL, S. **Produção de madeira com melhor valor comercial agregado em plantações de *Pinus taeda* no sul do Brasil.** Eschborn: GTZ, 2001, 54p

PARRESOL, B. R.; HOTVEDT, J. E.; CAO, Q. V. A Volume and Taper Prediction system for bald cypress. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.17, p.250-259, 1987.

ROSOT, M.A.D. **Estudo comparativo de métodos para avaliação volumétrica para unidade de área em povoamentos de *Pinus taeda* L.** 1989. 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SCOLFORO, J.R.S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310p.

CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus* E *Acacia* EM DIFERENTES ARRANJOS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA¹

INITIAL GROWTH OF *Eucalyptus* AND *Acacia* IN DIFFERENT ARRANGEMENTS IN CROP-LIVESTOCK-FOREST INTEGRATION SYSTEMS

Dalvânia Gomes Barroso²; Fabiana Lopes Ramos de Oliveira³; Antônio dos Santos Júnior⁴; Gustavo Amaral Costa⁴; Christian Dias Cabacinha⁵; Leonardo David Tuffi Santos⁵

RESUMO

A utilização de plantios florestais mistos como forma de recuperação de pastagens em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta ainda é incipiente, porém o uso de leguminosas arbóreas juntamente com espécies tradicionalmente cultivadas com o eucalipto podem trazer benefícios para o agroecossistema e contribuir para a sustentabilidade da atividade pecuária. Objetivou-se avaliar o crescimento inicial de plantas de eucalipto clonal, híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e acácia (*Acacia mangium*) quando cultivadas em consórcio com forrageiras. O ensaio foi disposto num delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e dois arranjos de espécies arbóreas na linha de plantio (eucalipto+acácia em plantio alternado e eucalipto em plantio puro), no espaçamento 10 x 2 m. Nessas parcelas cultivou-se sorgo consorciado com forrageiras durante seu estabelecimento. Na mesma área mantiveram-se monocultivos de eucalipto e acácia plantados no espaçamento 3 x 2 m, os quais serviram de comparação. A altura do eucalipto cultivado com acácia alternado na linha de plantio foi menor do que o cultivado sozinho na linha de plantio, avaliado aos 18 meses de idade. Não houve diferença no DAP entre os sistemas consorciados. As árvores de acácia tiveram menor altura, DAP e volume de madeira por hectare do que as de eucalipto, e maiores em relação ao monocultivo exclusivo de acácia. O incremento médio anual em volume (IMA) obtido no monocultivo de eucalipto (8,89 m³/ha/ano) foi maior do que o IMA dos arranjos da ILPF, com e sem associação com acácia. Nos arranjos estudados com ILPF a densidade de árvores é de apenas 30% da utilizada nos monocultivos de acácia e eucalipto. Na medida em que as árvores vão crescendo espera-se maior produtividade na ILPF uma vez que a competição intraespecífica é menor nesses sistemas quando comparado aos monocultivos. O volume/árvore é maior na ILPF, mais o volume por hectare é superior no monocultivo devido a densidade de árvores.

Palavras-chave: *Acacia mangium*; consórcio; ILPF; recuperação pastagem.

ABSTRACT

The use of mixed forest plantations as a means of recovery of pastures in crop-livestock-forest integration systems is still incipient, but the use of leguminous trees along with species traditionally grown in association with the eucalyptus can bring benefits to the agroecosystem and also contribute to the sustainability of farming activities. The objective of this work was to evaluate the initial growth of clonal *Eucalyptus*, a hybrid of *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* and *Acacia* (*Acacia Mangium*) when grown in partnership with forage grasses. The test was arranged in a randomized block design with four replications and two arrangements of tree species in the rows (eucalyptus+ acacia in alternate planting and eucalyptus in pure plantation), spaced at 10 X 2 m. In these plots, sorghum was cultivated together with grasses during its establishment. In the same area, monocultures of eucalyptus and acacia trees were kept, planted at the spacing of 3 x 2 m, which served as a comparison. The height of eucalyptus planted alternately with acacia in the rows of planting was less than those grown purely in the row, assessed at 18 months of age. There was no difference of DBH between the intercropping systems. The *Acacia* trees had lower height, DBH and volume of wood per hectare than the eucalyptus trees, and greater height, DBH and volume of wood compared to the monoculture of acacia. The average annual increment in volume obtained in monoculture eucalyptus (8.89 m³ / ha / year) was higher than the arrangements of integrated crop-livestock-forest system, with and without association with *Acacia*. In arrangements with integrated

¹ Parte da Dissertação de mestrado do segundo autor (Bolsista do CNPq).

² Graduanda do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, CEP: 39400-001, Montes Claros, MG. dalvaniagomes18@hotmail.com

³ Doutoranda do curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, CEP: 39570-000, Viçosa, MG. fabianalro@gmail.com

⁴ Graduando do curso de Agronomia da Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, CEP: 39400-001, Montes Claros, MG.

⁵ Professor Adjunto do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, CEP: 39400-001, Montes Claros, MG.

of crop-livestock-forest studied, the density of trees is only 30% of that used in monocultures of Acacia and eucalyptus. As the trees grow higher, greater productivity is expected in crop-livestock-forest integration systems since the intraspecific competition is lower in these systems compared to monocultures. The volume / tree in crop-livestock-forest system is greater, but the volume per hectare is higher in the monoculture because the density of trees.

Keywords: *Acacia mangium*; intercropping; crop-livestock-forest integration system; pasture recovery.

INTRODUÇÃO

Alternativas para o restabelecimento da capacidade produtiva das plantas forrageiras em pastagens degradadas é fundamental para a intensificação da atividade pecuária no Brasil. A consorciação de espécies pelos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) com plantio direto, desponta como opção viável na recuperação e renovação de áreas degradadas (SANTOS et al., 2008).

Atualmente as espécies florestais mais plantadas no Brasil pertencem ao gênero *Eucalyptus* que apresenta grande adaptação em condições tropicais, rápido crescimento e produção de madeira para usos múltiplos (OLIVEIRA NETO e PAIVA, 2010). O consórcio de leguminosas arbóreas com eucalipto tem sido utilizado na ILPF como alternativa aos plantios em monocultivo.

A utilização de plantios florestais mistos como forma de recuperação de pastagens ainda é incipiente, porém o uso de leguminosa arbórea juntamente com espécies tradicionalmente utilizadas com o eucalipto torna a utilização do solo mais eficiente, tanto física como quimicamente, em função das diferenças no sistema radicular e na exigência nutricional das espécies envolvidas (KLEINPAUL et al., 2010). A fixação biológica de nitrogênio atribuída às leguminosas aumenta a disponibilidade desse nutriente ao ecossistema pastagens, acelerando a decomposição e a mineralização dos nutrientes da serapilheira pela microbiota do solo, contribuindo para manutenção da fertilidade do solo (FORRESTER et al., 2006) e para longevidade da pastagem. Adicionalmente, o eucalipto também pode ser favorecido com aporte de nitrogênio ao ecossistema cultivado com leguminosas arbóreas.

Com a consorciação de espécies arbóreas e pastagens, muitos produtores tem tido a possibilidade de não só recuperar suas pastagens, mas, sobretudo, utilizar de forma mais sustentável os recursos naturais, além de reunir vantagens econômicas e ambientais em suas atividades. Deste modo se torna importante conhecer o comportamento e o potencial produtivo dessas árvores para o estabelecimento de arranjos silviculturais.

O presente trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar o crescimento inicial de plantas de eucalipto clonal, híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e acácia (*Acacia mangium*) quando cultivadas em consórcio com sorgo e forrageiras em diferentes arranjos.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) estabelecido em janeiro de 2009, no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado no município de Montes Claros, nas coordenadas 16°40'3.17" de latitude sul, 43°50'40.97" de longitude oeste, a 598 metros de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima é o Aw - Tropical de Savana, caracterizado por temperaturas anuais elevadas e regime de chuvas marcado por duas estações bem definidas, com verão chuvoso e inverno seco.

O ensaio foi disposto num delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e dois arranjos de espécies arbóreas na linha de plantio de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) e, ou, eucalipto + acácia (*Acacia mangium*), no espaçamento 10 x 2 m. Nessas parcelas cultivou-se sorgo consorciado com forrageiras durante seu estabelecimento. A título de comparação foram mantidas parcelas homogêneas de eucalipto ou acácia, cultivadas em espaçamento 3x2, com tratamentos culturais semelhantes aos adotados para as árvores nos arranjos da ILPF.

As unidades experimentais no consórcio (ILPF) possuíam dimensões de 20 m de largura por 10 m de comprimento, perfazendo a área de 200 m², constituída de três fileiras de eucalipto e, ou, acácia + eucalipto, espaçadas a cada 10 m, intercalados com sorgo, espécies de gramíneas forrageiras perenes e, ou, leguminosa herbácea, sendo o espaçamento na fileira de 2 m entre árvores. Já no cultivo exclusivo do eucalipto e da acácia o espaçamento foi de 3 m entre fileiras e 2 m entre árvores nas fileiras.

O plantio das mudas de eucalipto e acácia foi realizado em dezembro de 2008, com espaçamento de 2 m entre plantas, em covas redondas de 40 cm de diâmetro adubadas com 100 g de super fosfato simples. Após 15 dias do plantio das árvores, foi realizada adubação, utilizando 18 g/cova de boro e 100 g/cova da fórmula 4-30-10 (NPK). Aos 90 e 150 dias após o transplantio (DAT) das mudas de eucalipto e acácia foi realizada uma adubação de cobertura com 150 g/planta de KCl, e aos 270 DAT com 100g/planta da fórmula 10-30-10 (N-P-K), como adubação de reforço. A linha de cultivo das árvores foi mantida no limpo, em faixa de 2 metros, através de capinas com herbicida glyphosate em aplicações dirigidas.

Para a avaliação de crescimento, realizou-se a mensuração da altura e diâmetro de eucalipto e acácia, aos 18 meses após a transplantação das mudas, utilizando régua de madeira e fita métrica, respectivamente. Estimou-se também o volume aos 18 meses a partir da fórmula:

$$V = [(\pi \times \text{DAP}^2)/40.000] \times \text{HT} \times 0,5$$

Onde: V = Volume total (m³ ha⁻¹); DAP = Diâmetro altura do peito (cm); HT = Altura total(m) e 0,5 = Fator de correção de fórmula.

A partir dos dados de produção de madeira foi determinado o índice de incremento médio anual de madeira do eucalipto e acácia, a partir da seguinte fórmula:

$$\text{IMA} = V/T$$

Onde: IMA = Incremento médio anual (m³/ha/ano); V = Volume (m³/ha); T = Tempo em anos.

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento e a produtividade das árvores na ILPF não foi influenciada (P>0,05) pelo consórcio com as forrageiras e o estilosantes, bem como pela interação desses fatores. O plantio das duas espécies arbóreas alternadas na linha de plantio interferiu no crescimento do eucalipto, avaliado aos 18 meses de idade. A altura, o volume por árvore e por hectare e o incremento médio anual do eucalipto foi menor quando de seu cultivo alternado na linha com acácia, em comparação ao seu cultivado sozinho nas fileiras de árvores na Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Já o diâmetro a altura do peito (DAP) de árvores de eucalipto cultivadas na ILPF não diferiu entre os arranjos da ILPF, sendo apenas observado que foi maior do que no monocultivo dessa espécie, quando cultivada no espaçamento 3 x 2 m. Assim como as árvores de acácia que apresentaram também menor altura e DAP no monocultivo, quando comparado ao seu cultivo misto na ILPF (Tabela 1).

TABELA 1: Valores médios de altura (m), diâmetro à altura do peito (DAP em cm), Incremento médio anual (m³) e volume por hectare (m³ ha⁻¹) de árvores de eucalipto quando consorciadas ou não com *Acacia Mangium* Willd. em sistemas ILPF e em monocultivo de eucalipto aos 18 meses após plantio.

TABLE1: Meanheight(m), diameter at breast height(DBH in cm), mean annualincrement(m3) and volume perhectare (m3 ha-1) of eucalipto trees, when associated or notwith *Acaciamangium*Willd.ILPFsystemsand monocultureeucalipto to 18months afterplanting.

Arranjo arbóreo (espaçamento)	Altura* (m)	DAP (cm)	Volume* (m ³ /árvore)	Volume* (m ³ /ha)	IMA* (m ³ /ha/ano)	Nº árvores/ha
Eucalipto (E+A) ¹ ILPF (10 x 2)	7,42b	7,05a	0,0166b	8,41b	5,61b	250
Eucalipto ILPF (10 x 2)	7,64a	7,27a	0,0179a	9,32a	6,21a	500
Acácia ILPF (10 x 2)	4,65	5,76	0,0070	3,87	2,58	250
Eucalipto em Monocultivo (3 x 2)	5,49	5,55	0,0085	13,34	8,89	1.666
Acácia em Monocultivo (3 x 2)	3,08	3,40	0,0024	3,02	2,01	1.666
CV (%)	14,3	13,2	22,7	24,4	23,2	-

¹(E + A) Eucalipto + acácia alternados na fileira de plantio em arranjos na integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). *Significativo a 0,05 de probabilidade pelo Teste F.

Em plantios mais adensados ocorre maior produção por unidade de área (OLIVEIRA NETO et al., 2003), porém a semelhança dos valores de volume de madeira por árvore de eucalipto consorciado com acácia na ILPF em relação ao eucalipto sozinho na linha de plantio, possivelmente se deve à ausência de competição das forrageiras e do sorgo pelos fatores de produção disponíveis no local, além da baixa competição intraespecífica (SANTOS, 2009).

Os plantios mais adensados de eucalipto estimulam o crescimento em altura (OLIVEIRA et al., 2009) diferente do ocorrido no ensaio. Laclau et al. (2008) afirma que em plantios mistos de *E. grandis* W. Hill ex Maid em diferentes proporções de mistura com árvores de acácia, a altura do eucalipto é 20% menor em relação ao monocultivo exclusivo, diferentemente observado no presente estudo (Tabela 1), provavelmente pelo fato da acácia ter um crescimento inicial mais lento do que o eucalipto. Porém a acácia favorece o eucalipto através da fixação biológica de nitrogênio, diminuindo a relação C/N da

serapilheira e aumentando a taxa de ciclagem dos nutrientes presentes nesse material (VEZZANI,1997).

O eucalipto na ILPF quando confrontado com o monocultivo apresentou maiores valores de altura e DAP, o que se deve a menor competição entre plantas, resultado da menor densidade de plantas em relação ao monocultivo de eucalipto. A diferença entre o volume de madeira por hectare do monocultivo em relação aos sistemas consorciados são reflexos do reduzido número de árvores de eucalipto por hectare nesses arranjos.

Em plantios mais adensados ocorre maior produção por unidade de área (OLIVEIRA NETO et al., 2003), porém a semelhança dos valores de volume de madeira por árvore de eucalipto consorciado com acácia na ILPF em relação ao eucalipto sozinho na linha de plantio, possivelmente se deve à ausência de competição das forrageiras e do sorgo pelos fatores de produção disponíveis no local decorrente dos tratos culturais realizados (SANTOS, 2009).

Nos arranjos estudados com ILPF a densidade de árvores é de apenas 30% da utilizada nos monocultivos de acácia e eucalipto, porém é provável que com o crescimento das árvores, maior IMA/árvore seja observado na ILPF uma vez que a competição intraespecífica é menor nesses sistemas quando comparado aos monocultivos. Fato que pode também estar ligado ao aproveitamento de nutrientes da entrelinha das árvores onde foi cultivado o sorgo e as forrageiras perenes, que teve um manejo de adubação adequado para o crescimento das culturas.

Embora seja mais influenciada pela densidade de plantas do que pelo arranjo estrutural (KRUSCHEWSKY et al. 2007), os maiores valores de DAP obtidos na ILPF agregam valor à madeira produzida, com potencial uso para serraria, postes e construção civil (OLIVEIRA NETO et al., 2010), além das vantagens de maior conforto térmico aos animais em pastejo e diversidade de produção, em relação ao monocultivo.

A produtividade total por hectare do sistema consorciado com eucalipto e acácia foi maior devido à proporção que a acácia representa no somatório geral do volume de madeira. Além da perspectiva ambiental do uso de leguminosa arbórea, que contribui para a melhoria da produção do sistema e com a redução dos custos de fertilizantes químicos, quando em comparação com os monocultivos, submetidos à adubação com nitrogênio mineral.

CONCLUSÕES

O crescimento em altura de eucalipto é influenciado pelo consórcio com *Acacia mangium* Willd. nos arranjos estudados na Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), porém o diâmetro na altura do peito não foi influenciado pelos arranjos.

A produtividade por hectare de madeira no arranjo de eucalipto e acácia na mesma linha da ILPF pode ser menor do que em cultivo sozinho na linha, porém quando ocorre a soma as produtividades, o arranjo de eucalipto mais a acácia é mais produtivo do que o arranjo de apenas eucalipto na linha de plantio da ILPF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; COWIE, A.L.; VANCLAY, J.K. Mixed-species plantations of *Eucalyptus* with nitrogen-fixed trees: A review. **Forest Ecology and Management**, v. 233, p. 211-230. 2006

KLEINPAUL, I. S.; SCHUMACHER M. V.; VIERA, M.; NAVROSKI, M. C. Plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal: I - Produção de biomassa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 621-627, 2010.

KRUSCHEWSKY G.C. et al. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptos* spp. em sistema Agrossilvipastoril no Cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 360-367, out./dez. 2007.

LACLAU J.-P.; BOUILLET, J.-P.; GONÇALVES, J.L.M.; SILVA, E.V.; JOURDAN; C.; CUNHA, M.C.S.; MOREIRA, M.R.; SAINT-ANDRÉ, L.; MAQUÈRE, V.; NOUVELLON, Y.; RANGER, J. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil: 1. Growth dynamics and aboveground net primary production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 12, p. 3905–3917, 2008.

OLIVEIRA NETO, S.N.; PAIVA, H.N. Implantação e manejo do componente arbóreo em Sistemas Agrossilvipastoril. **Sistemas Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Sílvio Nolasco de Oliveira Neto et al. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. p.15-69.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2003.

OLIVEIRA, T. K.; LUZ, S. A.; SANTOS, F. C. B.; OLIVEIRA, T. C.; LESSA, L. S. Crescimento de espécies arbóreas nativas em Sistema Silvopastoril no Acre **Revista Amazônia Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 8, p. 121-126, 2009.

SANTOS, M. V. **Renovação de pastagem em plantio direto e sistema agrossilvipastoril**. 2009. 112 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SANTOS, M. V.; MOTA, V. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; OLIVEIRA, N. J. F.; GERASEEV, L. C.; DUARTE, E. R. Sistemas Agroflorestais: potencialidades para produção de forrageiras no norte de Minas Gerais. In: GERASEEV, L. C.; OLIVEIRA, N. J. F.; CARNEIRO, A. C. B.; DUARTE, E. R. (Ed.). **Recomendações técnicas para vencer o desafio nutricional no período da seca**. UFMG: ICA, Montes Claros, 2008. p. 99-109.

VEZZANI, F. M. **Aspectos nutricionais de povoamentos puros e mistos de *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii***. 1997, 97 f. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

EFEITOS DE BORDA SOBRE A SERAPILHEIRA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA NATIVA NA REGIÃO DO BIOMA PAMPA, RS

EFFECTS OF EDGE ON THE BURLAP IN A FRAGMENT OF NATIVE FOREST BIOME PAMPA, RS

Jauris Vinícius Sampaio Azevedo¹; Hamilton Luiz Munari Vogel²; Mauro Valdir Schumacher³

RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul onde se encontra o Bioma Pampa, desde a sua colonização, foi submetido a um processo acelerado de desmatamento, devido a uma forte tradição agropecuária, gerando atualmente um cenário florestal com vários fragmentos de floresta nativa, com diferentes graus de perturbação, principalmente nos fatores bióticos e abióticos em suas bordas, ocasionando mudanças na produção de serapilheira e no banco de sementes, que garantem a regeneração da floresta. Em função da ausência de estudos nestes ecossistemas, o presente trabalho teve como objetivo principal analisar os efeitos da borda e interior do fragmento, na produção de serapilheira e material reprodutivo. O trabalho foi realizado em um fragmento de Floresta Estacional Subtropical, no interior do município de Vila Nova do Sul, RS. Para o estudo, foram demarcados 4 locais no fragmento, no sentido borda interior do fragmento: 0-10 m (10 amostras), 10-20 m (10 amostras), 20-50 m (15 amostras) e 50-100 m (25 amostras), totalizando 60 amostras de serapilheira. As amostras foram constituídas pela manta orgânica sobre o solo, coletadas com uma moldura de madeira de 25 cm x 25 cm, no mês de maio de 2011, e separadas nas frações: folhas, galhos finos < 1 cm, resíduos não identificáveis e material reprodutivo composto por sementes. Os resultados obtidos para a serapilheira indicaram que não houve diferença significativa entre a borda e o interior do fragmento pelo teste de Tukey; porém foi constatado valores maiores de serapilheira no interior (9,85Mg ha⁻¹) do que na borda do fragmento (8,64 Mg ha⁻¹). A serapilheira acumulada sobre o solo é responsável por grande estoque de nutriente, principalmente Ca com 55% e N com 32%. Para os micronutrientes, o Fe e Mn foram os que apresentaram maiores valores, não havendo diferença entre a borda e o interior do fragmento. Quanto ao número de sementes, houve diferença significativa entre a borda (2064000 semente ha⁻¹) e o interior (3558400semente ha⁻¹) pelo teste de Tukey. Estas informações são imprescindíveis para a compreensão das relações ecológicas que existem na floresta, fornecendo subsídios para a orientação de planos de recuperação e restauração de áreas de florestas nativas fragmentadas na região.

Palavras-chave: fragmentação de florestas; ciclagem de nutrientes; floresta estacional subtropical

ABSTRACT

The state of Rio Grande do Sul where the Pampa Biome, since your colonization, has suffered an accelerated deforestation process, coming from at a strong agricultural tradition that today generates a view with several forest native's forest fragments with different degrees disturbance, especially in biotic and abiotic factors on its edges, causing changes in litter fall and seed bank, elements these ensure that forest regeneration. Due to the lack of works in these ecosystems, this study aimed to analyze the effects of edge and interior of the fragment, in the production of litter and reproductive material. The work was conducted in a Subtropical Seasonal Forest fragment within the municipality of Vila Nova do Sul. For the study, four sites were marked in the fragment, towards the inner edge of the fragment: 0-10 m (10 samples), 10-20 m (10 samples), 20-50 m (15 samples) and 50-100 m (25 samples), totaling 60 samples of litter. The samples were constituted by the organic mat on the ground, collected with a wooden frame 25 cm x 25 cm, in May 2011 and separated into fractions: leaves, twigs <1 cm, unidentified waste and reproductive material composed of seeds. The results obtained for the litter indicated that there was no significant difference between the edge and the interior of the fragment by the Tukey test, however it was found higher values of leaf litter on the inside (9,85 Mg ha⁻¹) than at the edge of the fragment (8,64 Mg ha⁻¹). The accumulated litter on the ground is responsible for a large stock of nutrients, mainly Ca and N with 55% to 32%. For the micronutrients, Fe and Mn were the highest values, with no difference between

¹Acadêmico do curso de Engenharia Florestal, Campus São Gabriel, Universidade Federal do Pampa, Av. Antônio Trilha, 1847, CEP 97300-000, São Gabriel (RS). jaurisampa@hotmail.com

²Dr., Professor Adj. do curso de Engenharia Florestal, Campus São Gabriel, Universidade Federal do Pampa, Av. Antônio Trilha, 1847, CEP 97300-000, São Gabriel (RS). hamiltonvogel@unipampa.edu.br

³Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). mvschumacher@gmail.com

the border and inside the fragment. As the number of seeds, a significant difference between the edge (2064000 seeds ha⁻¹) and interior (3558400 seeds ha⁻¹) by Tukey test. This information is essential for understanding the ecological relationships that exist in the forest, providing support for the guidance of recovery plans and restoration of fragmented areas of native forests in the region.

Keywords: forest fragmentation, nutrient cycling; seasonal subtropical forest

INTRODUÇÃO

A região do Bioma Pampa, onde está inserido o município de São Gabriel, tem forte tradição agropecuária, a qual foi e é intensivamente explorado por atividades agropecuárias, causando grandes impactos em seus ecossistema, gerando um cenário florestal com vários fragmentos de floresta nativa, com diferentes graus de perturbação, principalmente nos fatores bióticos e abióticos em suas bordas, ocasionando mudanças na produção de serapilheira e no banco de sementes, que garantem a regeneração da floresta.

O estudo da ciclagem de nutrientes (ciclo biogeoquímico) desempenha um papel importante no conhecimento das condições e dinâmica dos processos internos dos ecossistemas naturais, que auxiliam no entendimento das rápidas mudanças provocadas pela exploração florestal no meio ambiente (FEGER e RASPE, 1998).

No Brasil, os estudos envolvendo os ecossistemas naturais, com ênfase na ciclagem de nutrientes em florestas nativas, surgem da necessidade de se ampliar e aprofundar os conhecimentos sobre os aspectos nutricionais em plantações florestais com espécies nativas, tendo em vista sua utilização nas atividades aplicadas à implantação de maciços puros ou mistos destinados à recuperação de áreas degradadas ou mesmo o cultivo de essências nativas para produção de madeiras de lei (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000).

Em função da ausência de estudos de restauração florestal nestes ecossistemas, o trabalho teve como objetivo principal analisar os efeitos da borda e interior da floresta, na produção de serapilheira e material reprodutivo, em um fragmento de Floresta Estacional Subtropical, no interior do município de Vila Nova do Sul, RS.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A ciclagem de nutrientes em florestas nativas é um processo de suma importância para o equilíbrio ecológico de florestas naturais e das plantações de florestais de espécies nativas (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000).

Binkley (1986) comenta que a entrada de nutrientes pela atmosfera e intemperismo de rochas são mais importantes a longo prazo no desenvolvimento de solos e ecossistemas, mas a ciclagem interna de nutrientes é a principal forma de liberação de nutrientes para as plantas. As raízes das árvores retiram os minerais das camadas mais profundas do solo (especialmente as árvores decíduas, que possuem um extenso e profundo sistema radicular), armazenando temporariamente em sua biomassa, e finalmente devolvendo os nutrientes pela deposição de material vegetal sobre o solo (LARCHER, 2000).

A ciclagem biogeoquímica (solo-planta-solo) de nutrientes, bastante pronunciada em povoamentos florestais após o fechamento de copas, tem efeitos estimulantes sobre o crescimento das raízes finas na superfície do solo, devido ao provimento de um microambiente propício ao seu desenvolvimento e uma fonte rica de nutrientes (Gonçalves & Mello, 2000).

Conforme Schumacher e Hoppe (1998), no interior de uma floresta a serapilheira depositada sobre o solo desempenha papel fundamental na manutenção das condições ideais para o processo de infiltração de água. O escoamento superficial em áreas florestais é muito pequeno, devido à grande infiltração e retenção de água pela serapilheira, variando conforme sua espessura.

Os efeitos de borda podem ser classificados em três tipos de acordo com as características afetadas sendo elas os efeitos abióticos, bióticos diretos e bióticos indiretos. Os efeitos abióticos envolvem mudanças nos fatores climáticos ambientais, como a umidade, a radiação solar e o vento. Os efeitos bióticos diretos envolvem mudanças na abundância e na distribuição de espécies, provocadas pelos fatores abióticos nas proximidades das bordas, como por exemplo, o aumento da densidade de plantas devido ao aumento da radiação solar. Os efeitos indiretos envolvem mudanças na interação entre as espécies, tais como predação, parasitismo, herbívora, competição, dispersão de sementes e polinização (RODRIGUES, 1993apudBANDEIRA; COSTA; RAIZER, 2009).

A borda pode ser entendida como sendo o trecho marginal da área florestada, que sofre influencia do meio externo e por isso apresenta diferenças físicas e estruturais com relação ao seu entorno. Já de acordo com (FORMAN e GRODON, 1993 apud BARROS, 2006) o efeito de borda pode ser definido como sendo uma alteração na composição e/ou na abundância relativa de espécies na parte marginal de um fragmento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da Área de Estudo

O experimento foi realizado em um fragmento de de Floresta Estacional Decidual no interior da cidade de Vila Nova do Sul, RS estando distante 7 km do centro da cidade . A cidade de Vila Nova do Sul localiza-se a uma latitude 30°20'38" S e a uma longitude 53°52'58" W e a área onde foi realizada o estudo possui as coordenadas de 30° 24' 09,13'' S e 53° 53' 06,39'' W.

A caracterização do solo da área é do tipo Neossolo Regolítico, esse tipo de solo apresenta textura arenosa e baixa capacidade de adsorção de nutrientes, quando comparado com solos argilosos (TITO et al., 1997). O relevo do local é considerado ondulado.

O clima corresponde a classificação de Koppen: clima temperado com precipitações distribuídas regularmente ao longo do ano e precipitações torrenciais nos meses de verão. A precipitação média anual é relativamente alta, com valores da ordem de 1500 mm. A temperatura média do mês mais quente é superior a 24 °C graus no verão e -3 °C no inverno. Os ventos dominantes sopram no sentido SE-NO.

Metodologia de Estudo

Para o estudo do efeito de borda, foram demarcados 4 locais, no sentido borda (0-10m), zona de transição (10-20m), e interior do fragmento (20-50m e 50-100m), perfazendo ao todo uma linha de 0 a 100 m com 20 m de largura. O número de amostras que foram coletadas em cada local, esta descrito na Tabela 1. No total foram coletadas 60 amostras, com uma moldura de madeira de 25 cm x 25 cm de tamanho.

TABELA 1: Distâncias amostradas nos fragmentos (direção borda – interior)

TABLE 1: Distances sampled in fragments (toward the edge - inside)

Local	Distância da Borda	Nº de Amostras
1	0-10m	10
2	10-20m	10
3	20-50m	15
4	50-100m	25
Total		60

No laboratório da UNIPAMPA, as amostras foram separadas em serapilheira (folhas, galhos finos < 1 cm e resíduos não identificáveis) e material reprodutivo composto por sementes. Após a separação, o material será colocado em estufa a 70°C por um período de 72 horas, até atingir peso constante, sendo posteriormente pesado em balança digital de precisão (0,01g), para obtenção do peso seco do material e posterior moagem da serapilheira para realização das análises químicas. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da UFSM, para a determinação dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995) e Miyazawa et al. (1999). O estoque de nutrientes na serapilheira foi obtido com base na biomassa seca, multiplicada pelo teor de nutrientes do respectivo componente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serapilheira

Observa-se na Figura 1 que houve uma maior produção de serapilheira da borda em direção ao interior do fragmento, com 8,64 Mg ha⁻¹ (0-10 m); 8,74 Mg ha⁻¹ (10-20m); 9,43 Mg ha⁻¹ (20-50m) e 9,84 Mg ha⁻¹ (50-100), não havendo diferença entre a borda e o interior do fragmento, conforme o teste de F a 5% de probabilidade de erro (Tabela 2).

Alguns estudos realizados em diferentes fragmentos de Floresta Estacional no estado do Rio Grande do Sul demonstram valores superiores de serapilheira depositada, como o de Vogel et al. (2003) em trabalho realizado numa Floresta Estacional Decidual secundária em Itaara-RS, com aproximadamente 70 anos, encontraram 11,7 Mg ha⁻¹ de serapilheira acumulada sobre o solo. Já Vieira et al. (2010) em estudo numa Floresta Estacional em Itaara-RS encontrou 10,92Mg.ha⁻¹ .

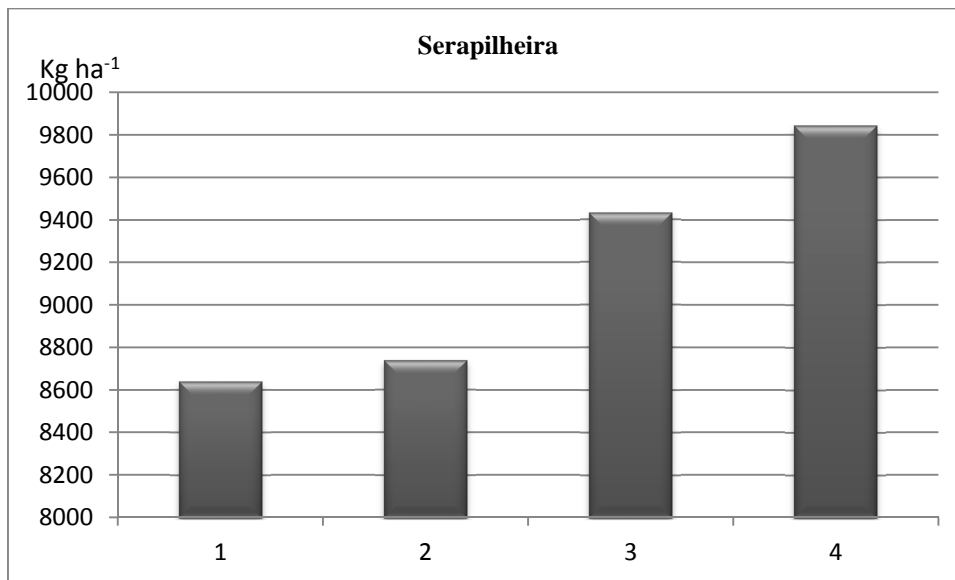


FIGURA 1: Quantidade de Serapilheira (Kg ha⁻¹) nos locais amostrados: 1 (0-10m), 2 (10-20m), 3 (20-50m) e 4 (50-100m).

FIGURE 1: Number of Litter (kg ha⁻¹) in the collection sites: 1 (0-10m), 2 (10-20m), 3 (20-50m) and 4 (50-100m).

Porém outros estudos realizados no estado do Rio Grande do Sul demonstraram valores inferiores de serapilheira depositada á deste trabalho, como o de Brun (2004) em uma Floresta Estacional Decidual secundária com aproximadamente 53 anos de idade, em Santa Tereza-RS, que encontrou uma serapilheira sobre o solo de 6,53 Mg ha⁻¹ e o de Brun et al. (2001), que encontraram para a fase avançada da sucessão um acúmulo de 5,1 Mg ha⁻¹, para a floresta secundária 5,7 Mg ha⁻¹ e floresta madura 7,1 Mg ha⁻¹.

TABELA 2: Resultados da análise de variância para Serapilheira
TABLE 2: Results of analysis of variance for Litter

F.V.	GL	SQ	QM	F
Tratamento	3	15026050	5008683,34	0,37
Residuo	56	757834429	13532757,7	
Total	59	772860479		

Na Tabela 2 encontra-se o resultado da análise de variância para a quantidade de serapilheira, onde pode-se constatar que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo F tab (2,766) > F cal (0,37), a nível de 5% de erro.

Semente

Observa-se, na Figura 2, uma maior concentração de sementes no borda em direção ao interior do fragmento até o local 3 (20-50m), porém no local 4 (50-100m) o resultado desta é inferior ao do local 3 (20-50m), mas superior aos demais locais 1 (0-10m) e 2 (10-20m). Com os seguintes resultados: 2.064.000 sementes ha⁻¹ no local 1 (0-10m), 2.672.000 sementes ha⁻¹ no local 2 (10-20m), 5.856.000 sementes ha⁻¹ no local 3 (20-50m) e 3.558.400 sementes ha⁻¹ no local 4 (50-100m).

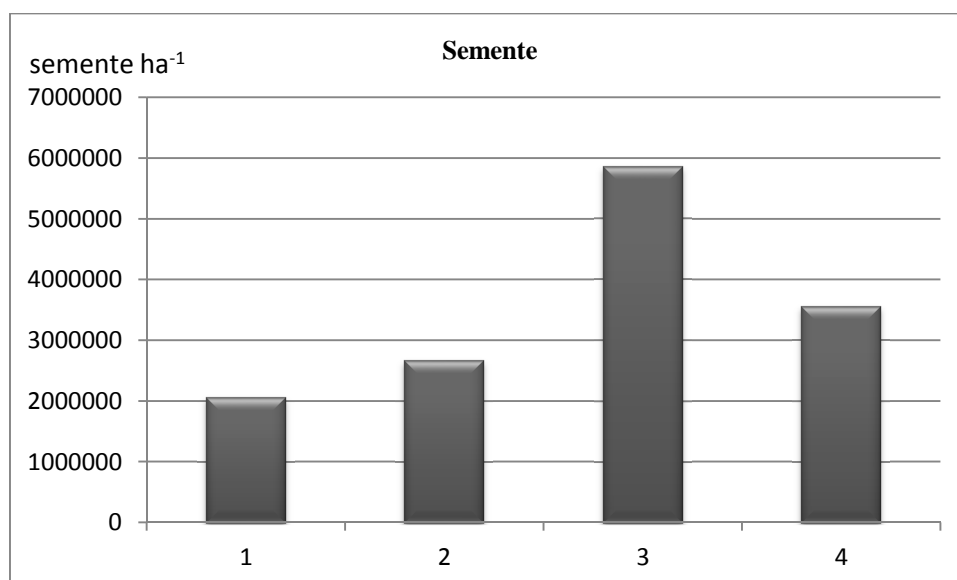


FIGURA 2: Número médio de Sementes (sementes ha⁻¹) por Local.

FIGURE 2: Average number of seeds (seeds ha⁻¹) by Location.

Na Tabela 3, encontram-se os resultados da análise de variância para as sementes amostradas nos diferentes locais do fragmento. Nota-se na Tabela 3 que o F tabelado (2,776) é menor que o F calculado (3,327), indicando que há diferença significativa entre os locais, a nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 3: Resultados da análise de variância para quantidade de sementes nos locais amostrados.

TABLE 3: Results of analysis of variance for number of seeds in the collection sites.

F.V.	GL	SQ	QM	F
Tratamento	3	1,07E+14	3,58E+13	3,327
Resíduo	56	6,03E+14	1,08E+13	
Total	59	7,10E+14		

Observa-se na Tabela 4, que na região da borda do fragmento, ocorre menos sementes, com maior quantidade no interior da floresta, apontando um banco de sementes menor na borda, o que pode ocasionar menor regeneração de espécies na área de borda.

TABELA 4: Teste de Tukey para sementes dos Locais Amostrados.

TABLE 4: Tukey test for seeds of the samples.

Locais	Sementeha ⁻¹	
0-10m	2064000	a
10-20m	2672000	ab
20-50m	5856000	b
50-100m	3558400	ab

Conforme o teste de Tukey para comparação das médias de sementes, a Tabela 4 mostra que houve diferenças entre as médias conforme o nível de significância de 5%. O local 1 (0-10m), 2 (10-20m) e 4 (50-100m) não diferiram entre si, ou seja pertencem a um mesmo grupo. O local 3 (20-50m) não diferiu com os locais 2 (10-20m) e 4 (50-100m), porém houve diferença significativa com o local 1 (0-10m).

Nutriente

Na Tabela 5 encontram-se os teores de nutrientes presentes na serapilheira. Os macronutrientes Ca e N apresentaram teores superiores aos demais macronutrientes com 33,88 g kg⁻¹ (local 1), 35,00 g kg⁻¹ (local 2), 28,04 g kg⁻¹ (local 3), 30,60 g kg⁻¹ (local 4) para o Ca, e 17,38 g kg⁻¹ (local 1), 17,31 g kg⁻¹ (local 2), 19,73 g kg⁻¹ (local 3), 19,80 g kg⁻¹ (local 4) para o N.

Viera et al. (2010) em estudo realizado em um fragmento de floresta estacional decidual em Itaara-RS encontrou teores inferiores ao deste trabalho quanto ao Ca com 19,5 g kg⁻¹ e superior quanto ao N com 20,5 g kg⁻¹.

Quanto aos micronutrientes, os teores elevados de Fe com 4925,03 mg kg⁻¹ (local 1), 1208,31 mg kg⁻¹ (local 2), 1548,98 mg kg⁻¹ (local 3), 2509,05 mg kg⁻¹ (local 4), encontrados neste estudo podem ser decorrentes da contaminação das amostras com partículas de solo. Vieira et al. (2010) também encontrou teor elevado para Fe na serapilheira em uma floresta Estacional Decidual em Itaara-RS.

TABELA 5: Teores médios de nutrientes na serapilheira.

TABLE 5: Average levels of nutrients in the litter.

Locais	Macronutriente kg kg ⁻¹						micronutrientes MG kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
1 (0-10m)	17,38	1,05	2,40	33,88	3,57	3,57	33,02	13,72	272,43	40,74	4925,03
2 (10-20m)	17,31	0,95	2,00	35,00	2,68	2,68	26,78	9,82	182,19	41,27	1208,31
3 (20-50m)	19,73	1,09	2,00	28,04	3,00	3,00	45,50	11,63	214,16	47,59	1548,98
4 (50-100m)	19,80	1,09	2,20	30,60	3,27	3,27	30,94	12,15	264,67	42,95	2509,05

Verifica-se na Tabela 6, os estoques médios de macronutrientes na serapilheira acumulada. O N apresentou um aumento na quantidade no sentido da borda em direção ao interior do fragmento com 150,17 kg ha⁻¹ no local 1 (0-10m), 151,25 kg ha⁻¹ no local 2 (10-20m), 186,12 kg ha⁻¹ no local 3 (20-50m) e 194,94 kg ha⁻¹ no local 4 (50-100m). Para o P observa-se uma maior quantidade deste elemento no interior do que na borda do fragmento com 9,07 kg ha⁻¹ no local 1 (0-10m), 8,30 kg ha⁻¹ no local 2 (10-20m), 10,28 kg ha⁻¹ no local 3 (20-50m) e 10,73 kg ha⁻¹ no local 4 (50-100m). Para o K observa-se que no local 4 (50-100m) encontrou-se a maior concentração com 21,66 kg ha⁻¹. Quanto aos elementos Mg e S também apresentaram maiores concentrações no interior do fragmento com 32,20 kg ha⁻¹ e 13,69 kg ha⁻¹ respectivamente. Porém quanto ao Ca foi o elemento que apresentou maiores quantidades com 292,73 kg ha⁻¹ no local 1 (0-10m), 305,83 kg ha⁻¹ no local 2 (10-20m), 264,51 kg ha⁻¹ no local 3 (20-50m) e 301,28 kg ha⁻¹ no local 4 (50-100m).

Em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Vogel et al. (2003) encontraram grandes estoques de nutrientes, principalmente o N com 213,9 kg ha⁻¹ e o Ca com 242,5 kg ha⁻¹.

TABELA 6: Estoque médio de nutrientes na serapilheira.

TABLE 6: Average stock of nutrients in the litter

Local	macronutrientes kg ha ⁻¹						micronutrientes kg ha ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
1 (0-10m)	150,17	9,07	20,74	292,73	30,85	8,90	0,29	0,12	2,35	0,35	42,55
2 (10-20m)	151,25	8,30	17,48	305,83	23,42	7,86	0,23	0,08	1,57	0,36	10,44
3 (20-50m)	186,12	10,28	18,87	264,51	28,30	10,09	0,39	0,10	1,85	0,41	13,38
4 (50-100m)	194,94	10,73	21,66	301,28	32,20	13,69	0,27	0,10	2,29	0,37	21,68

Em razão dos maiores estoques de cálcio e nitrogênio na serapilheira, esses nutrientes apresentaram as maiores quantidades nos diferentes materiais depositados sobre o solo. A quantidade de Ca (%) e N (%) correspondem por 86,38% (local 4) à 88,90% (local 2) do total de macronutrientes contidos na serapilheira sobre o solo. O conteúdo de Fe (%) variou de 82,29% (local 3) à 93,19% (local 1) aproximadamente do total de micronutrientes.

A magnitude do estoque de macronutrientes na serapilheira, foi a seguinte: local 1 (0-10m), local 2 (10-20m), local 3 (20-50m) = Ca > N > Mg > K > P > S, porém no local 4 (50-100m) a magnitude foi de Ca > N > Mg > K > S > P. A magnitude de acúmulo de micronutrientes na serapilheira no fragmento de Floresta Estacional Subtropical, para todas as parcelas foram à mesma, de: Fe > Mn > Zn > B > Cu.

CONCLUSÕES

Foi constatado valores maiores de serapilheira no interior (9,85Mg ha⁻¹) do que na borda do fragmento (8,64 Mgha⁻¹).

Quanto ao número de sementes, houve diferença significativa entre a borda (2.064.000 semente ha⁻¹) e o interior (3.558.400 semente ha⁻¹).

A serapilheira acumulada sobre o solo é responsável por grande estoque de macronutrientes, principalmente o N e o Ca.

Quanto aos micronutrientes, o Fe e Mn foram os que apresentaram maiores valores, não havendo diferença entre a borda e o interior do fragmento.

Estas informações são imprescindíveis para a compreensão das relações ecológicas que existem na floresta, permitindo a orientação de planos de manejo, visando a conservação e sustentabilidade destes ecossistemas. Estes resultados forneceram também subsídios para a restauração de capoeiras e áreas com floresta em processo de degradação.

REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANDEIRA, H. M.; RAIZER, J.; COSTA, E. M. J. **Efeito de Borda sobre a comunidade de artrópodes em serapilheira de fragmentos florestais de Campo Grande, Mato Grosso Do Sul.** Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, 13 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG.

BARROS, F. A. **Efeito de Borda em Fragmento de Floresta Montana, Nova Friburgo, RJ.** Disponível em: <http://www.btdt.ndc.uff.br/tde_arquivos/37/TDE-2009-05-20T141920Z-1974/Publico/FABarros.pdf>. Acesso em: 24 de jul. 2011.

BINKLEY, D. **Forest nutrition management.** USA: "A Wiley-Interscience Publication", 1986. 290 p.

BRUN, E. J. **Biomassae nutrientes na floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS.** Santa Maria: UFSM, 2004. 136p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal) – UFSM, 2004.

BRUN, E. J. et al. **Decomposição da serapilheira produzida em três fases sucessionais de Floresta Estacional Decidual no RS.** In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL, 1., 2001, Santa Maria. **Anais...** PPGEF: UFSM, 2001. 1 CD ROM.

FEGER, K. H.; RASPE, S. **Ökosystemforschung im chwarzwald: Auswirkungen von atmogenen einträgen und Restabilisierungsmassnahmen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Fichtenwäldern.**In: Raspe, Feger und Zöttl (Hrsg). **Verbundprojekt ARINUS.** Landsberg: Umweltforschung in Baden-Württemberg, 1998. P.1-18.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal.** Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, SP, 2000.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RiMa, 2000. 531 p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. P.171-224.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em Florestas Nativas. In: GONÇALVES, J.L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. P. 287-308.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A floresta e a água.** Porto Alegre: Pallotti, 1998. 70 p.

SPSS. **Statistical package for the social sciences:** programa de computador, ambientewindows. Versão 13.0. Chicago: 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5). Porto Alegre, 1995. 174p.

TITO, G. A.; CHAVES, L. E. G.; CARVALHO, H. O.; AZEVEDO, N. C. **Aplicação de bentonita em um regossolo eutrófico. II.** Efeitos sobre as propriedades químicas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.1, n.1, p.25-27, 1997.

VIERA, M. et al. **Nutrientes na Serapilheira em um Fragmento de Floresta Estacional Decidual, Itaara, RS.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 611-619, out.-dez., 2010.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; LOPES, V. G. **Biomassa e nutrientes na serapilheira de uma floresta Estacional Decidual.** In: 9º Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul. Anais. Nova Prata, RS, 2003. CD-ROM.

WIKIPEDIA. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Vila_Nova_do_Sul>. Acesso em: 21 de set. 2011.

FISIONOMIAS FLORESTAIS E SUAS PRINCIPAIS ESPÉCIES SOBRE UMA CATENA DE SOLOS NA DEPRESSÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

FOREST PHYSIOGNOMIES AND ITS MAIN SPECIES ON A SOIL CATENA IN THE DEPRESSÃO CENTRAL IN RIO GRANDE DO SUL

Marcelo Callegari Scipioni¹; Solon Jonas Longhi²; Fabrício de Araújo Pedron³

RESUMO

Os fragmentos conectados de Florestas Estacionais Deciduais Aluviais e de Terras Baixas apresentam ao longo do gradiente topográfico variações fisionômicas, florística e estruturais, que são condicionadas pelas condições geomorfológicas e edáficas. Para analisar essas mudanças na floresta foi estudado um corredor contínuo abrangendo essas tipológicas em 200 parcelas de 10 m² distribuídas ao longo da planície aluvial e vertentes, com amostragem de todos os indivíduos lenhosos com diâmetro a altura do peito ≥ 5 cm, onde foi realizado um levantamento detalhado dos solos. Para o estudo selecionou-se as espécies que apresentaram os maiores valores de importância nos cálculos dos parâmetros fitosociológicos e, pela relação das espécies indicadoras na análise de agrupamento pelo método do Twinspan. As relações entre as espécies selecionadas e as classes de solo e ambiente foram realizadas por meio da análise de ordenação por espécie (PCA). Na Floresta Estacional Decidua Aluvial destacaram-se as espécies *Sebastiania commersoniana*, *Sebastiania brasiliensis* e *Myrciaria tenella* em Gleissolos e Planossolos e, na Floresta Estacional Decidua de Terras Baixas as espécies *Actinostemon concolor*, *Chrysophyllum marginatum*, *Sorocea bonplandii* e *Trichilia clausenii* em Cambissolos, Argissolos e Plintossolos.

Palavras-chave: espécies florestais; relação solo-planta; ecologia florestal.

ABSTRACT

The patches connected of Alluvial and Lowlands Deciduous Seasonal Forests present along the topographic gradient variations physiognomic, floristic and structural, those are conditioned by edaphic and geomorphologic conditions. To analyze these changes in the forest was studied a continuous corridor covering these typological in 200 plots of 10 m² distributed along the alluvial plain and slopes, with sampling of all individuals timber with diameter at breast height ≥ 5 cm, where it was performed a detailed survey of the soil. For the study were selected the species with highest importance values in the calculations of the parameters and phytosociological study, the relationship of indicator species in the cluster analysis method TWINSPAN. Relationships between selected species and classes of soil and environment have been conducted by means of analysis of ordination by species (PCA). In Alluvial Deciduous Forest species stood out *Sebastiania commersoniana*, *Sebastiania brasiliensis* and *Myrciaria tenella* in Gleysols and Planosols and Lowland Deciduous Forest in species *Actinostemon concolor*, *Chrysophyllum marginatum*, *Trichilia clausenii* and *Sorocea bonplandii* in Cambisols, Ultisols and Plinthosols.

Keywords: forest species; soil-plant; forest ecology.

INTRODUÇÃO

A Depressão Central do Rio Grande do Sul é uma região fisiográfica caracterizada como uma área de tensão ecológica (LEITE e KLEIN, 1990) em razão da mistura entre Floresta Estacional e campos. São unidades muito distintas em estrutura e florística, onde as independências dessas formações obrigam-nas a competir entre si por espaço constantemente (MARCHIORI, 2009). Os Campos Sulinos estão na região há milhares de anos, muito antes da expansão das florestas, que ocorreu somente após a metade do Holoceno, nos últimos 4 mil anos com mudanças climáticas (BEHLING et al., 2009; PILLAR e VELÉZ, 2011).

O clima atual da região apresenta-se como tipo úmido e temperado quente, favorável à expansão

¹Engenheiro Agrônomo e Florestal, MSc., Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná. Técnico do Serviço Florestal Brasileiro, Ministério do Meio Ambiente, CEP 70.818-900, Brasília (DF). marcelo.scipioni@gmail.com

²Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). sjlonghi@smaail.ufsm.br

³Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). fapedron@ufsm.br

e domínio das formações florestais. O avanço se originou por meio dos refúgios remanescentes do longo período xerotérmico da última idade do gelo no Pleistoceno (Wisconsin ou Würm) e pelo avanço em direção ao sul do Brasil das áreas florestais tropicais e subtropicais situadas ao Norte. Florestas que avançaram por duas vias de migração: uma litorânea e outra pelo interior do continente (KLEIN, 1975; MARCHIORI, 2004). Esses corredores são respectivamente, o Leste, Atlântico, constituído pela Floresta Ombrófila Densa e o Oeste, continental da Floresta Estacional das bacias dos rios Paraná e Uruguai (RAMBO, 2005).

Apesar disso, quase metade da vegetação natural do estado é constituída de formações campestres, criando uma paisagem de contrastes entre áreas de florestas e campos, dispendo-os lado a lado, supostamente sobre, solos de mesma profundidade e com características físicas e químicas similares, relevo e condições climáticas equivalentes, conforme descrito por muitos estudiosos da vegetação natural do estado (LINDMAN, 1906 e 1974; RAMBO, 2005; KLEIN, 1975; LEITE e KLEIN, 1990; MARCHIORI, 2002 e 2004; BOTH, 2009).

Com o passar do tempo, os corredores e fragmentos florestais se interpenetram nas encostas e base do Planalto Sul-Brasileiro (JARENKOW e WAECHTER, 2001) e avançam sobre a região da Depressão Central, indo pelas calhas dos rios e vertentes, formando maciços e corredores florestais, visto no presente em meio às formações campestres. Entretanto, haveria a necessidade de mais tempo para que as formações florestais ocupassem todo o espaço territorial no Sul do Brasil (LINDMAN, 1974; RAMBO, 2005; BEHLING et al., 2005; GALVÃO e AUGUSTIN, 2011).

Mesmo que o clima atual favoreça a expansão das florestas, muitos fatores interagem para definir se o campo ou a floresta irão se estabelecer num determinado sítio (PILLAR e VELÉZ, 2011). Aspectos teóricos das condições geomorfológicas e edáficas são referenciados por muitos autores, mas ainda poucos estudos em campo na interação desses fatores com as florestas da planície e vertentes da Depressão Central foram realizados.

Atualmente, a geomorfologia e os solos estão inter-relacionados nos estudos de vegetação (OLIVEIRA-FILHO et al., 1994; OLIVEIRA-FILHO et al., 2001; CURCIO et al., 2006; BUDKE et al., 2007; SCIPIONI et al., 2010), sendo principalmente relacionados com a distribuição de comunidades e espécies florestais, podendo também ser correlacionado com as fitofisionomias (RODERJAN et al., 2002; RIBEIRO e WALTER, 2008).

Desta forma, o presente trabalho que envolve um corredor conectado pelas formações florestais Estacionais Deciduais Aluviais e das Terras Baixas, onde objetivo foi levantar as relações entre solos e as fitofisionomias existentes em uma catena sobre a planície aluvial e as vertentes tributárias do rio Jacuí, na Depressão Central, com as suas respectivas espécies de maior importância na estruturação de cada tipologia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da área de estudo

O corredor florestal da Floresta Estacional Decidual estudado está localizado na margem direita na bacia baixa do rio Jacuí, na Depressão Central, entre os municípios de Pantano Grande e Rio Pardo, no estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). A área de estudo pertence à Estância Boa Vista situadas nas coordenadas geográficas 30°05' 41"S e 52°25' 30"W, com altitudes entre 15 a 95 metros.

A área de estudo pertence ao domínio geológico da Cobertura de Sedimentos Cenozóicos, fazendo parte do rebordo da bacia do Paraná, onde afloram diversas formações sedimentares que não foram cobertas pelo derrame basáltico da Serra Geral, localizada ao norte. Dentre as formações geológicas sedimentares na região destacam-se as Formações Teresinha, Rio do Rasto, Pirambóia, Sanga do Cabral e depósitos aluvionares, areias, cascalheiras e sedimentos siltioco-argilosos de planícies de inundação, terraços e depósitos de calha da rede fluvial atual e subatual (IBGE, 2003; FREITAS et al., 2004; SOARES et al., 2008).

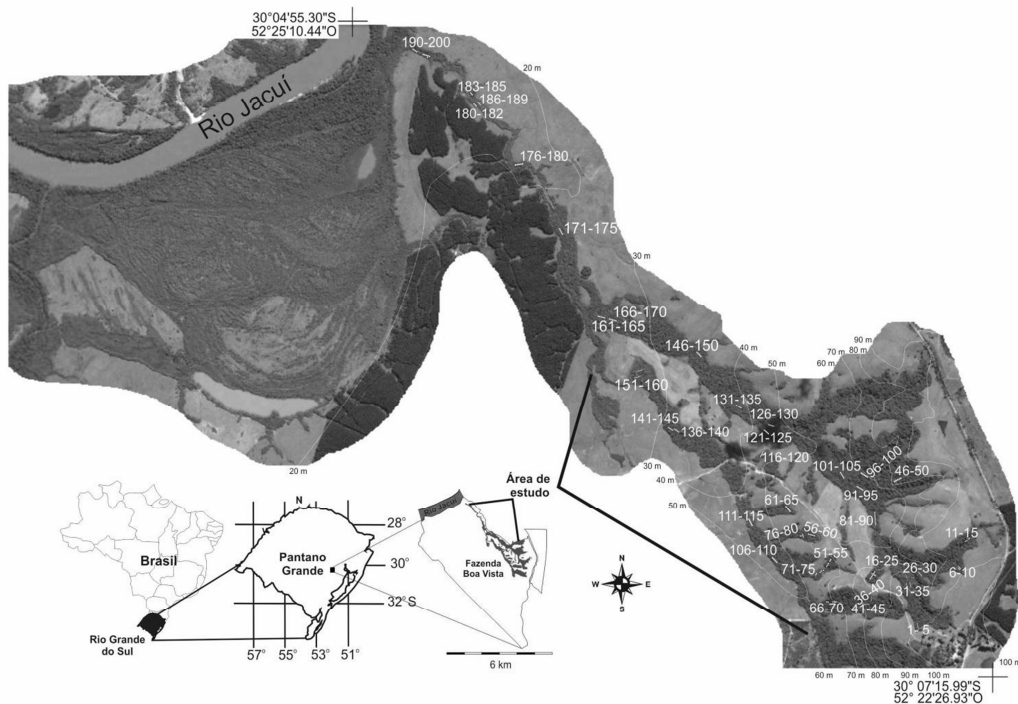


FIGURA 1: Localização da área de estudo ao longo do gradiente topográfico, Pantano Grande, RS.
 FIGURE 1: Location of the study area along the topographic gradient, Pantano Grande, RS, Brazil.

O clima da região caracteriza-se por temperatura média anual variando de 18,1°C a 22° e temperatura média do mês mais frio menor ou igual a 13,0°C. A latitude em que se encontra e o distanciamento da Serra Geral faz com que, a área de estudo assemelhe-se a condições climática de Cachoeira do Sul, cuja precipitação é de 1438 mm.ano⁻¹ e a temperatura média anual é de 18,8°C, tendo um balanço hídrico excedente entre 0 a 200 mm e deficiência entre 1 a 150 mm, com período de seca no verão (v). Assim, o clima que abrange a área é classificado como Subtemperado Úmido, conforme classificação proposta por Maluf (2000).

Segundo Streck et al. (2008), a região é caracterizada pela presença predominante de Planossolos e Gleissolos, nas áreas úmidas e várzeas, e Argissolos e Plintossolos, nas vertentes (ou encostas, regionalmente chamadas de coxilhas).

A vegetação pertence à região fitogeográfica de Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas e se encontra desfalcada dos principais elementos arbóreos devido à exploração madeireira seletiva (IBGE, 1992; RAMBO, 2005; OLIVEIRA-FILHO et al., 2006). A região por apresentar duas estações térmicas definidas, determina que a floresta apresente estacionalidade dos elementos arbóreos dominantes do estrato emergente. A queda de temperatura, no inverno, causa a seca fisiológica, propiciando a perda de folhas de mais de 50% dos indivíduos do dossel, o que caracteriza a floresta como sendo Estacional Decidual (LEITE e KLEIN, 1990; IBGE, 1992).

Amostragem e processamento de dados

A coleta de dados foi realizada em 200 unidades amostrais permanentes de 10 x 10 m (100m²), distribuídas ao longo do gradiente topográfico, abrangendo diferentes situações geomorfológicas na planície aluvial, vertentes e cabeceiras de drenagem (Figura 1). Em cada unidade amostral foram identificados e medidos todos os indivíduos arbóreos com diâmetros a altura do peito maior ou igual a 5 cm.

Para elencar as principais espécies nas fisionomias correlacionando com as classes de solos e o ambiente, teve como base as espécies de maior valor de importância na área, por meio de uma análise fitossociologia com base em Muller-Dombois e Ellenberg (1974), considerando somente as espécies de maior valor de importância (VI) que no conjunto das espécies listadas os somatórios dos maiores percentuais do VI representasse o valor acumulado de aproximadamente 50 %. Também foi realizado uma análise de agrupamento (TWINSPAN - Two-Way INdicatoSPeciesANalysis) para obtenção das espécies indicadoras de grupos florísticos, conforme Felfili et al. (2007) e Peck (2010). O programa computacional utilizado foi o PC-ORD for Windows versão 6.0 (MCCUNE e MEFFORD, 2011), com a matriz de densidade de indivíduos de 96 espécies em 200 parcelas para reconhecer as espécies indicadoras dos grupos florísticos. As espécies dessas análises foram utilizadas para descrever e representar perfis verticais das principais fisionomias, como também, para observar o ordenamento da densidade dessas espécies nas parcelas por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando

um filtro para cada espécie.

Os dados sobre a cobertura pedológica foram obtidos em levantamento detalhado dos solos em todas as unidades amostradas distribuídas ao longo da catena (Figura 1). Os diferentes solos existentes na área de trabalho foram identificados e amostrados conforme procedimentos de Santos et al. (2005) e classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). As análises físicas e químicas necessárias a classificação taxonômica dos solos foram realizadas conforme EMBRAPA (1997). A geomorfologia foi observada em relação à posição da paisagem onde foram instaladas as parcelas sobre a planície aluvial, vertentes e cabeceiras de drenagem. A declividade e cota altimétrica foram medidas em todas as parcelas para ilustração de um croqui com imagens das fitofisionomias e descrição dos locais de ocorrência das classes de solos na paisagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização de solos e relevos

Para caracterização ambiental foram descritos 19 perfis de solos coincidentes com as unidades amostrais e um perfil próximo da parcela 55 na encosta superior da catena. As informações sobre os 20 perfis de solos, com sua classificação até o quarto nível hierárquico, sua posição na paisagem, forma de relevo, cota altimétrica e declividade do terreno encontram-se na Tabela 1.

Os trabalhos de campo permitiram a identificação de dois grandes compartimentos geomorfológicos no corredor florestal, apresentando duas fitofisionomias florestais distintas, a Floresta Estacional Decidual Aluvial na planície (FEDA) e a Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas (FEDT) na encosta (Figura 2). Foi verificado que a rocha nesses dois compartimentos é de origem sedimentar, pertencentes ao Grupo Rosário do Sul do Triássico e ao Grupo Estrada Nova do Permiano.

A geologia na área variou de arenito médio a fino de coloração rosada a depósitos coluvionares a aluviais inconsolidados. A área da planície aluvial está fortemente influenciada pela ação dos processos fluviais de canalização e deposição de sedimentos erodidos das cotas superiores, conforme pode ser observado na Figura 2 (imagens 1 e 2). Nesses locais, as classes de solos identificadas predominantemente foram os Planossolos Háplicos, Gleissolos Háplicos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos. Na vertente, a condição ambiental é outra, com declives e bacias de captação (cabeceiras de drenagem) que influenciam nos processos de canalização das linhas de drenagem e cume com relevo suave a ondulado, que, conseqüentemente, proporciona feições e solos diversos (imagens 5 e 6 da Figura 2), com predomínio de Argissolos Vermelhos e Bruno-Acinzentados, Cambissolos Háplicos e Plintossolos Pétricos e Argilúvicos (Figura 2).

Assim, a distribuição dos solos tem relação direta com a geomorfologia da área, onde na porção mais alta (> 60 m) e declivosa da encosta superior e nas cabeceiras de drenagem, ocorrem solos rasos e áreas erodidas, com a presença de material rochoso próximo à superfície do solo, onde foram identificadas as classes dos Neossolos Regolíticos, Cambissolos Háplicos e Plintossolos Pétricos e Argilúvicos. Nos patamares com relevo suave ondulado a ondulado ocorrem solos mais desenvolvidos e profundos, como os Argissolos Vermelhos em áreas bem drenadas e Argissolos Bruno-Acinzentados em locais imperfeitamente drenados. Ainda, nas cotas superiores com encontro das bases das rampas das vertentes, os Gleissolos Háplicos estão presentes em áreas planas e mal drenadas em processo de canalização com pequenos canais intermitentes, sendo essas áreas de convergência da drenagem.

A encosta inferior está na transição entre as vertentes e a planície aluvial, o relevo varia de plano a ondulado em cotas intermediárias (40 a 60 metros). A área é constituída pela presença de Neossolos Litólicos e Argissolos Bruno-Acinzentados. Enquanto no sopé das coxilhas, o relevo é plano a suave, constituído por sedimentos erodidos e influência da drenagem das cotas superiores, propiciando a presença predominante de Gleissolos (Figura 2, imagem 3 e 4).

A planície aluvial abrange áreas planas (15 a 50 metros) onde apresentam diversas formas de canais de pequeno porte que apresentam ao longo do curso processos de canalização variados, devido aos processos de agradação, degradação e construção dos canais, ou seja, variabilidade nas profundidades e quantidade de depósitos no leito (HUPP e OSTERKAMP, 1994). Essa variável influência no nível do lençol freático, intensidade ou presença da inundação e na drenagem lateral do canal. Assim, em alguns locais, onde o leito do canal é desenvolvido, a área da sua margem é bem drenada, apresentando os solos não hidromórficos, sendo constatados Cambissolos e Neossolos Quartzarênicos. Nos locais onde o canal não é profundo, possibilita que o lençol freático seja mais elevado e o hidroperíodo tenha maior influência na superfície do solo, normalmente são áreas baixas com o entorno lateral formado por relevos suaves que favorece a convergência hídrica para essas áreas, possibilitando a gênese de solos hidromórficos como os Gleissolos Háplicos e Planossolos Háplicos.

TABELA 1: Caracterização ambiental e morfológica dos solos encontrados na área de estudo na Estância Boa Vista, RS.

TABLE 1: Environmental characterization and morphology found in study area in Estância Boa Vista, RS.

Parcela	Classes de Solos	Posição na Paisagem/ Forma do relevo	Classe de drenagem ¹	Declividade/Cota alt.
5	Cambissolo Háptico Tb Distrófico Latossólico	Topo de Encosta/ Patamar	BD	14°/93m
13	Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Distrófico abrupto	Topo de Encosta/ Patamar	BD	21°/92m
25	Plintossolo Argilúvico Distrófico gleissólico	Topo de Encosta/ Patamar	ID	12°/82m
36	Argissolo Vermelho Alítico abrupto	Topo da Encosta/ Rampa Convexa	BD	14°/84m
41	Cambissolo Háptico Alítico típico	Fundo de vale/ Patamar	ID	15°/81m
55	Plintossolo Pétrico Concrecionário argilúvico	Topo de Encosta/ Anfiteatro	ID	9°/70m
58	Neossolo Regolítico Eutrófico típico	Topo de Encosta/ Anfiteatro	BD	9°/69m
62	Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico abrupto	Topo de Encosta/ Anfiteatro	BD	10°/66m
68	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico típico	Sopé da Encosta/ Patamar	MD	3°/68m
85	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico típico	Sopé da Encosta/ Patamar	MD	2°/56 m
102	Planossolo Háptico Distrófico gleissólico	Sopé da Encosta/ Patamar	MD	2°/56m
112	Gleissolo Háptico Ta Distrófico típico	Sopé da Encosta/ Patamar	MD	2,5°/34m
119	Neossolo Litólico Distro-úmbrico fragmentário	Encosta inferior da Coxilha/Patamar	ID	1°/48m
124	Gleissolo Háptico Ta Distrófico cambissólico	Planície aluvial/ Patamar	MD	0,5°/44m
127	Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico	Planície aluvial/ Patamar	MD	0,5°/44m
136	Neossolo Flúvico Tb Distrófico gleissólico	Planície aluvial/Dique	MD	1°/34m
147	Planossolo Háptico Distrófico gleissólico	Planície aluvial/ Patamar	MD	0,5°/36/
160	Planossolo Háptico Distrófico gleissólico	Planície aluvial/ Patamar	MD	1°/29m
183	Neossolo Quartzarênico Órtico gleissólico	Planície aluvial/Dique	BD	1°/18m
191	Cambissolo Háptico Alumínico típico	Planície aluvial/Dique	BD	15°/16m

¹Classes de drenagem: BD = bem drenado; ID = imperfeitamente drenado; MD = mal drenado;

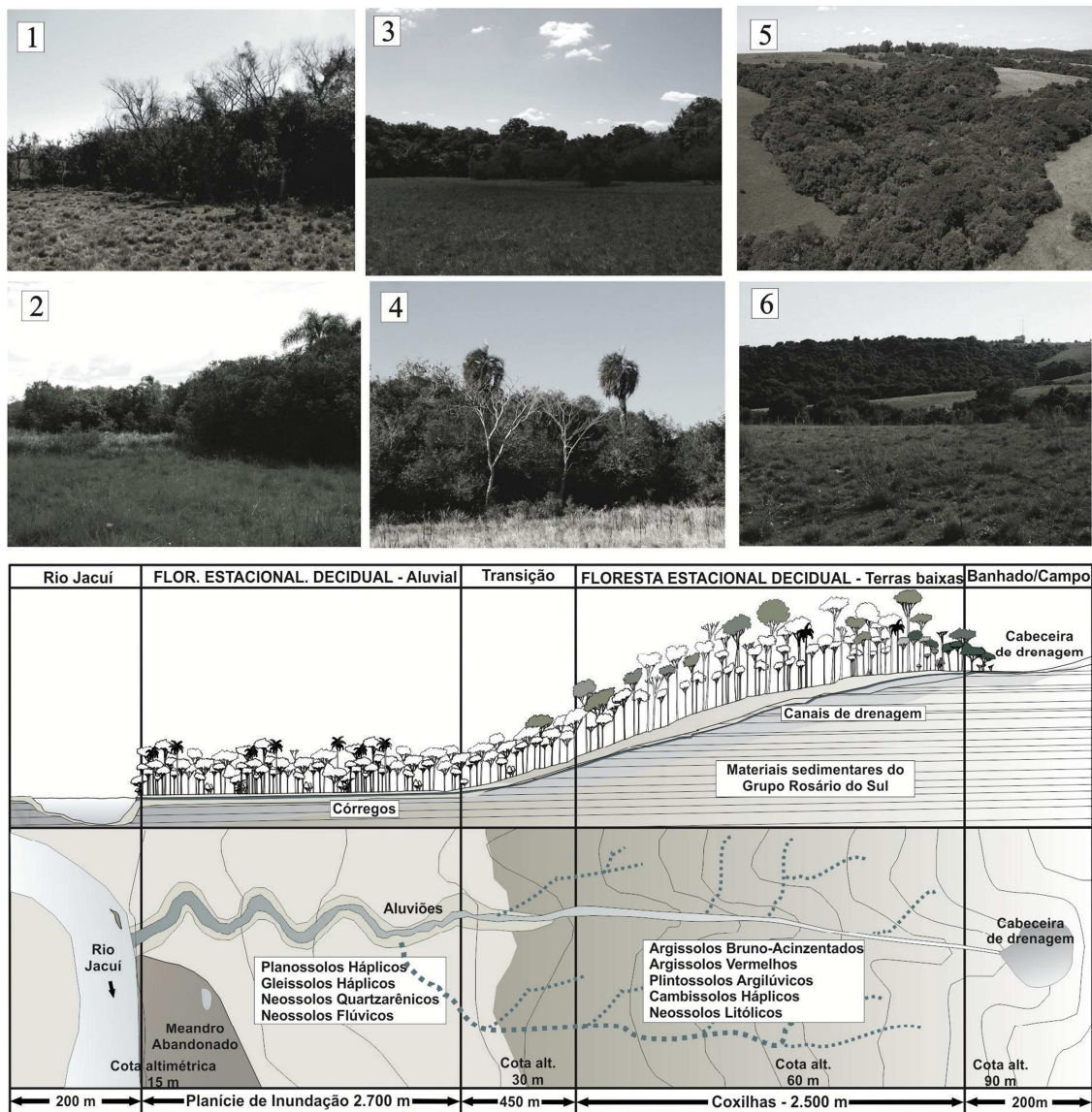


FIGURA 2: Fisionomia e solos das Florestas Estacionais Deciduais Aluviais (A, 1 e 2), área de transição (3 e 4) e das Terras Baixas (B, 5 e 6), Estância Boa Vista, RS.

FIGURE 2: Physiognomy and soils of Deciduous Seasonal Alluvial (A, 1 and 2) and Lowlands Forests (B, 5 and 6); Transition area (3 and 4), Estância Boa Vista, RS.

As fitofisionomias e espécies dominantes

Com base no levantamento de 3.851 indivíduos vegetais com $dap \geq 5$ cm e distribuídos em 165 indivíduos como árvores mortas em pé, 94 indivíduos na classe de cipós, 3.550 árvores distribuídas em 93 espécies, 39 palmeiras (*Butia odorata* e *Syagrau romanzoffiana*) e apenas três arbustos da mesma espécie (*Miconia hyemalis*), que possibilitaram levantar as principais espécies por parâmetros fitossociológicos e por análise de agrupamento. Das espécies contidas na Tabela 2, somente *Luehea divaricata*, *Allophylus edulis* e a classe de árvores mortas não foram consideradas como espécies indicadoras na análise de agrupamento. A análise de agrupamento indicou ainda as seguintes espécies: *Sorocea bonplandii*, *Trichilia clausenii*, *Diospyros inconstans*, *Myrciaria tenella*, *Ocotea pulchella* e *Guettarda uruguensis*.

A fisionomia geral da área é visivelmente distinguível entre as Florestas Estacionais Deciduais Aluvial e de Terras Baixa, com respectivamente 10 m e 15 a 20 metros de altura do dossel e pela composição florística dominante, conforme Figura 3.

No estrato superior da FEDA apresenta o predomínio das seguintes espécies, como: *Allophylus edulis*, *Chrysophyllum marginatum*, *Eugenia uniflora*, *Inga vera*, *Luehea divaricata*, *Myrciaria tenella*, *Sebastiania commersoniana*, *Sebastiania brasiliensis* e *Syagrus romanzoffiana*. Essa última, uma palmeira predominante sobre o dossel nos corredores florestais de galeria na planície aluvial (Figura 2, imagem 2). Os ambientes encharcados as espécies *Erythrina crista-galli*, *Salix humboltiana* e *Calliandra brevipes* destacam-se pela abundância. Nas áreas de terraços fluviais ou em locais da planície onde o solo é raso e hidromórfico, as espécies *Myrciaria tenella* e *Sebastiania commersoniana* tornam-se

as espécies dominantes. Na borda dessa formação, nos ambientes drenados, destaca-se a presença da espécie *Daphnopsis racemosa*, arbusto baixo que dificulta o acesso ao interior da floresta. O sub-bosque tem o predomínio de espécies arbóreas regenerantes e o estrato herbáceo é ralo. Os solos predominantes são os Planossolos Háplicos e Gleissolos Háplicos.

TABELA 2: Parâmetros fitossociológicos das espécies de maior valor de importância.

TABLE 2: Parameters phytosociological of the species with highest importance values.

Espécie	DoA (m ² /ha)	DoR %	DA (ind./ha)	DR %	FA %	FR %	VI	VI %	VI% Acum.
<i>Sebastiania commersoniana</i>	2,92	8,23	255,5	13,3	56,0	6,4	27,9	9,3	9,3
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1,59	4,48	166,5	8,6	45,5	5,2	18,4	6,1	15,4
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	2,78	7,83	93,5	4,9	47,5	5,5	18,1	6,0	21,5
<i>Luehea divaricata</i>	3,66	10,29	47,5	2,5	32,5	3,7	16,5	5,5	27,0
<i>Actinostemon concolor</i>	0,88	2,47	190,5	9,9	26,5	3,0	15,4	5,1	32,1
Morta	1,22	3,44	82,5	4,3	50,0	5,7	13,5	4,5	36,6
<i>Casearia sylvestris</i>	1,09	3,08	92,0	4,8	41,5	4,8	12,6	4,2	40,8
<i>Allophylus edulis</i>	0,94	2,65	60,0	3,1	28,0	3,2	9,0	3,0	43,8
<i>Myrcianthes pungens</i>	1,24	3,49	40,5	2,1	24,0	2,8	8,4	2,8	46,6
<i>Eugenia uniflora</i>	0,52	1,46	72,0	3,7	23,0	2,6	7,8	2,6	49,2
<i>Lithraea brasiliensis</i>	1,08	3,03	49,5	2,6	17,5	2,0	7,6	2,5	51,7

DoA: Dominância Absoluta; DoR: Dominância Relativa; DA: Densidade Absoluta; DR: Densidade Relativa; FA: Frequência Absoluta; Frequência Relativa; VI: Valor de Importância Absoluto, % Relativo e Acum.: Relativo Acumulado.

A fisionomia e estrutura vertical e horizontal da FEDTs são mais desenvolvidas e estratificadas do que a anterior. Destacando árvores de grande porte, como: *Campomanesia xanthocarpa*, *Cabralea canjerana*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Ficus luschnathiana*, *Luehea divaricata*, *Matayba elaeagnoides* e *Handroanthus heptaphyllus*. No estrato intermediário arbóreo, destacam-se: *Trichilia claussenii*, *Celtis iguanaea*, *Sebastiania commersoniana*, *Chrysophyllum marginatum*, *Diospyros inconstans* e *Strychnos brasiliensis*. No estrato inferior, abaixo do dossel fechado estão *Actinostemon concolor*, *Sorocea bonplandii* e *Trichilia elegans*. No estrato arbustivo predomina *Daphnopsis racemosa* na borda da floresta *Piper aduncum* e muita regeneração de indivíduos arbóreos no interior (Figura 2). Os solos predominantes são os Argissolos, Cambissolos e Plintossolos.

Na área de transição na encosta inferior da coxilha ocorreu uma fitofisionomia distinta das demais pela presença de Butiás dominando o dossel superior num pequeno fragmento florestal com a espécie *Butia odorata* (Figura 3, imagem 4). Um aspecto interessante dessa fisionomia foi que somente nesse local ocorreram esses indivíduos, assim como, a classe dos Neossolos Litólicos. As populações remanescentes são normalmente observadas em locais de encosta pedregosa na Serra do Sudeste e na mesma situação no município de Quaraí. Contudo, faltam estudos sobre os sítios preferenciais dessa espécie, pois esses solos são restritivos ao uso agrícola mecanizado podendo a espécie ter maior abrangência de distribuição natural.

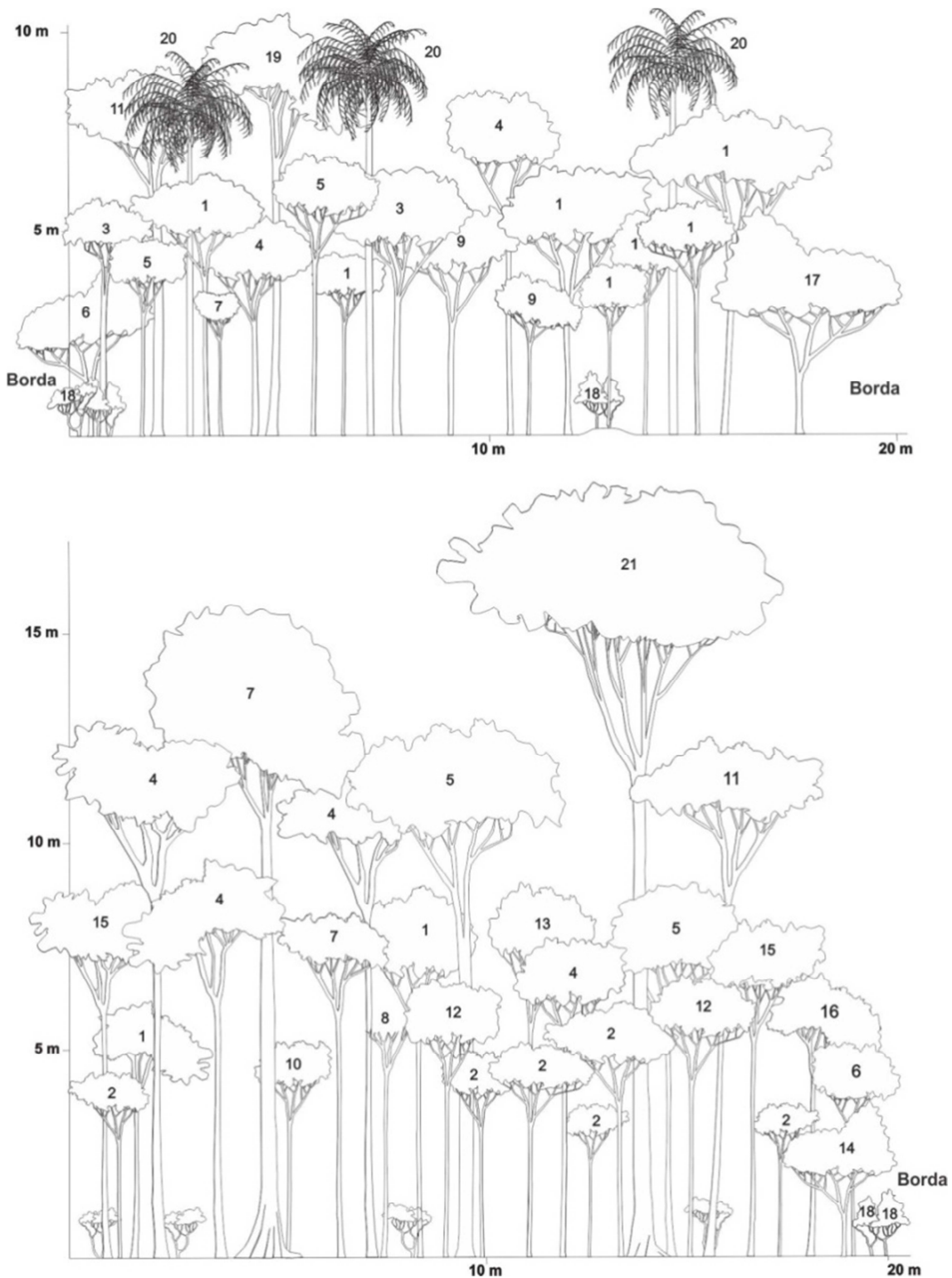


FIGURA 3: Fisionomia das Florestas Estacionais Deciduais Aluviais (A) and Lowlands (B).
 FIGURE 3: Physiognomy of Alluvial (A) and Lowlands Deciduous Seasonal (B). Forest

Espécie/Species: 1.*Sebastiania commersoniana*, 2.*Actinostemon concolor*, 3.*Sebastiania brasiliensis*, 4.*Chrysophyllum marginatum*, 5.*Luehea divaricata*, 6. *Eugenia uniflora*, 7.*Myrcianthes pungens*, 8.Morta, 9.*Myrciaria tenella*, 10.*Sorocea bonplandii*, 11.*Enterolobium contortisiliquum*, 12. *Trichilia claussenii*, 13.*Diospyros inconstans*, 14.*Casearia sylvestris*, 15.*Ocotea pulchella*, 16.*Guettarda uruguensis*, 17.*Erythrina crista-galli*, 18.*Daphnopsis racemosa*, 19.*Inga vera*, 20.*Syagrus romanzoffiana* e 21.*Ficus luschnathiana*.

Para ilustrar a distribuição das espécies mais abundantes na catena e as relações com as condições de solos e ambiente, foram elaborados gráficos de ordenação (PCA) em duas dimensões dos eixos 1 e 3 das espécies principais por filtro, onde foi possível destacar a densidade de indivíduos nas

parcelas, conforme maior é o círculo no ponto da parcela, maior é a densidade de indivíduos da espécie na parcela e vice-versa (Figura 4).

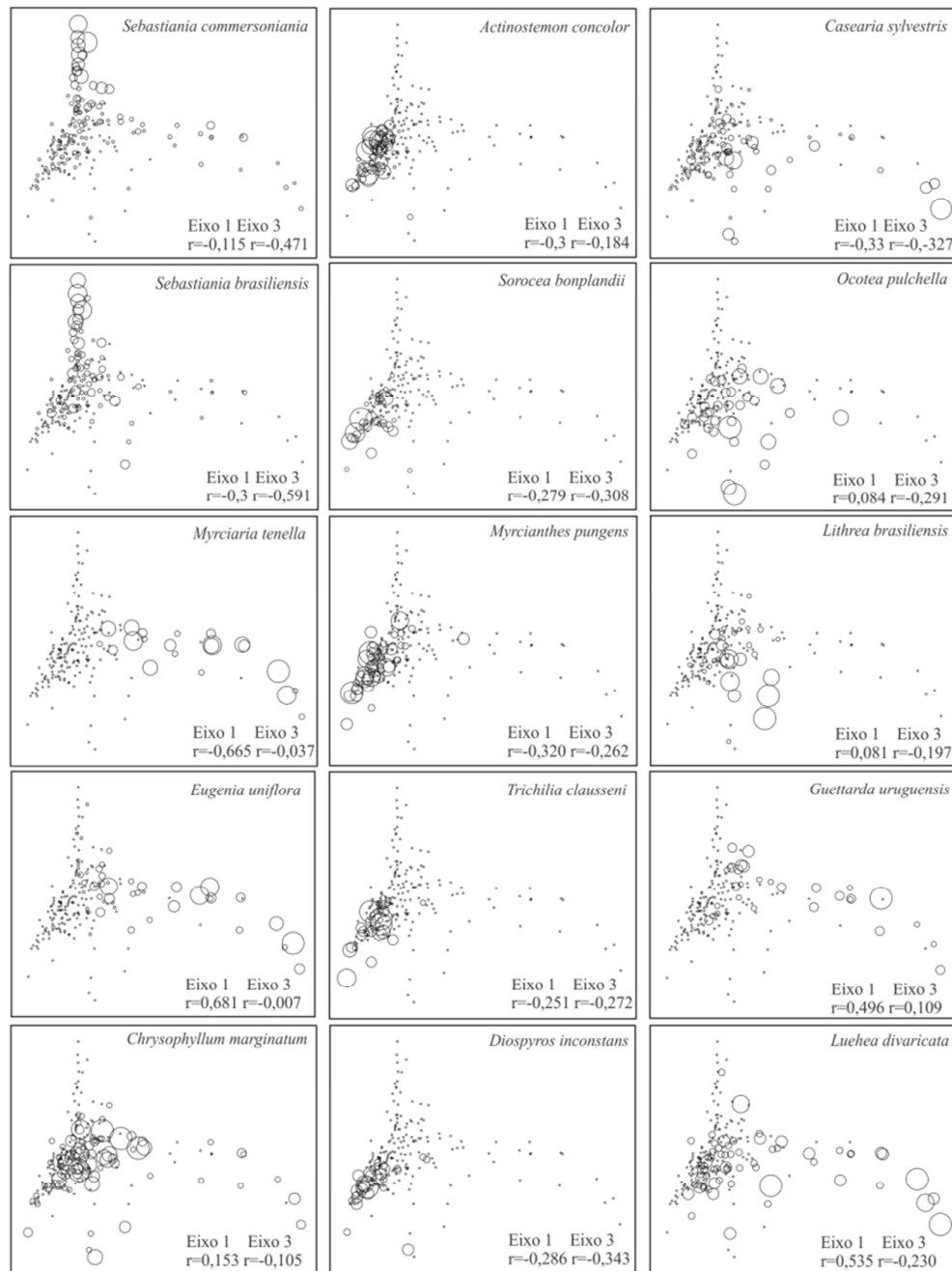


FIGURA 4: Gráficos de ordenação por meio da Análise de Componentes Principais (PCA) das principais espécies arbóreas distribuídas em 200 parcelas (.) com representação da densidade das espécies pela proporcionalidade do tamanho dos círculos.

FIGURE 4: Graphs of ordination through the Principal Component Analysis (PCA) of the main tree species distributed in 200 plots (.) with the density of species represented by the proportionality of the size of the circles.

Nos gráficos por espécies da Figura 4 são facilmente observado diversos padrões de distribuição de ocorrência das espécies e os valores de correlação dos eixos 1 e 3 em cada espécie, como: espécies generalistas ou pioneiras ou de alta correlação com a borda da floresta, espécies dominantes em áreas úmidas e espécies de sombra ou estágio florestal avançado em diferentes posições na paisagem.

As espécies *Sebastiania brasiliensis* e *Sebastiania commersoniana* apresentam o mesmo comportamento de distribuição e densidade, apresentando os maiores círculos numa das extremidades do gráfico, sugerindo que nesse sítio encontram-se os solos aluviais e hidromórficos na FEDA. Em outra extremidade do gráfico *Myrciaria tenella* e *Eugenia uniflora* apresentam semelhante comportamento de

distribuição, sugerindo que essas estão em sítios menos úmidos na planície aluvial em oposição às espécies de *Sebastiania*. Contudo, essas últimas e a *Eugenia uniflora* ocorram em praticamente todo o gradiente topográfico, mas em menor densidade no interior da floresta nas vertentes e áreas úmidas. A espécie *Myrciaria tenella* é preferencialmente da planície aluvial em diques próximos aos canais fluviais.

As espécies *Actinostemon concolor*, *Sorocea bonplandii*, *Trichilia clausenii*, *Diospyros inconstans* e *Myrcianthes pungens* apresentam parecida distribuição espacial e representação de densidade, caracterizando a FEDT em solos não hidromórficos nas vertentes em floresta de estágio secundário avançado com dossel estratificado e fechado, possibilitando a ocorrência das espécies esciófilas do estrato inferior, como: *Actinostemon concolor*, *Sorocea bonplandii* e *Trichilia clausenii*. Essa estrutura e florística são muito idênticas às Florestas do Rebordo da Serra Geral e aos Morros testemunhos na Depressão Central (SCIPIONI et al., 2011). Outras espécies como *Luehea divaricata*, *Casearia sylvestris*, *Chrysophyllum marginatum*, *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis* e *Guettarda uruguensis* apresentaram um comportamento generalista ocorrendo tanto na FEDA e na FEDT, além de abranger a transição entre essas formações em pequenos fragmentos e corredores florestais estreitos, com maior efeito de borda. Contudo, não apresentam preferência para sítios hidromórficos (Figura 4).

No Rio Grande do Sul, Budke et al. (2007) estudaram um gradiente topográfico curto com uma única classe de solo em uma floresta ciliar no rio Botucará, na mesma região, relacionaram a influência do solo, micro-relevo e condições de umidade de Planossolos, sendo esses subdivididos em dois subgrupos de acordo com a fertilidade constada, em solos eutróficos e distróficos. Entre essas subdivisões não apresentou diferença significativa quanto à densidade, altura e área basal das árvores, mas apresentou diferença significativa quanto à diversidade. Os solos distróficos apresentaram baixo índice de diversidade que refletiu na ampla dominância de espécies nas áreas mais baixas e planas. Com relação à distribuição das espécies com os fatores ambientais, os autores sugerem por meio de análise de correspondência canônica, que determinadas espécies apresentaram elevada abundância em decorrência dos seguintes fatores: fertilidade do solo, acumulação de sedimentos e posição das espécies no micro relevo. No entanto, algumas espécies apresentaram ampla distribuição em toda área, sem correlacionar a sua abundância com os fatores ambientais levantados, evidenciando que algumas espécies são aptas em vários ambientes, como *Luehea divaricata*, que também foi uma espécie de ampla distribuição nesse trabalho e *Sebastiania commersoniana* e *S. brasiliensis* dominantes das áreas úmidas.

No Bioma Cerrado em estudos de variação de comunidades arbóreas, solos e relevo em florestas de galerias, cerrado e florestas estacionais, mostram também um comportamento ecológico das espécies arbóreas dessa região semelhante a esse estudo ao longo da distribuição do gradiente de relevo, e relacionam que o nível do lençol freático como a principal variável para determinar fatores de borda de floresta, estrutura, composição florística, densidade e fitofisionomia. A variação física e química de solos está correlacionada com o relevo e considera a distribuição das espécies fortemente influenciada por esses fatores (SILVA JÚNIOR, 1996; OLIVEIRA-FILHO et al., 2001; RIBEIRO e WALTER, 2008), da mesma forma que nesse trabalho. Assim, fica evidenciado que o tipo de solo e a geomorfologia são de grande importância para caracterização ambiental para distinguir grupos florísticos e fisionomias, e que os processos fluviais e geomorfológicos são importantes para melhor caracterizar os impactos e a gênese do solo e as diferentes paisagens florestais.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir nesse trabalho que as Florestas Estacionais Deciduais Aluviais e de Terras Baixas mesmo estando conectadas em corredores em gradiente topográficos de baixa altitude apresentam fitofisionomias, estrutura fitossociológica e espécies dominantes distintas, principalmente devido às condições dos solos hidromórficos e não hidromórficos distribuídos no relevo. As espécies de ampla distribuição são os componentes principais para conexão entre essas formações, pois estão presentes em ambas as tipologias florestais, que apresentam espécies restritas ou preferenciais com maior densidade, ligada às condições ambientais de abrangência de cada tipologia florestal.

AGRADECIMENTOS

Ao Gerente Industrial da Fazenda Boa Vista da empresa Souza Cruz, Fernando J. da Silva Rosa pela hospitalidade, apoio logístico e acesso área de estudo. Aos botânicos Marcos Sobral (UFSJ) da Universidade São João del-Rei, João André Jarekow (UFRGS) e Osmar dos Santos Ribas do Museu Botânico Municipal de Curitiba pelas determinações botânicas. Ao professor Franklin Galvão pelos comentários e sugestões no manuscrito. Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná pela concessão de bolsa de estudo parcial (CAPES) ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEHLING, H. et al. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul. (southernBrazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v.133, p.235-248, 2005.
- BEHLING, H. et al. Dinâmica dos campos no Sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: PILLAR, V. de P. et al. (eds.). **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009.p.13-25.
- BOND, W.J.; PARR, C.L. Beyond the forest edge: Ecology, diversity and conservation of grassy biome. **Biological Conservation**, v.143, p.2395-2404, 2010.
- BOTH, G.C. **Zoneamento do fitoclima e distribuição das formações florestais no Rio Grande do Sul**. 2009. 77f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) – Centro Universitário Univates, Lajeado.
- BUDKE, J.C. et al. Relationships between tree component structure, topography and soils of a riverine forest, Rio Botucaraí, southern Brazil. **PlantEcol**, v. 189, p.187–200, 2007.
- CURCIO, G.R. **Relações entre Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitossociologia nas Planícies Fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 2006. 488f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema de Classificação Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p.
- FELFILI, J.M. et al. **Análise multivariada em estudos de vegetação**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Eng. Florestal, 2007. 60p. (Comunicações Técnicas Florestais, v.9, n.1).
- FREITAS, M. A. et al. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: um avanço no conhecimento das águas subterrâneas no Estado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, Cuiabá. **CD-ROM...** Cuiabá: ABAS, 2004.
- GALVÃO, F.; AUGUSTIN, C. A gênese dos campos sulinos. **Floresta**, Curitiba, v.41, n.1, p.191-200, jan.-mar. 2011.
- HUPP, C.R.; OSTERKAMP, W.R. Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. **Geomorphology**, v.14, p.277-295, 1994.
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: 1992. 92p. (Manuais Técnicos de Geociência, n. 1).
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geologia**: Porto Alegre SH.22 – Y- B. Brasília: Ministério do Planejamento, orçamento e gestão, 2003. Escala 1:250.000.
- JARENKOW, J. A.; WAECHTER, J. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.3, p.263-272, set. 2001.
- KLEIN, R.M. Southern brazilianphytogeographic features and the probable influence of upper quaternary climatic changes in the floristic distribution. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n.33, p.67-88, 1975.
- LEITE,P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. In: **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990. v.2. p.113-150.
- LINDMAN, C.A.M. **A vegetação no Rio Grande**.Belo Horizonte: Itatiaia, <1906> 1974. 377 p.
- MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p.141-150, 2000.
- MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: enfoque histórico e sistema de classificação**. Porto Alegre: EST Edições, 2002. 118p.
- MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: Campos Sulinos**. Porto Alegre: EST Edições, 2004. 110p.

- MARCHIORI, J.N.C. A vegetação em Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n.38, jan-jun, p.93-112, 2009.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 6.0. Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.: MjM Software, 2011.
- MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLENBERG, M. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: J. Wiley & Sons, 1974. 547p.
- OLIVEIRA-FILHO A.T. et al. Effect of flooding regime and understory bamboos on the physiognomy and tree species composition of a tropical semideciduous forest in southeastern Brazil. **Vegetatio**, v.113, p.99-124, 1994.
- OLIVEIRA-FILHO A.T. et al. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of Semideciduous Forest in South-eastern Brazil. **Edinb. J. Bot.**, v.58, n.1, p.139-158, 2001.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. (Orgs.). **Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p.159-192.
- PECK, J.E. **Multivariate Analysis for Community Ecologist: Step-by-Step using PC-ORD**. Gleneden Beach: MjMSoftware Design, 2010, 162p.
- PILLAR, V. de P.; VÉLEZ, E. Extinção dos Campos Sulinos em Unidades de Conservação: um Fenômeno Natural ou um Problema Ético? **Natureza & Conservação**, v.8, n.1, p.84-86, Jul. 2010.
- RAMBO, B. **A fisionomia do Rio grande do Sul**: ensaio de monografia natural. 3 ed., 2 impr. Porto Alegre: Selbach, 2005.456 p.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO et al. (eds.tecn.) **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. cap.6, 153-212.
- RODERJAN, C.V. et al. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p.75-92, 2002.
- SANTOS, R.D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa: SBCS, 2005. 100p.
- SILVA JÚNIOR, M.C. et al. Variations in tree communities and soils with slope in Gallery Forest, Federal District, Brazil. In: ANDERSON, M.G. e BROOKS, S.M.(eds.). **Advances in hill slope processes**, v.1, cap. 20, p.451-469, 1996.
- SCIPIONI, M.C. et al., Distribuição do compartimento arbóreo em gradiente de relevo e solos na encosta Meridional da Serra Geral, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1295-1301, 2010.
- SCIPIONI, M.C. et al. Análise Fitossociológica de um Fragmento de Floresta Estacional em uma Catena de Solos no Morro do Cerrito, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria. (no prelo).
- SOARES, A.P.et al. Correlações estratigráficas conflitantes no limite Permo-Triássico no Sul da Bacia do Paraná: O Contato entre duas seqüências e implicações na configuração espacial do aquífero Guarani. **Revista Pesquisas em Geociências**, v.35, n.2, p.115-133, 2008.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS ASCAR, 2008. 222p.

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DE ÁREA FIXA E BITTERLICH EM UM POVOAMENTO DESBASTADO DE *Tectona grandis* L.F.

COMPARISON BETWEEN FIXED AREA AND BITTERLICH SAMPLING METHODS IN THINNED *Tectona grandis* L.F. STAND

Bruno Silva Ferreira¹; Francisco Costa Júnior¹; Alexandre Vilela Campos²; Thelma Shirlen Soares³

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar o método de amostragem de área fixa e o de amostragem por ponto horizontal (Bitterlich K = 0,5 e K = 1,0). Foram empregados dados de um povoamento desbastado de teca (*Tectona grandis* L.F.) localizado em Morrinhos-GO. Os métodos foram comparados pelo teste F de Graybill, teste t e coeficiente de correlação, na estimativa das variáveis diâmetro médio (cm), área basal (m²/ha) e número de árvores por hectare. Verificou-se não haver diferenças estatísticas entre as estimativas obtidas pelo método de Bitterlich em relação ao método de área fixa.

Palavras-chave: método de amostragem; precisão e eficiência; teca.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the method of sampling of fixed area and of the horizontal point sampling (Bitterlich K = 0.5 and K = 1.0). Data of a thinning teak stand (*Tectona grandis* L. F.) located at Morrinhos-GO were employees. The methods were compared by the F test of Graybill, t test and correlation coefficient to compare estimates of the the estimate of the variables mean diameter (cm), basal area (m²/ha) and number of trees per hectare.

Keywords: sampling method; accuracy and efficiency; teak.

INTRODUÇÃO

A teca (*Tectona grandis*) é uma espécie arbórea originária da Birmânia, Tailândia e algumas partes da Índia. No Brasil, os primeiros reflorestamentos com a teca ocorreram por volta de 1971 (RONDON NETO et al., 1998) e, em 2010 a área plantada era de, aproximadamente, 65.440 hectares (ABRAF, 2011).

A madeira de teca é considerada de alta qualidade, sendo destaque no mercado mundial, principalmente por causa das propriedades físico-mecânicas e das inúmeras possibilidades de uso. O principal produto desta espécie é a madeira, muito utilizada na carpintaria, na marcenaria, na produção de peças de usos nobres e de móveis finos e, especialmente, na indústria da construção naval, onde é praticamente insubstituível, pelo fato de resistir ao sol, ao calor, ao frio e à água de chuvas e do mar (RONDON NETO et al., 1998).

Uma análise representativa de uma população florestal pode ser obtida quando se mede corretamente uma amostra. Por isso, a decisão sobre um método de amostragem deve ser fundamentada nas peculiaridades da população alvo (KREBS, 1999).

A metodologia de amostragem torna-se, portanto, um fator decisivo no contexto da amostragem recomendado para uma dada situação, já que a adequação do método de amostragem para as condições da topografia e da floresta possibilitará um aumento da precisão para um mesmo esforço de amostragem, nas estimativas das variáveis de interesse, e uma redução do tempo de execução, o que, conseqüentemente, refletirá na redução de custos (NAKAJIMA et al., 1998). O método de amostragem empregado influencia a eficiência de um inventário, refletido pelo nível de precisão e pela exatidão dos valores estimados, bem como pelo custo do levantamento (MOSCOVICH et al., 1999).

Conforme relatam Husch et al. (1982), a literatura é vasta quanto aos métodos de amostragem que podem ser utilizados na área florestal, contudo a escolha do método de amostragem para realização do inventário florestal depende das características da floresta, dos objetivos a serem alcançados, dos recursos disponíveis e precisão requerida.

Os métodos usados para inventariar populações florestais, buscam o menor erro para uma mesma quantidade de trabalho, fixada a precisão desejada para as informações a serem levantadas e que, posteriormente, serão usadas no planejamento da empresa. Assim, torna-se importante investigar, para o

¹ Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, *Campus* Jataí, Cx. Postal 3, CEP 75801-615, Jataí-GO.

² Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, *Campus* Goiânia, Cx. Postal 131, CEP 74690-900, Goiânia-GO.

³ Professora do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, *Campus* Jataí, Cx. Postal 3, CEP 75801-615, Jataí-GO.

tipo florestal específico, os métodos e processos de amostragem que permitam, reduzir o custo do inventário o qual é diretamente influenciado pelo tempo de medição e pelo caminhamento (CESARO et al., 1994).

As parcelas de área fixa selecionam os indivíduos proporcionalmente a área da unidade amostral, e conseqüentemente à frequência que nela ocorrem. Conforme Péllico Netto e Brena (1997), a amostragem por parcelas de tamanho fixo é a mais empregada nos inventários florestais.

A amostragem com probabilidade proporcional ao tamanho, também denominada de amostragem por pontos, amostragem por pontos horizontais, amostragem por contagem angular, amostragem por parcelas de raio variável, inventário ou levantamento sem parcelas (SCHREUDER et al., 1993) foi desenvolvida por Walter Bitterlich em 1948 representou uma inovação, uma vez que possibilita estimar a área basal do povoamento, sem a mensuração do diâmetro das árvores (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

O método de Bitterlich consiste em contar as árvores em um círculo a partir de um ponto central. Apenas as árvores, cujos *dap* (diâmetro medido a 1,3 m) são iguais ou maiores que um ângulo (θ) específico são contadas, sendo as que aparecem menores são ignoradas (MUELLER - DOMBOIS e ELLENBERG, 1974; HUSCH et al., 1982).

De acordo com Farias et al. (2002), o método de Bitterlich é um método de amostragem alternativo, com o objetivo de reduzir os custos dos inventários florestais, sem, contudo, reduzir a sua precisão. Devido à simplicidade do procedimento para obtenção dos dados, a aplicação desse método pode ser de extrema utilidade, principalmente em situações em que se necessita de um diagnóstico rápido do estoque de um povoamento florestal.

Neste contexto, realizou-se o presente estudo cujo objetivo foi realizar uma comparação entre o método de amostragem que se baseia na alocação de parcelas de área fixa (método tradicional) com a amostragem por ponto horizontal (método de Bitterlich) em um povoamento de teca (*Tectona grandis* L.f.) baseando-se nos parâmetros área basal por hectare, número de árvores por hectare e diâmetro médio do povoamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados dados provenientes de um povoamento desbastado de teca (*Tectona grandis*) localizado no município de Morrinhos, região Sul do Estado de Goiás. O clima predominante na região é o tropical estacional de savana do tipo Aw, segundo a classificação climática de Köppen, com precipitação média anual de 1.380 mm, período chuvoso compreendido entre outubro e abril e período seco, entre maio e setembro (FREITAS e BLANCANEUX, 1998).

Foram utilizados dados obtidos de inventário florestal utilizando três diferentes métodos de amostragem: I = parcelas de área fixa (método padrão), II = Bitterlich com fator K = 0,5 e III = Bitterlich com fator K = 1.

No método de amostragem de parcelas de área fixa, foi empregado o procedimento de amostragem casual estratificada, considerando dois estratos (diferentes idades) seguindo o procedimento de alocação de parcelas proporcional à área dos estratos, conforme Scolforo e Mello (1998).

As parcelas empregadas no método de área fixa possuíam 20 x 36 m (720 m²). Para o método de Bitterlich, os pontos amostragem foram os centros de cada parcela de área fixa. A caracterização dos estratos com o número de parcelas e pontos estação é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1: Caracterização dos estratos do povoamento em estudo.

TABLE 1: Characterization of the strata of the stand in study.

Estrato	Idade (meses)	Espaçamento inicial	Área (ha)	Número de parcelas/pontos estação
I	60	3 x 3 m	2,87	8
II	108	3 x 2 m	0,89	4

No método de área fixa, foram mensurados os diâmetros de todas as árvores de cada parcela. Essas informações forneceram os subsídios básicos para a estimativa de diâmetro médio, número de árvores e área basal por hectare. Para o método de Bitterlich, foram considerados dois valores para o fator de área basal (K): 0,5 e 1, com o uso do relascópio eletrônico Haglöf®. As estimativas dos parâmetros populacionais área basal por hectare, número de árvores por hectare e diâmetro médio para cada parcela e para cada ponto foram obtidas com as expressões apresentadas na Tabela 2.

A comparação entre os métodos de amostragem, considerando o parâmetro área basal por hectare, foi realizada por meio do teste F de Graybill e do teste t para o erro médio, bem como o coeficiente de correlação, conforme o procedimento estatístico denominado L&O, proposto por Leite e Oliveira (2002).

TABELA 2: Estimadores dos parâmetros populacionais para parcelas de área fixa (método I) e para amostragem por pontos horizontais (métodos II e III)*.

TABLE 2: Estimators of population parameters for plots of fixed area (method I) and for sampling points horizontal (methods II and III)

Variável	Método I	Métodos II e III
Área basal por hectare	$G = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n}$	$G = n \times K$
Número de árvores por hectare	$N = \frac{n}{A}$	$N = K \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{g_i} \right)$
Diâmetro médio	$dm = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$	$dm = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{g_i} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{g_i} \right)}$

* Em que: G = área basal (m²); g_i = área seccional da i-ésima árvore amostrada na parcela (m²); n = número de árvores amostradas na parcela ou qualificadas no ponto de amostragem; k = fator de área basal; N = número de árvores por hectare; A = área da parcela (ha); dm = diâmetro médio (cm); d_i = diâmetro da i-ésima árvore amostrada na parcela ou qualificada no ponto de amostragem (cm).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 3 são apresentados os resultados médios dos parâmetros estimados obtidos para cada método de amostragem utilizado.

TABELA 3: Valores médio das variáveis diâmetro médio (dm), área basal por hectare (G) e número de árvores por hectare (N) obtidos com o emprego dos métodos de amostragem I (parcelas de área fixa) e os métodos II e III (Bitterlich: K = 0,5 e K = 1,0).

TABLE 3: Average values of the variables mean diameter (dm), basal area per hectare (G) and number of trees per hectare (N) obtained with the employment of sampling methods I (plots of fixed area) and methods II and III (Bitterlich: K = 0.5; and 1.0, respectively).

Estrato	Variável	Método I	Métodos II	Métodos III
I	dm (cm)	10,6	11,6	12,2
	N (árv./ha)	1042	1151	1131
	G (m ² /ha)	9,5	9,3	9,9
II	dm (cm)	16,0	16,2	18,0
	N (árv./ha)	441	294	376
	G (m ² /ha)	9,1	5,3	8,3

As estimativas dos coeficientes de correlação (r) e dos testes F de Graybill e t, para os parâmetros área basal por hectare, número de árvores por hectare e diâmetro médio, envolvendo o método I (parcelas de áreas fixas) e os métodos II (Bitterlich com K = 0,5) e III (Bitterlich com K = 1) são apresentadas na Tabela 4.

Os resultados dos testes F de Graybill mostram que não existe diferença significativa entre os métodos de amostragem para os parâmetros avaliados. Tal resultado foi confirmado pelo teste t, exceto para a variável diâmetro médio no estrato 1.

Verifica-se que existe maior grau de associação entre os métodos avaliados para as parcelas do estrato 2 em relação às parcelas do estrato 1, considerando todos os parâmetros avaliados. Em ambos os estratos, a correlação diminui à medida em que o fator de área basal aumenta, ou seja, existe menor correlação entre o método I e III quando comparado com o método II.

Farias et al. (2002) ao compararem o método de área fixa com o método de Bitterlich (K = 1, K = 2 e K = 4), para estimativas do número de árvores por hectare, volume por hectare, área basal por hectare, diâmetro médio e altura média do povoamento e número de espécies de uma floresta estacional semidecidual, também obtiveram valores estatisticamente similares para o método de amostragem de área fixa e o método de amostragem por ponto horizontal (método de Bitterlich).

Pereira et al. (2007) utilizaram o método de Bitterlich para obtenção de dados para modelagem do crescimento e produção de povoamentos de teca e obtiveram resultados que confirmaram a eficiência do método quando comparado com o método de área fixa.

TABELA 4: Estimativas dos testes de F de Graybill e t e dos coeficientes de correlação (r) para o parâmetro área basal por hectare envolvendo os métodos de amostragem I (parcelas de área fixa) e os métodos II e III (Bitterlich: K = 0,5 e K = 1,0).

TABLE 4: Estimates of the tests of F of Graybill and t and the correlation coefficients (r) for the parameter basal area per hectare involving sampling methods I (plots of fixed area) and the methods II and III (Bitterlich: K = 0.5 and K = 1.0).

Variável	Ano	Método	F	t	r
Dm	I	I x II	1,167 ^{n.s.}	4,585*	0,643
		I x III	2,287 ^{n.s.}	7,913*	0,472
	II	I x II	3,386 ^{n.s.}	0,032 ^{n.s.}	0,989
		I x III	6,338 ^{n.s.}	3,620 ^{n.s.}	0,911
G	I	I x II	2,274 ^{n.s.}	0,676 ^{n.s.}	0,911
		I x III	2,541 ^{n.s.}	0,144 ^{n.s.}	0,449
	II	I x II	0,047 ^{n.s.}	1,481 ^{n.s.}	0,688
		I x III	5,426 ^{n.s.}	0,964 ^{n.s.}	0,668
N	I	I x II	0,001 ^{n.s.}	0,080 ^{n.s.}	0,701
		I x III	0,001 ^{n.s.}	0,014 ^{n.s.}	0,738
	II	I x II	0,001 ^{n.s.}	1,832 ^{n.s.}	0,234
		I x III	0,002 ^{n.s.}	0,980 ^{n.s.}	0,657

Nakajima (1997) relata que pelo fato de no método de ponto de Bitterlich a probabilidade de amostragem das árvores ser proporcional à área basal, na estimativa dessa variável esse método tende a ser superior ao método de área fixa, conforme constatado por Druszcz et al. (2010) em povoamentos de *Pinus taeda* e neste estudo.

CONCLUSÕES

Considerando não terem sido verificadas diferenças significativas para a maioria das situações avaliadas, recomenda-se o emprego do método de Bitterlich para amostragem de povoamentos florestais, já que os resultados mostraram ser este um método preciso para estimativa direta dessa mesma variável.

AGRADECIMENTOS

Aos proprietários da Fazenda Vera Cruz, em Morrinhos-GO, pelo apoio logístico durante a coleta dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010**. Brasília: ABRAF, 2011. 130p.

CESARO, A.; ENGEL, O.A.; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia, e de seis árvores, quanto a Eficiência, no inventário florestal de um povoamento de *Pinus* sp. **Stand. Ciência Florestal**, v. 4, n. 1, p. 97-108, 1994.

DRUSZCZ, J.P.; NAKAJIMA, N.Y.; PÉLLICO NETTO, S.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de *Pinus taeda*. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 739-754, 2010.

FARIAS, C.A.; SOARES, C.P.B.; SOUZA, A.L.; LEITE, H.G. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequidâneas. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 541-548, 2002.

FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. Avaliação sobre os aspectos climatológicos e hidrológicos da microbacia piloto de Goiás, Morrinhos. In.: BLANCANEUX, P. (Ed.). **Interações ambientais no Cerrado: microbacia piloto de Morrinhos, Estado de Goiás, Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPS, 1998. p. 31-52.

KREBS, C.J. **Ecological methodology**. 2 ed. Menlo Park: Benjamin Cummings, 1999. 620p.

- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402p.
- LEITE, H.G.; OLIVEIRA, F.L.T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, p.7-8, 2002.
- MOSCOVICH, F.A.; BRENA, B.A.; LONGHI, S.J. Comparação de diferentes métodos de amostragem, de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 173-191, 1999.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley, 1974. 547p.
- NAKAJIMA, N.Y. **Comparison of four ground-survey methods when used as permanent samples in the continuous forest inventory for forest management**. Kagoshima University. The United Graduate School of Agricultural Sciences, 1997. 91p.
- NAKAJIMA, N.Y.; KIRCHNER, F.F.; SANQUETTA, C.R. POSONSKI, M. **Elaboração de um sistema de amostragem para estimativa de valores correntes e mudança/crescimento em reflorestamento de Pinus**. Curitiba: CNPq/UFPR, 1998. 33p.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. **Inventário florestal**. Curitiba: [s.e.], 1997. 316p.
- PEREIRA, A.J.; LEITE, H.G.; CAMPOS, J.C.C.; SOUZA, A.L. Use data from permanent sampling points in growth and yield modeling. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 59-69, 2007.
- RONDON NETO, R.M.; MACEDO, R.L.G.; TSUKAMOTO FILHO, A.A. **Formação de povoamentos florestais com *Tectona grandis* L.f. (teca)**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1998. 29p. (Boletim Técnico, Série Extensão nº 33).
- SCHREUDER, H.T.; GREGOIRE, T.G.; WOOD, G.G. **Sampling methods for multiresource forest inventory**. New York: John Wiley, 1993. 446p.
- SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. **Inventário florestal**.Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 341p.

**EFICIÊNCIA RELATIVA NA ESTIMAÇÃO DA ÁREA BASAL DE POVOAMENTOS
DESBASTADOS DE *Tectona grandis* L.F. PELO MÉTODO DE BITTERLICH**

**RELATIVE EFFICIENCY IN ESTIMATION OF BASAL AREA OF THINNED *Tectona grandis*
L.F. STANDS BY BITTERLICH METHOD**

Mauro Antônio Oliveira Assis¹; Renan Augusto Miranda Matias¹; Alexandre Vilela Campos²;
Thelma Shirlen Soares³

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência relativa da estimação da área basal de povoamentos desbastados de teca (*Tectona grandis* L.F.) comparando o método de amostragem de Bitterlich (empregando três valores para o fator de área basal) com o método de amostragem de área fixa (método tradicional de amostragem). Para comparação dos métodos foi empregado o teste L&O. Para a maioria das comparações realizadas, verificou-se que o método de Bitterlich apresentou resultados de área basal estatisticamente iguais aos obtidos com o método de área fixa. Em relação à eficiência relativa, todas as comparações realizadas indicaram que o método de Bitterlich foi mais eficiente que o método de área fixa.

Palavras-chave: métodos de amostragem; bitterlich; teca.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the relative efficiency of estimating basal area of thinned teak stands (*Tectona grandis* L.F.) comparing the Bitterlich sampling method (employing three values for the basal area factor) with the sampling method of fixed area (traditional method of sampling). For comparison of the methods we used the L&O. For the majority of the comparisons made, the Bitterlich method presented results of basal area statistically equal to the results obtained with the method of fixed area. In relation to the relative efficiency, all comparisons indicated that the Bitterlich method was more efficient than the method of fixed area.

Keywords: sampling methods; bitterlich; teak.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil possui 65.440 hectares reflorestados com teca (*Tectona grandis* L. F.) (ABRAF, 2011), espécie que é relatada por como uma opção de investimento seguro e rentável, formando na propriedade rural um patrimônio de boa liquidez e de grande valorização (RONDON NETO et al., 1998).

Considerando a importância econômica dos povoamentos de teca, torna-se fundamental o emprego de técnicas de manejo precisas e eficientes quanto ao uso dos recursos. Para a realização do manejo florestal é de fundamental importância conhecer as diversas características da floresta, as quais podem ser obtidas pelo inventário florestal, executado por meio da avaliação de parte da população, por meio de amostragem.

A amostragem tem sua importância, na medida em que irá possibilitar a que o trabalho seja realizado com um menor custo, bem como pequeno número de indivíduos pesquisados, devendo estar preocupada com três fatores considerados indispensáveis: precisão, eficiência e correção (MATTAR, 2001).

A literatura é vasta quanto aos métodos de amostragem que podem ser utilizados na área florestal, contudo a escolha do método de amostragem depende das características da floresta, dos objetivos a serem alcançados, dos recursos disponíveis e da precisão requerida (HUSCH et al., 1982).

Vários trabalhos na literatura têm demonstrado a preocupação em se buscar novos métodos de amostragem de modo a tornar os inventários mais baratos e operacionais sem, contudo, perder a precisão nas estimativas das variáveis de interesse. De acordo com Dias e Couto (2005), a definição do método de amostragem que possa ser empregado em diferentes tipos de vegetação e produza resultados precisos e comparáveis entre si, a um menor custo e no menor espaço de tempo possível, é esperança de todo aquele que se dedica a esta área de estudo. No entanto, o que se observa é que cada pesquisador desenvolve o seu

¹Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, *Campus* Jataí, Cx. Postal 3, CEP 75801-615, Jataí-GO.

² Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, *Campus* Goiânia, Cx. Postal 131, CEP 74690-900, Goiânia-GO.

³ Professora do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, *Campus* Jataí, Cx. Postal 3, CEP 75801-615, Jataí-GO.

próprio sistema de amostragem produzindo resultados nem sempre comparáveis com outros estudos, mesmo quando são realizados em um mesmo bioma.

Nakajima et al. (1998) citam que a metodologia de amostragem torna-se, assim, um fator decisivo no contexto da amostragem recomendado para uma dada situação, já que a adequação do método de amostragem para as condições da topografia e da floresta possibilitará um aumento da precisão para um mesmo esforço de amostragem, nas estimativas das variáveis de interesse, e uma redução do tempo de execução, o que, conseqüentemente, refletirá na redução de custos.

Tradicionalmente, o método de amostragem mais utilizado para inventariar florestas equiâneas e inequiâneas é o método que se baseia na alocação de parcelas de área fixa. Este método geralmente possui custo elevado e exige maior tempo para os levantamentos, devido à marcação e medição de um grande número de árvores (HUSCH et al., 1982; PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997). Assim sendo, torna-se importante analisar diferentes métodos de amostragem, visando reduzir o tempo e o custo de execução do inventário, sem perda de precisão.

Apesar do amplo uso do método de área fixa, métodos alternativos existem e podem se constituir na opção ideal em alguns tipos de inventários, especialmente quando se deseja rapidez e eficiência, como é o caso do método de amostragem de Bitterlich (SANQUETTA et al., 2006).

Este estudo teve por objetivo avaliar a eficiência relativa do uso do método de Bitterlich em relação ao método tradicional de amostragem (área fixa) na estimação da área basal de povoamentos desbastados de teca.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados dados provenientes povoamentos desbastados de teca (*Tectona grandis* L.f.) localizado no município de Morrinhos, região Sul do Estado de Goiás. O clima predominante na região é o tropical estacional de savana do tipo Aw, segundo a classificação climática de Köppen, com precipitação média anual de 1.380 mm, período chuvoso compreendido entre outubro e abril e período seco, entre maio e setembro (FREITAS e BLANCANEAUX, 1998).

Foram utilizados dados obtidos de inventário florestal utilizando o método de amostragem de área fixa (método padrão) – método I e o método de amostragem por ponto horizontal (método de Bitterlich) utilizando três valores para o fator de área basal: K = 0,5 – método II; K = 1,0 – método III e K = 2,0 – método IV.

No método de amostragem de parcelas de área fixa, foi empregado o procedimento de amostragem casual estratificada, considerando quatro estratos (diferentes idades) seguindo o procedimento de alocação de parcelas proporcional à área dos estratos, conforme Scolforo e Mello (1998).

As parcelas empregadas no método de área fixa possuíam 20 x 36 m (720 m²). Para o método de Bitterlich, os pontos amostragem foram o centro de cada parcela de área fixa. A caracterização dos estratos com o número de parcelas e pontos estação é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1: Caracterização dos estratos do povoamento em estudo.

TABLE 1: Characterization of the strata of the stand in study.

Estrato	Idade (meses)	Espaçamento inicial	Área (ha)	Número de parcelas/pontos estação
I	180	4 x 3 m	1,21	4
II	108	3 x 2 m	0,89	4
III	60	3 x 3 m	2,87	8
IV	24	3 x 3 m	10,04	15

No método de área fixa, foram mensurados os diâmetros de todas as árvores de cada parcela. Essas informações forneceram os subsídios básicos para a estimativa da área basal por hectare. Para o método de Bitterlich, foram considerados três valores para o fator de área basal (K): 0,5; 1,0 e 2,0, sendo empregado o relascópio eletrônico Haglöf® para obtenção da área basal. As estimativas da área basal por hectare, para cada parcela e para cada ponto foram obtidas com as expressões apresentadas na Tabela 2.

A área basal obtida empregando os métodos II, III e IV foi comparada com a obtida pelo método I empregando o teste L&O proposto por Leite & Oliveira (2002), cujo procedimento resulta da combinação do teste de F (FH₀) Graybill, do teste t para erro médio (t \bar{e}) e da análise de correlação linear ($r_{y_j - \hat{y}_1} = 1 - \bar{e}$) entre os valores observados (Y_j) e os valores estimados (Y₁).

O tempo médio estimado de amostragem foi obtido pela soma dos tempos de execução da amostra, ou seja, apenas foi cronometrado o tempo para instalação e mensuração de cada parcela, conforme Druszcz et al. (2010), não sendo considerado o tempo de deslocamento.

TABELA 2: Estimadores dos parâmetros populacionais para parcelas de área fixa (método I) e para amostragem por pontos horizontais (métodos II, III e IV)*.

TABLE 2: Estimators of population parameters for plots of fixed area (method I) and for sampling points horizontal (methods II, III and IV)

Variável	Método I	Métodos II, III e IV
Área basal por hectare	$G = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n}$	$G = n \times K$

* Em que: G = área basal (m²); g_i = área seccional da i-ésima árvore amostrada na parcela (m²); n = número de árvores amostradas na parcela ou qualificadas no ponto de amostragem; k = fator de área basal.

O cálculo de eficiência relativa foi realizado considerando os tempos médios de mensuração em cada um dos métodos e os coeficientes de variação, conforme apresentado por Borges (2009), pela expressão:

$$ER = \left(\frac{cv_1}{cv_2} \times \frac{t_1}{t_2} \right) \times 100$$

Em que: ER = eficiência relativa; T_i = tempo de medição da unidade amostral “i”; CV = coeficiente de variação.

De acordo com Silva et al. (2005) e Borges (2009), valores menores do que 100 para a eficiência relativa indicam que o procedimento um é mais eficiente do que o procedimento dois, ou seja, o método de área fixa é mais eficiente do que a amostragem realizada pelo método de Bitterlich. Contudo, se o valor da eficiência relativa for igual a 100 ou valores próximos a 100, ambos os procedimentos fornecem estimativas igualmente precisas da verdadeira média da população. Nesse caso, o melhor procedimento será aquele que apresentar o menor erro padrão da média.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 3 são apresentados os resultados médios da estimativa da área basal obtidos para cada método de amostragem utilizado.

TABELA 3: Valor médio da área basal por hectare (G) obtidos com o emprego dos métodos de amostragem I (parcelas de área fixa) e os métodos II, III e IV (Bitterlich: K = 0,5; 1,0 e 2,0, respectivamente).

TABLE 3: Average value of basal area per hectare (G) obtained with the employment of sampling methods I (plots of fixed area) and methods II, III and IV (Bitterlich: K = 0.5; 1.0 and 2.0 , respectively).

Estrato	G (m ² /ha)			
	Método I	Método II	Método III	Método IV
I	116,39	7,81	9,38	10,25
II	9,12	5,25	7,94	8,67
III	9,52	5,25	7,94	8,67
IV	16,52	1,91	1,96	2,33

As estimativas do teste L&O para o parâmetro área basal por hectare envolvendo o método I (parcelas de áreas fixas) e os métodos II (Bitterlich com K = 0,5), III (Bitterlich com K = 1) e IV (Bitterlich com K = 2) são apresentadas na Tabela 4.

Os resultados do L&O apontam que para a maioria das comparações realizadas o método de amostragem de Bitterlich apresentou resultados estatisticamente iguais ao método de área fixa. Para o povoamento mais velho não foi verificada a semelhança de resultados entre os métodos de amostragem, provavelmente esse resultado ocorreu em função de esse povoamento já ter recebido mais desbaste que os demais.

TABELA 4: Estimativas do teste L&O envolvendo os métodos de amostragem I (parcelas de área fixa) e os métodos II, III e IV (Bitterlich: K = 0,5, K = 1,0 e K = 2,0, respectivamente).

TABLE 4: Estimates of L&O test involving the sampling methods I (plots of fixed area) and the methods (II, III and IV (Bitterlich: K = 0.5, K = 1.0 and K = 2.0 , respectively)

Estrato	Método	Teste L&O			
		F(H ₀)	t	r	Decisão*
I	I x II	n.s.	n.s.	n.s.	G _I = G _{II}
	I x III	n.s.	n.s.	n.s.	G _I = G _{III}
	I x IV	n.s.	n.s.	n.s.	G _I = G _{IV}
II	I x II	*	n.s.	n.s.	G _I ≠ G _{II}
	I x III	n.s.	n.s.	n.s.	G _I = G _{III}
	I x IV	n.s.	n.s.	n.s.	G _I = G _{IV}
III	I x II	n.s.	n.s.	n.s.	G _I = G _{II}
	I x III	n.s.	n.s.	n.s.	G _I = G _{III}
	I x IV	n.s.	n.s.	n.s.	G _I = G _{IV}
IV	I x II	n.s.	*	n.s.	G _I ≠ G _{II}
	I x III	n.s.	*	n.s.	G _I ≠ G _{III}
	I x IV	n.s.	*	n.s.	G _I ≠ G _{IV}

* Em que: G_I = área basal obtida pelo método I, G_{II} = área basal obtida pelo método II, G_{III} = área basal obtida pelo método III e G_{IV} = área basal obtida pelo método IV.

O resultado da comparação da eficiência relativa do método de Bitterlich em reação ao método de área fixa é apresentado na Tabela 5.

TABELA 5: Eficiência relativa (ER) dos métodos II, III e IV (Bitterlich: K = 0,5, K = 1,0 e K = 2,0, respectivamente) em relação ao método I (parcelas de área fixa).

TABLE 5: Relative efficiency (ER) of the methods II, III and IV (Bitterlich: K = 0.5 , K = 1.0 and K = 2.0 , respectively) compared to the method I (plots of fixed area)

Estrato	Método	ER
I	I x II	187,5
	I x III	317,8
	I x IV	421,9
II	I x II	2652,5
	I x III	272,2
	I x IV	904,1
III	I x II	584,4
	I x III	3159,5
	I x IV	569,3
IV	I x II	874,3
	I x III	1431,8
	I x IV	4326,7

De acordo com os critérios de decisão para a eficiência relativa apontados por Silva et al. (2005) e Borges (2009), o método de amostragem por ponto horizontal (Bitterlich) foi mais eficiente na estimativa da área basal para todas as comparações realizadas considerando diferentes fatores de área basal.

Nakajima (1997) relata que pelo fato de no método de ponto de Bitterlich a probabilidade de amostragem das árvores ser proporcional à área basal, na estimativa dessa variável esse método tende a ser superior ao método de área fixa, conforme constatado por Druszcz et al. (2010) em povoamentos de *Pinus taeda* e neste estudo.

Druszcz et al. (2010) estimando a área basal de um povoamento de *Pinus taeda* empregando o método de Bitterlich e o método de área fixa com parcela circular, ao calcularem a eficiência relativa para comparar os métodos de amostragem, constataram que o método de Bitterlich foi mais preciso e eficiente que o de área fixa com parcela circular, não havendo diferença estatisticamente significativa entre eles, tanto para o erro de amostragem quanto para a eficiência relativa.

Ainda segundo os mesmos autores, o método de Bitterlich deve ser recomendado em situações em que o volume é a variável de maior importância, já que os resultados mostraram ser este um método preciso para estimativa direta dessa mesma variável. É um método rápido, por não haver necessidade de mensurar os diâmetros das árvores.

CONCLUSÕES

Recomenda-se o emprego do método de Bitterlich para estimativas da área basal de povoamentos florestais.

AGRADECIMENTOS

Aos proprietários da Fazenda Vera Cruz, em Morrinhos-GO, pelo apoio logístico durante a coleta dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010**. Brasília: ABRAF, 2011. 130p.
- BORGES, L.M. **Amostragem aleatória de ramos como técnica para quantificar a produção de frutos de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae)**. 2009. 147f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília.
- DIAS, A.C.; COUTO, H.T.Z. Comparação de métodos de amostragem na floresta ombrófila densa – Parque Estadual Carlos Botelho/SP–Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, v. 17, n. 1, p. 63-72, 2005.
- DRUSZCZ, J.P.; NAKAJIMA, N.Y.; PÉLLICO NETTO, S.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de *Pinus taeda*. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 739-754, 2010.
- FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. Avaliação sobre os aspectos climatológicos e hidrológicos da microbacia piloto de Goiás, Morrinhos. In: BLANCANEUX, P. (Ed.). **Interações ambientais no Cerrado: microbacia piloto de Morrinhos, Estado de Goiás, Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPS, 1998. p. 31-52.
- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402p.
- LEITE, H.G.; OLIVEIRA, F.L.T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, p.7-8, 2002.
- MATTAR, F.N. **Pesquisa de Marketing**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2001. 275p.
- NAKAJIMA, N.Y. **Comparison of four ground-survey methods when used as permanent samples in the continuous forest inventory for forest management**. Kagoshima University. The United Graduate School of Agricultural Sciences, 1997. 91p.
- NAKAJIMA, N.Y.; KIRCHNER, F.F.; SANQUETTA, C.R.; POSONSKI, M. **Elaboração de um sistema de amostragem para estimativa de valores correntes e mudança/crescimento em reflorestamento de Pinus**. Curitiba: CNPq/UFPR, 1998. 33p.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. **Inventário florestal**. Curitiba: [s.e.], 1997. 316p.
- RONDON NETO, R.M.; MACEDO, R.L.G.; TSUKAMOTO FILHO, A.A. **Formação de povoamentos florestais com *Tectona grandis* L.f. (teca)**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1998. 29p. (Boletim Técnico, Série Extensão nº 33).
- SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F.; DALLA CÔRTE, A.; FERNANDES, L.A.V. **Inventários florestais: planejamento e execução**. Curitiba: [s.e.], 2006. 271p.
- SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 341p.
- SILVA, A.G.; GONÇALVES, W.; LEITE, H.G. Estudo comparativo entre os procedimentos de amostragem casual simples e amostragem sistemática em inventários de arborização urbana. **Natureza & Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 63-73, 2005.

FLORÍSTICA DO ESTRATO ARBÓREO DE UMA ÁREA DE VÁRZEA NA CIDADE DE MACAPÁ, AMAPÁ

FLORISTIC OF TREES OF A FLOODPLAIN AREA IN MACAPÁ, AMAPÁ

Anderson Pedro Bernardina Batista³; Wegliane Campelo da Silva Aparício¹; Perseu da Silva Aparício²; Diego Armando da Silva Aparício³; João Ramos de Matos Filho³; Camila Elizabete Severiano³

RESUMO

No estado do Amapá, os ambientes de várzea ocupam aproximadamente 5% do seu território. São caracterizados principalmente pelo ciclo diário de enchentes e vazantes do rio, formando uma vegetação característica desses ambientes. Sendo assim, este estudo teve como objetivo realizar um Inventário Florístico da comunidade arbórea da área, em proximidade de centros urbanos, submetida à ação antrópica. O estudo foi desenvolvido numa Floresta Densa de Planície Aluvial na cidade de Macapá, Amapá. Possui uma área de aproximadamente 11 hectares, situada na região estuarina do estado. Possui um clima equatorial super-úmido (Am). Com precipitação média anual de 2.500mm e temperatura média anual variando de 25 a 27°C. A caracterização da flora arbórea foi realizada por meio de campanhas de campo. Foram contados todos os indivíduos arbóreos com circunferência à altura do peito a 1,30 m do solo (CAP) \geq 10 cm. No inventário florístico foram encontrados 2.071 indivíduos distribuídos em 24 famílias, 40 gêneros, 51 espécies, sendo que 3 foram identificadas apenas em nível de gênero, 4 não identificadas e 2 espécies exóticas. As famílias 6 que apresentaram maior número de espécies foram: Fabaceae com 6 espécies, Caesalpiniaceae com 4 espécies, Euphorbiaceae, Mimosaceae, Myrtaceae, Sapotaceae com 3 espécies. Portanto, o inventário florístico apresentou espécies características de uma floresta de várzea do estuário amazônico, inclusive espécies de potencial madeireiro, corroborando com estudos realizados em florestas de várzea no Amapá.

Palavras-chave: Inventário Florístico; Estuário; Potencial Madeireiro.

ABSTRACT

In the state of Amapá, floodplain environments occupy approximately 5% of its territory. They are characterized mainly by the daily cycle of flood and ebb of the river, forming a vegetation characteristic of these environments. Therefore, this study aimed to conduct a floristic survey of the tree community of the area in proximity to urban centers, subject to human action. The study was conducted in a dense forest Alluvial Plain in the city of Macapa, Amapa. It has an area of approximately 11 hectares, located in the estuarine region of the state. It has a super-humid equatorial climate (Am). With average annual rainfall of 2.500mm and mean annual temperature ranging from 25 to 27 ° C. The characterization of arboreal flora was carried out by means of field campaigns. We counted all trees with 10 cm \geq circumference at breast height at 1.30 m above the ground (CAP) In the floristic survey found 2,071 individuals in 24 families, 40 genera, 51 species, of which three were identified only in the genus level, 4 and 2 unidentified exotic species. The six families with the highest number of species were Fabaceae with 6 species, 4 species in Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae, Myrtaceae, Sapotaceae with 3 species. Therefore, the floristic species showed characteristics of a floodplain forest of the Amazon estuary, including species of timber potential, corroborating studies in lowland forest in Amapá.

Keywords: Floristic Inventory; Estuary; timber potential.

INTRODUÇÃO

Atualmente a Floresta Amazônica é considerada como maior reservatório natural da diversidade vegetal do planeta, onde cada um de seus diferentes ambientes possui uma flora rica e variada, muitas vezes endêmicas (OLIVEIRA e AMARAL, 2004).

Dentre as suas peculiaridades dessa extensa floresta, mencionamos os ambientes de várzea que

¹ Engenheira Florestal, Dra. Professora do curso do Engenharia Florestal/UEAP e do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellcampelo@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical/UNIFAP. Professor do curso do Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

³ Graduandos do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). CEP: 68925-000, Macapá (AP) anderson_pedro22@yahoo.com.br

se caracterizam principalmente por sofrer vazão constante dos rios, formando assim, uma vegetação específica desses ambientes.

No estado do Amapá, esses ambientes ocupam aproximadamente 5 % do seu território. Apresentam números reduzidos de registros de desmatamento e exploração (PAOF, 2010). Isso pode estar associado, principalmente pela forma de uso dessas áreas, que em sua maioria, são utilizadas pelas populações ribeirinhas, para sua subsistência, através da pesca e pequenos cultivos. Entretanto, estudos sobre esses ambientes são deficientes, contribuindo sistematicamente para sua destruição.

Segundo Gama et al. (2005) na região norte a grande dificuldade em comparar a composição florística das florestas Amazônicas pode ser atribuída à falta de um banco de dados oriundo de inventário florestal sistemático da flora arbórea, onde em muitos locais, tem-se pouca ou nenhuma informação botânica.

Considerando a falta de conhecimento dos recursos florestais, coligada com o crescimento da população, principalmente na cidade de Macapá, onde localiza-se a área do presente estudo, essa deficiência pode acarretar um aumento da pressão antrópica, visto que esta se localiza entre as cidades de Macapá e Santana, consideradas os maiores centros urbanos do estado.

Dessa forma, torna-se importante conhecer a composição florística dos ecossistemas, nesse caso, da área pertencente ao campus da Universidade do Estado do Amapá, localizada entre os maiores centros urbanos do Amapá, com intuito de proporcionar o conhecimento das espécies existentes no local, antes da construção do campus, para auxiliar na formulação de estratégias de preservação da área. Nesse contexto, uma das formas de se obter a caracterização da vegetação é através do levantamento florístico.

Segundo Marangon et al. (2007), quando se revela a identidade das espécies e o comportamento em comunidades vegetais, já se tem o começo de todo processo para compreensão dos ecossistemas.

Sendo assim, o presente trabalho pretende responder os seguintes questionamentos: As principais espécies madeireiras encontradas em florestas de várzea distantes de áreas urbanas serão encontradas na área em estudo? A área apresentará uma riqueza de espécies alta, quando comparada com outros estudos em mesma tipologia?

Considerando tais questionamentos, o estudo tem como objetivo realizar um Inventário Florístico da comunidade arbórea do campus da UEAP, área em proximidade de centros urbanos, submetida à ação antrópica.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área

O estudo foi desenvolvido numa Floresta Densa de Planície Aluvial (DRUMMOND, 2004), popularmente conhecida como floresta de várzea, pertencente à Universidade do Estado do Amapá (UEAP), na cidade de Macapá, Amapá, nas coordenadas 0°02'01,07''S e 51°04'46,66''W. Possui uma área de aproximadamente 11 hectares, situada na região estuarina do estado (Figura 1).

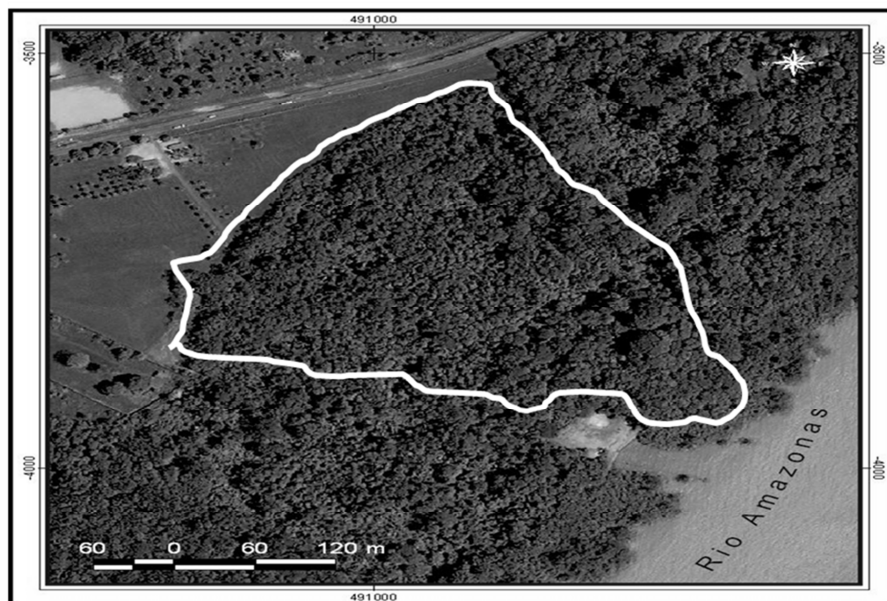


FIGURA 1: Localização da área pertencente a UEAP, onde foi realizado o inventário florístico na floresta de várzea, Macapá – AP.

FIGURE 1: Location of the area belonging to UEAP where floristic survey was conducted in the floodplain forest, Macapá - AP.

A área possui um clima equatorial super-úmido (Am). No período mais frio apresenta elevados índices de pluviosidade com precipitação anual de cerca de 2.500mm e temperatura média anual variando de 25 a 27°C (DRUMMOND, 2004).

Inventário Florístico

A caracterização da flora arbórea foi realizada por meio de campanhas de campo com base na metodologia empregada por Marangon (1999). Este procedimento consiste em visitas ao local de estudo, com o intuito de delinear uma forma de caminhada que procure contemplar as possíveis variações do ambiente, visto que tais variações podem determinar sítios distintos o que, certamente, irão influenciar na diversidade específica (MARANGON et al., 2003).

Para orientar as campanhas de campo foram lançados 5 transectos na área de estudo, equidistantes 72 m (Figura 2). A partir de cada transecto, seguiu-se o trajeto leste/ oeste, num raio de 10 m de um lado para o outro e foram contados todos os indivíduos arbóreos com circunferência à altura do peito a 1,30 m do solo (CAP) ≥ 10 cm. Para evitar a sobreposição de indivíduos utilizou-se tinta à base d'água para marcar os indivíduos contabilizados.

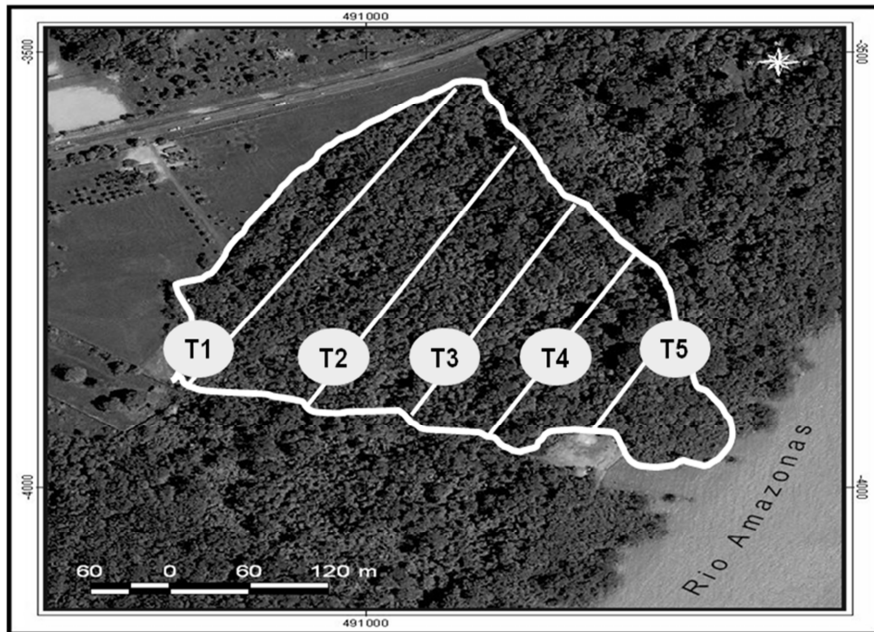


FIGURA 2: Localização da área de estudo e dos transectos instalados na floresta de várzea na área pertencente a UEAP, Macapá – AP.

FIGURE2: Location of the study area and transects installed in the floodplain forest in the area belonging to UEAP, Macapá - AP

De cada espécie encontrada, mesmo quando reconhecida em campo por paratônimo por suas características dendrológicas, foram realizadas coletas de material botânico, devidamente etiquetado com placas numeradas em ordem crescente para auxiliar na identificação por especialistas. A nomenclatura seguiu o sistema de classificação de Cronquist (1988).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inventário Florístico

No Inventário Florístico foram encontrados 2.071 indivíduos distribuídos em 24 famílias, 40 gêneros, 51 espécies (Tabela 1), sendo que 3 foram identificadas apenas em nível de gênero, 4 não identificadas e 2 espécies exóticas.

TABELA 1: Relação das espécies arbóreas ocorrentes no Inventário Florístico em ordem alfabética, de família, espécie e número de indivíduos (NI) no Campus da UEAP, Macapá-AP.

TABLE1: List of tree species occurring in the Floristic Inventory in alphabetical order, family, species and number of individuals (NI) on the campus of UEAP, Macapá-AP.

Família	Nome Científico	Nome Popular	NI
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Taperebá	279
	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	7
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Envireira Branca	67
	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	Envireira Preta	41
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	Morototó	5
Bombacaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Mamorana	8
Caesalpiniaceae	<i>Mora paraensis</i> Ducke	Pracuúba	77
	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	Pracaxi	68
	<i>Tachigali myrmecophila</i> Ducke	Tachi	7
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	1
Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusa</i> Trécul	Embaúba	56
	<i>Pourouma</i> sp.	Embaúba	12
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Anani	58
	<i>Platonia insignis</i> Mart.	Bacurí	1
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	Seringueira	88
	<i>Hura crepitans</i> L.	Assacú	51
	<i>Sapium prunifolium</i> Klotzsch	Murupita	34
Fabaceae	<i>Dussia discolor</i> (Benth.) Amshoff	Mututirana	33
	<i>Swartzia polyphylla</i> A.DC.	Pitaíca	27
	<i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber	Mututi	19
	<i>Swartzia racemosa</i> Benth.	Pacapeuá	16
	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Faveira	6
	<i>Platymiscium trinitatis</i> Benth.	Macacaúba	1
Flacourtiaceae	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	Andorinha	25
Humiriaceae	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	Uchirana	11
Icacinaceae	<i>Dendobrangia boliviana</i> Rusby	Caferana	1
Lauraceae	<i>Licaria mahuba</i> Kosterm	Maúba	6
Lecythidaceae	<i>Gustavia hexapetala</i> (Aubl.) Sm.	Jeniparana	7
Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	153
Mimosaceae	<i>Inga gracilifolia</i> Ducke	Inga Ferrugem	55
	<i>Inga negrensis</i> Benthham	Inga Branco	31
	<i>Inga brevense</i> Aublet	Inga Pracuuba	23
Moraceae	<i>Maquira coriacea</i> (Karst.) C.C.Berg	Muiratinga	46
	<i>Ficus maxima</i> Mill.	Cachinguba	28
Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	Virola	179
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	Maniva de Veado	117
	<i>Eugenia malaccensis</i> L.	Jambeiro	5
	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiabeira	1
Rubiaceae	<i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth.	Pau-Mulato	301
	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	11
Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i> sp.	Mata Pasto	4
Sapotaceae	<i>Pouteria spruceana</i> (Mart. & Miq.) Baehni	Guajará Pedra	10
	<i>Pouteria bilocularis</i> (H. Winkl.) Baehni	Abiurana	7
	<i>Pouteria procera</i> (Mart.) T.D.Penn.	Maçaranduba da Várzea	2
Sterculiaceae	<i>Sterculia pilosa</i> Ducke	Capoteiro	32
	<i>Herrania mariae</i> Goud.	Cacau Jacaré	16
Tiliaceae	<i>Apeiba burchelii</i> Sprague.	Chapéu de Sol	2
Indeterminada 1	Indeterminada 1	Indeterminada 1	26
Indeterminada 2	Indeterminada 2	Indeterminada 2	4
Indeterminada 3	Indeterminada 3	Indeterminada 3	3
Indeterminada 4	Indeterminada 4	Indeterminada 4	3

Vale ressaltar que as espécies exóticas encontradas no estudo, estão localizadas na borda da área de estudo. Tal fato pode ser respondido devido a intensa ação antrópica e/ou histórico da área.

As famílias que apresentaram maior número de espécies foram: Fabaceae com 6 espécies, Caesalpiniaceae com 4 espécies, Euphorbiaceae, Mimosaceae, Myrtaceae, Sapotaceae cada uma com 3 espécies e Anacardiaceae, Annonaceae, Cecropiaceae, Clusiaceae, Moraceae, Rubiaceae, Sterculiaceae, cada família com 2 espécies.

Em termos de abundância, as dez famílias que apresentaram maior número de indivíduos na área em estudo foram: Rubiaceae com 312 indivíduos (15,06%), seguida da Anacardiaceae com 286 indivíduos (13,80%), Myristicaceae com 179 indivíduos (8,64%), Euphorbiaceae com 173 indivíduos (8,35%), Caesalpiniaceae com 153 indivíduos (7,38%), Meliaceae com 153 indivíduos (7,38%), Myrtaceae com 123 indivíduos (5,93%), Mimosaceae com 109 indivíduos (5,26%), Annonaceae com 108 indivíduos (5,21%) e Fabaceae com 102 indivíduos (4,92%) (Figura 3).

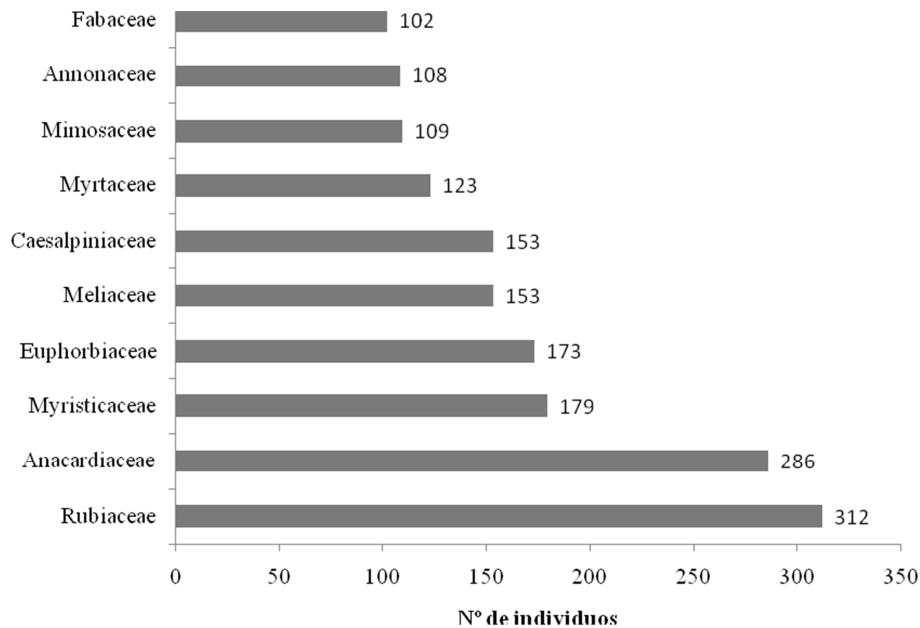


FIGURA 3: Famílias que apresentaram maior abundância no Inventário Florístico no Campus da UEAP, Macapá- AP.

FIGURE3: Families with higher abundance in the Floristic Inventory of Campus UEAP, Macapá-AP.

No Inventário Florístico no Campus da UEAP, as dez famílias com maior abundância totalizaram 81,93% do total, sendo que as Leguminosas representaram 17,56%. Para Junk (1984) citado por Rabelo et al. (2002), a explicação para a abundância de Leguminosas na região do estuário é devida ao fato das espécies pertencentes a este grupo possuírem mecanismos de fixação de nitrogênio, que segundo o autor é um dos fatores limitantes para as plantas nesses ambientes.

Resultados encontrados por Santos e Jardim (2006) em 4 ha em uma floresta de várzea no município de Santa Bárbara do Pará, mostraram as leguminosas como as famílias mais bem representadas em número de espécies, Caesalpiniaceae (9 espécies), Mimosaceae (8 espécies), Fabaceae (7 espécies).

As dez espécies que apresentaram maior abundância foram: *Calycophyllum spruceanum* com 301 indivíduos, *Spondias mombin* com 279 indivíduos, *Virola surinamensis* com 179 indivíduos, *Carapa guianensis* com 153 indivíduos, *Eugenia* sp. com 117 indivíduos, *Hevea brasiliensis* com 88 indivíduos, *Mora paraensis* com 77 indivíduos, *Pentaclethra macroloba* com 68 indivíduos, *Xylopia aromática* com 67 indivíduos e *Symphonia globulifera* com 58 indivíduos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Rabelo et al. (2002), em 5 ha na localidade do Lontra da Pedreira, Amapá, onde foi observada uma riqueza de 67 espécies e a espécie madeireira mais abundante foi o *Calycophyllum spruceanum* com 33 indivíduos/ha, *Virola surinamensis*, com 7 indivíduos/ha e *Platymiscium filipes*, com 2 indivíduos/ha.

Os resultados encontrados por Costa Neto e Rosário (2008), em 3 parcelas de 1000 m² em floresta de várzea no município de Gurupá, Pará, mostraram o *Calycophyllum spruceanum* com maior abundância 60 indivíduos (20 ind/ ha), seguido por *Spondias mombin*, com 21 indivíduos (7 ind/ ha). No entanto, os resultados encontrados por Carim et al., (2008), em 5 ha de floresta de várzea no município de Mazagão, Amapá, apresentaram menor semelhança, com 82 espécies encontradas e a espécie mais abundante foi a *Mora paraensis* com 365 indivíduos.

Queiroz (2004) em 10 parcelas de 1 ha cada, em floresta de várzea do estuário do rio Amazonas, Amapá, medindo árvores com (DAP \geq 5 cm), encontrou 116 espécies, sendo 92 conhecidas e 24 desconhecidas, 89 gêneros, sendo 84 conhecidos e cinco desconhecidos, pertencentes a 38 famílias, sendo 37 conhecidas e 1 desconhecida, de um total de 8.879 indivíduos. Sendo que as espécies que mais ocorreram nas cinco parcelas amostrais da várzea baixa e nas cinco da várzea alta, mostrando uma plasticidade excelente. São elas: *Carapa guianensis*, *Pentaclethra macroloba*, *Eugenia brawsbergii*. O

autor destaca algumas espécies que mostraram boa capacidade de adaptação nas áreas de estudo como a *Spondias mombin*, *Symphonia globulifera*, *Hevea brasiliensis*, *Platymiscium filipes*, *Pterocarpus amazonicus*.

Vale ressaltar que, a grande abundância do *Calycophyllum spruceanum* na área do Campus da UEAP, pode indicar que essa área sofreu algum tipo de destruição anteriormente que resultou na abertura de clareiras e favoreceu para a regeneração natural dessa espécie.

Algumas espécies se mostraram com um número mínimo de indivíduos, são elas: *Pouteria procera* com 2 indivíduos, *Platymiscium trinitatis* com 1 indivíduo, *Hymenaea courbaril* com 1 indivíduo, *Platonia insignis* com 1 indivíduo, *Apeiba burchellii* com 2 indivíduos, *Dendobrangia boliviana* com 1 indivíduo. Isso pode estar associado à difícil adaptação dessas espécies no ambiente, ou simplesmente, estão situadas mais próximas ao rio por preferência. E por consequência disso, possuem maior dificuldade de fixar propágulos e regenerar.

A área apresentou indícios de perturbação antrópica, isso ocorre principalmente pela sua localização próxima de centros urbanos, tornando-se uma área de fácil acesso e, portanto, vulnerável para a prática de exploração de seus recursos seja madeireiro ou não. Tal fato contribui também para possível extinção de espécies, principalmente aquelas que possuem valor no mercado.

CONCLUSÃO

O Inventário Florístico do Campus da UEAP apresentou espécies características de uma floresta de várzea do estuário amazônico, inclusive espécies de potencial madeireiro, corroborando com estudos realizados em florestas de várzea no Amapá. Comprovando que a área mesmo próxima de centros urbanos ainda apresenta relativo estado de conservação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade do Estado do Amapá (UEAP) pela estrutura oferecida e a Secretaria de Ciência e Tecnologia pela concessão da bolsa, através do PIBIC/ SETEC/ UEAP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

CARIM, M. de J. V.; JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição Florística e Estrutura de Floresta de Várzea no Município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil. **Scientia Forestales**, Piracicaba, v.36, n.79, p.191-201.2008.

COSTA NETO, S. V.; ROSÁRIO, C. S. Análise Fitossociológica das várzeas da RDS Itatupã e Baquia, Gurupá, Pará, Brasil. In: V Seminário de Iniciação Científica do IEPA Amapá. **Revista Pesquisa e Iniciação Científica Amapá**. n.1. p.50. 2008.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. 2º. ed., New York: The New York Botanical Garden, 555 p. 1988.

DRUMMOND, J.A. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. IBAMA; SEMA-AP, Macapá, 235 p.2004.

GAMA, J. R. V.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo Sustentado para Floresta de Várzea na Amazônia Oriental. Pará, Brasil. **Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.719-729, 2005.

MARANGON, L. C. **Florística e fitossociologia de área de floresta estacional semidecidual visando dinâmica de espécies florestais arbóreas no município de Viçosa-MG**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 139 p.1999.

MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P. Florística arbórea da Mata da Pedreira, município de Viçosa, Minas Gerais, **Árvore**, v.27, 2003.

MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P.; BRANDÃO, C. F. L. S. Estrutura Fitossociológica e Classificação Sucessional do Componente Arboreo de um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no Município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 208-221, abr./jun. 2007.

OLIVEIRA, A.N.; AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**. v. 34, n.1, 2004.

PAOF. Plano Anual de Outorga Florestal. Macapá: GEA/ IEF, 2010. 37p.

QUEIROZ, J. A. L. **Fitossociologia e distribuição diamétrica em floresta de várzea do estuário do rio Amazonas no estado do Amapá**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba,

101 p.2004.

RABELO, F.G.; ZARIN, D.J.; OLIVEIRA, F.A.; JARDIM, F.C.S. Diversidade, composicao floristica e distribuição diamétrica do povoamento com $DAP \geq 5$ cm em região do estuário do Amapá. **Ciências Agrárias**, Belem, v.37, n.37, p.91-112.2002.

SANTOS, G. C.;JARDIM, M. A. G. Florística e estrutura do estrato arbóreo de uma floresta de várzea no município de Santa Bárbara do Pará, Brasil. **Acta Amazonica**. v. 36, n.4, p.437– 446.2006.

RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS DE ÁRVORES DOMINANTES DE *Pinus taeda* L. EM PRIMEIRA E SEGUNDA ROTAÇÃO EM SÍTIOS SIMILARES EM CAMBARÁ DO SUL, RS

RELATIONS MORPHOMETRY DOMINANT TREES *Pinus taeda* L. IN FIRST AND SECOND ROTATION ON SIMILAR SITES IN CAMBARÁ DO SUL, RS

Anna Paula Lora Zimmermann¹; Frederico Dimas Fleig²

RESUMO

Neste trabalho são apresentados parâmetros morfométricos de árvores dominantes de *Pinus taeda* L. para primeira e segunda rotação em sítios similares em Cambará do Sul, RS. Os dados foram coletados em amostras temporárias alocadas em povoamentos com 13 anos de idade implantados em espaçamento 3 x 2 m que sofreram desbaste seletivo no oitavo ano. A árvore de maior diâmetro a altura do peito (dap) foi considerada a dominante da unidade amostral, sendo desta mensuradas as variáveis dap, altura total, altura de inserção e projeção da copa pela medição de oito raios de copa fixos. Foram coletadas 40 árvores, contemplando 20 árvores em cada local. As características morfométricas analisadas foram: dap, altura total, comprimento da copa, diâmetro da copa, área da copa, volume dacopa, índice de saliência, índice de abrangência, grau de esbeltez e formal de copa. Foi realizada a análise de variância para a comparação de médias para as duas rotações, e, para o estudo das relações interdimensionais, as variáveis morfométricas foram relacionadas com o dap e a altura total por meio da correlação de Pearson. Houve maior crescimento em diâmetro e altura na área de segunda rotação.

Palavras-chave: relações interdimensionais; relação hipsométrica; rotação; árvore dominante.

ABSTRACT

This study presents parameters morphometric of dominant trees of *Pinus taeda* L. in first and second rotation in similar sites in Cambará do Sul, RS. Data were collected on samples placed in temporarily with 13 years of age, implanted in spacing 3 x 2 m, who suffered selective thinning the eight year. The largest tree diameter at breast height was considered dominant in the sample unit. The variables measured were dbh, total height, insertion height, projection of the crown by measuring eight rays. Forty trees were collected, contemplating 20 trees at each site. The morphometric characteristics analyzed were: length crown, crown diameter, crown area, crown volume, index overhang, index slenderness and crown formal. We performed analysis of variance to compare means for two rotations and for the study in inter-dimensional relationships, the morphometric variables were related to dbh and total height by Pearson correlation. There was a greater height and diameter grown in the area of the second rotation.

Keywords: interdimensional relations; hypsometric relation; rotation; dominant tree.

INTRODUÇÃO

A fonte de energia para as árvores é a luz do sol, onde o processo de fotossíntese a transforma em energia química. Uma vez que a copa das árvores é responsável por este processo, suas dimensões estão diretamente relacionadas ao crescimento das árvores. Porém, a medição das variáveis morfométricas da copa requerem muito tempo e então, o diâmetro e a altura acabam sendo utilizados na estimativa das demais variáveis. Alguns autores como Schneider (1993) mostram que há uma alta correlação entre o dap e o diâmetro da copa e este valor é influenciado pela qualidade do sítio. Assim, os fatores químicos, físicos e biológicos do solo estão são estreitamente ligados a produtividade, sendo que um mesmo sítio pode ser produtivo para determinada espécie e se mostrar desfavorável para outras.

As empresas florestais são carentes de informações precisas sobre o potencial do solo para produzir madeira. Essas informações são de suma importância para os planos de manejo e viabilidade do empreendimento florestal. O conhecimento da ciclagem de nutrientes torna-se imprescindível visto que os fluxos de entrada e saída e, principalmente o estoque de nutrientes acumulado devem ser levados em consideração na execução do plano de manejo.

Diante deste contexto, este trabalho procurou investigar o comportamento da produtividade através de variáveis morfométricas de árvores dominantes de *Pinus taeda* em uma área pertencente a empresa Cambará S.A em sítios similares em primeira e segunda rotação no município de Cambará do Sul, RS.

¹Engenheira Florestal. Rua Floresta, 277 CEP 97110290, Santa Maria (RS),zimmermann-a@hotmail.com

²Engenheiro Floresta, Professor Dr. Adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). dimasfleig@uol.com.br

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Alterações no solo pelo gênero *Pinus*

Áreas de florestamentos e plantio direto são técnicas de exploração conservacionista do solo, principalmente naqueles que possuem baixa fertilidade e susceptibilidade à erosão. Adotando essas metodologias busca-se minimizar a degradação química e física do solo (PRADO e NATALE, 2003). A escolha do melhor modelo de manejo deve estar atribuída a estudos de impacto de solo e das transformações resultantes dos plantios de determinadas culturas. Muitas pesquisas vem sendo desenvolvidas a fim de avaliar os impactos e transformações que espécies florestais provocam no solo. Corazza et al. (1999) apontaram que em áreas de plantio direto e reflorestamento no cerrado acumularam maior quantidade de carbono no solo quando comparadas a uma área de cultivo convencional.

O gênero *Pinus* é um dos mais utilizados no reflorestamento no sul do Brasil devido ao fato de que suas espécies possuem boa produtividade e alta qualidade da madeira. Porém, ainda não se tem conhecimento das mudanças causadas no solo por este gênero. Araújo et al. (2007) comparando a qualidade do solo para diferentes tipos de plantios constataram que em uma área reflorestada com pinus houve uma melhoria nas propriedades físicas do solo quando comparada a uma área de produção agrícola. Os autores atribuíram este fato a minimização da mobilização do solo e da sobreposição de uma camada de serrapilheira mantida pela espécie. Morales et al. (2010) sugerem que a espécie *Pinus taeda* faz a manutenção da qualidade do solos, pois os autores encontraram solos com estabilidade de agregados até 0,6 m de profundidade para uma área em terceira rotação da espécie.

Segundo Reichert et al. (2003) a matéria orgânica (MO) é uma dos melhores indicadores da qualidade do solo pois tem alta relação com as características químicas, físicas e biológicas. Brun (2008) encontrou teores maiores de MO em área de *Pinus taeda* quando a comparou com campo e área de Floresta Ombrófila Mista em duas regiões do Rio Grande do Sul. Alguns outros autores também demonstraram em seus estudos a melhoria de outras características do solo tais como porosidade (SCHUMACHER et al., 2000) e condutividade hidráulica (CAVICHIOLO et al., 2005).

Variáveis morfométricas das árvores

Para Durlo e Denardi (1998), o diâmetro da copa é uma variável básica na dedução das demais características da árvore, pois corresponde ao comprimento da linha de projeção entre os pontos mais extremos da copa. Os autores citam ainda, que quando um povoamento é manejado pela condução de árvores individuais, faz-se necessário conhecer o número de árvores que ficarão até o final da rotação, ou seja, o espaço que cada árvore ocupará ao atingir sua maturidade. O comprimento da copa indica a altura que a copa da árvore atingiu.

O Grau de Esbeltez é a relação entre a altura total da árvore e o diâmetro a altura do peito. Para Tonini e ArcoVerde (2005) uma relação h/dap maior que um indica a necessidade de desbaste na área visto que o crescimento em diâmetro está reduzido em relação ao crescimento em altura. O Índice de Saliência relaciona o diâmetro da copa e o dap e demonstra quantas vezes o diâmetro da copa é maior que o dap. Quando um povoamento é manejado pelo diâmetro atingido pelos componentes que o integram e haver uma correlação entre estas variáveis pode-se determinar o número máximo de árvores que caberão neste espaço.

A razão entre o diâmetro da copa e a altura total da árvore é conhecida como Índice de Abrangência (DURLO e DENARDI, 1998). Tonini e ArcoVerde (2005) citam que este índice tende a diminuir com o crescimento da árvore, uma vez que o aumento da altura não é acompanhado, proporcionalmente, pelo aumento em diâmetro de copa, ou seja, o crescimento em altura, embora reduzido, ainda é maior quando comparado com o crescimento do diâmetro da copa. O Formal de Copa expressa a relação entre o diâmetro da copa e o comprimento da copa. A análise deste índice indica qual a forma geométrica que a árvore mais se assemelha. Roman et al. (2009) citam que valores baixos de formal de copa indicam copas mais esbeltas enquanto valores maiores definem copas mais arredondadas.

MATERIAIS E MÉTODO

Os dados foram levantados em dois povoamentos distintos pertencentes a empresa Cambará Celulose, no município de Cambará do Sul, RS. Pela classificação de Köppen o clima predominante na região é do tipo Cfb1, temperado úmido. A temperatura média anual fica em torno de 14,8°C, sendo a temperatura mínima média anual de 10 °C e a máxima de 21,3°C. A pluviosidade média anual é de 1787 mm e a umidade do ar fica em torno de 80% (MORENO, 1961). Nas duas áreas estudadas, predominam solos do tipo Cambissolo Húmico Alumínico típico, pertencentes a unidade de mapeamento Bom Jesus (EMBRAPA, 2006). Foram analisados povoamentos em diferentes rotações. O projeto denominado Projeto Cambará 37 está localizado na Fazenda Olaria, com aproximadamente 38 ha em primeira rotação. A área de segunda rotação é denominada Projeto Cambará 10, com aproximadamente 635 ha de plantio na Fazenda Varzinha. Os povoamentos foram implantados em 1997 com espaçamento inicial de 3 x 2m

sendo realizado desbaste seletivo ao oitavo ano. Estudando as alterações do solo nestes mesmos locais, Abraão (2011), concluiu que não há variações de sítios nas duas fazendas.

Os dados para a realização deste estudo são provenientes de 40 árvores, sendo 20 árvores dominantes em área de primeira rotação e 20 em área de segunda rotação. Foram alocadas parcelas temporárias ao longo dos povoamentos onde a árvore de maior diâmetro a altura do peito foi considerada dominante sobre as suas vizinhas da linha e entrelinha. De cada árvore dominante, foram medidos: diâmetro a altura do peito, altura total (h), altura de inserção e diâmetro de copa (dc). O diâmetro da copa foi obtido pela medição de oito raios em direções fixas com o auxílio de uma trena.

Como variáveis morfométricas foram utilizadas: diâmetro da copa (dc); comprimento da copa (cc), área da copa (ac), volume de copa (vc); grau de esbeltez (Ge); índice de saliência (Is); índice de abrangência (Ia) e formal de copa (Fc), conforme descrito por Durlo e Denardi (1998).

O comprimento da copa (cc) foi obtida pela diferença entre a altura total e a altura de inserção. O volume da copa foi obtido pela multiplicação do comprimento da copa pela área da copa. O grau de esbeltez foi calculado por $GE = \frac{h}{dap}$. O índice de saliência foi calculado por $IS = \frac{dc}{dap}$ e o índice de

abrangência foi obtido por $IA = \frac{dc}{h}$. O formal de copa foi dado por $FC = \frac{dc}{hc}$. Para comparação dos locais realizou-se a análise de variância.

Para verificar as correlações existentes entre as variáveis morfométricas e o diâmetro e altura utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de árvores por hectare (N), comprimento da copa, volume da copa e grau de esbeltez não sofreram influência da rotação nos seus valores. A área basal por hectare (G) mostrou superioridade na área de segunda rotação sendo influenciada pelo fator local, mesmo tendo menor número de árvores por hectare. Pode-se inferir que houve uma melhora no sítio de segunda rotação e conseqüentemente maior acúmulo de área basal e produção visto que os dois sítios são originalmente similares como comprovado por Abraão (2011).

Nota-se superioridade nas variáveis dendrométricas das árvores dominantes na área de segunda rotação como pode ser observado na Tabela 1.

TABELA 1: Dendrometria e morfometria de *Pinus taeda* no município de Cambará do Sul, RS.

TABLE 1: Dendrometric and morphometric of *Pinus taeda* in Cambará do Sul RS.

Local	Dados do povoamento		Parâmetros dendrométricos		Parâmetros morfométricos							
	N	G*	dap*	h*	cc	dc*	ac*	vc	Is*	Ia*	Ge	Fc*
Área de primeira rotação (Olaria)	957	53,6	28,8	14,9	6,0	4,1	13,1	54,9	14,1	0,27	0,52	0,69
Área de segunda rotação (Varzinha)	855	60,8	33,1	17,0	6,2	3,7	11,0	41,8	11,3	0,22	0,52	0,60

Onde: N: número de árvores por hectare, G: área basal por hectare (m²/ha), dap: diâmetro a altura do peito (cm), h: altura total da árvore (m); id: intensidade de desbaste (média de árvores retiradas de cada amostra); cc: comprimento da copa; dc: diâmetro da copa (m); ac: área da copa (m²); vc: volume da copa; Is: índice de saliência; Ia: índice de abrangência; Ge: grau de esbeltez; Fc: formal de copa.* diferença significativa pelo teste-F em nível de 5% de probabilidade de erro.

O dap e a altura das árvores dominantes apresentam diferenças como já observadas por Abraão (2011) que analisou os mesmos povoamentos em época anterior e também encontrou médias significantes maiores para estas variáveis na área de segunda rotação. Essa superioridade pode ser devida as modificações físicas e químicas promovidas pela rotação anterior como já observado em outras populações de *Pinus* spp. por Will e Ballard (1976), onde o maior crescimento em altura em áreas anteriormente florestadas foi relacionada com a deposição de serrapilheira e resíduos da colheita. Na área em estudo o crescimento em altura em segunda rotação é em média dois metros superior a primeira rotação evidenciando que a remoção total da biomassa acima do solo praticada pela empresa para utilização como energia térmica não limita o desenvolvimento das árvores.

A relação entre esses dois valores expresso pelo grau de esbeltez ou relação h/d não apresentou média influenciado pela diferença de rotação pois, para árvores dominantes esta relação deve ser

semelhante. Contudo, como pode ser observado na Figura 1 mesmo que os povoamentos sejam da mesma idade, as curvas de relação hipsométrica possuem inclinações diferentes.

Pode-se notar também que para um mesmo diâmetro existem várias alturas distintas e, esta faixa de variação é maior na área de segunda rotação como pode ser observado no gráfico bloxpot representado pela Figura 2. Cada espécie possui uma inclinação na curva da relação h/d característica (LOETSCH et al, 1973). Schneider (1993) diz que curvas mais íngremes são relacionadas a sítios melhores e em sítios ruins essa curva tende a ser mais plana. Finger et al (2000) diz que a qualidade sítio pode afetar a relação h/d sendo que quanto melhor o sítio mais elevada será sua curva diante das demais. Para Scolforo (1997) outro fator que pode afetar esta relação é o comprimento das copas pois quanto maior a copa menor a relação entre o diâmetro e a altura.

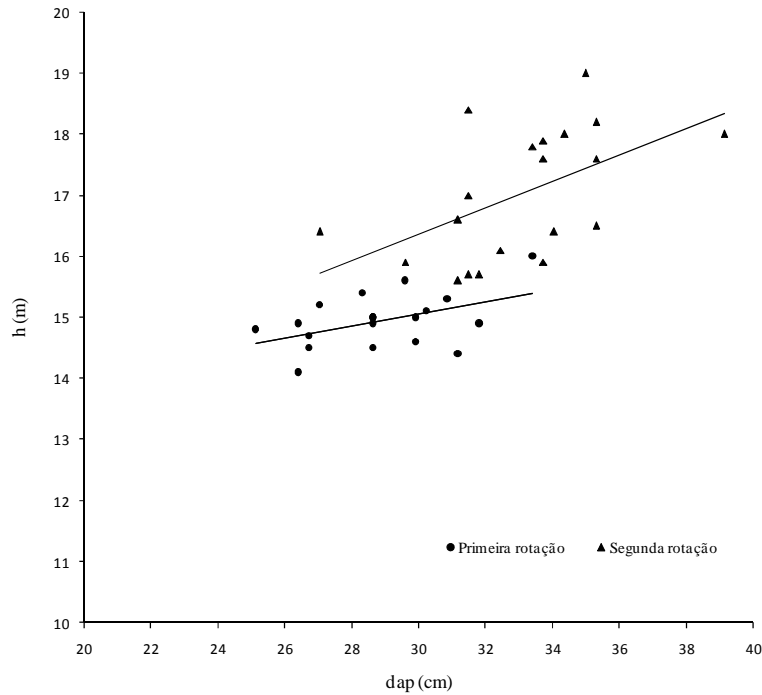


FIGURA 1: Relação hipsométrica para *Pinus taeda* em diferentes rotações em Cambará do Sul.
 FIGURE 1: Hypsometric relation for *Pinus taeda* in different rotations in Cambará do Sul.

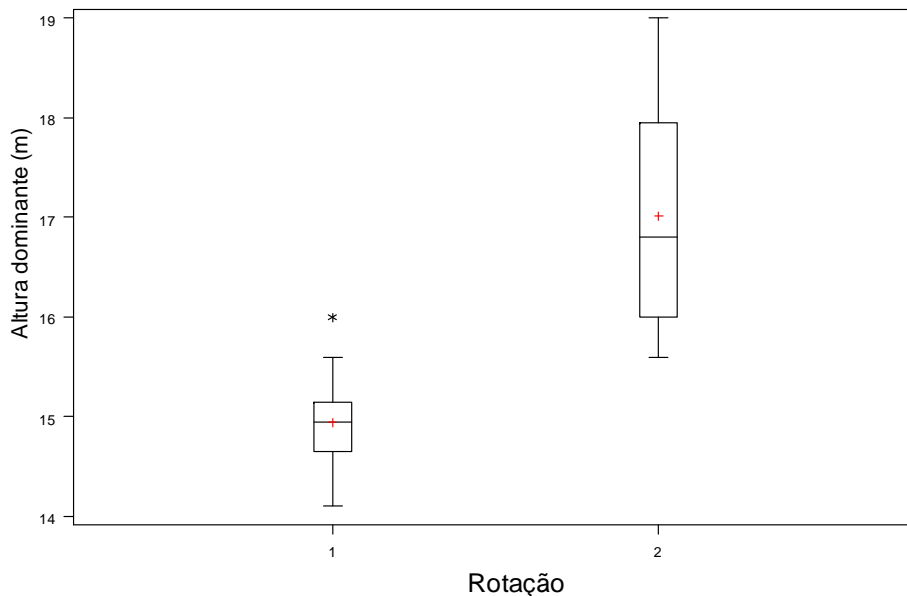


FIGURA 2: Faixa de variação observada para a altura dominantes nas duas rotações.
 FIGURE 2: Range of variation observed for the dominant height in two rotations.

As variáveis diâmetro e comprimento da copa diferem estatisticamente suas médias conforme o

local de coleta. Valores superiores para diâmetro e área da copa em área de primeira rotação indicam que houve o desenvolvimento de copas mais largas e vigorosas, o que parece não ter influenciado no crescimento em diâmetro e altura neste local. Assmann (1970) relata que copas mais altas e mais finas são mais produtivas do que copas mais largas e baixas. Através do formal de copa que se mostrou não influenciado pelo local de coleta, pode-se notar que as árvores da segunda rotação são mais altas. Isto também pode ser elucidado analisando-se o índice de saliência, expresso pela razão entre o diâmetro da copa e o dap que indicou que as copas de pinus na área de primeira rotação são cerca de 14 vezes maior que o DAP enquanto na segunda rotação esta relação está em torno de 11.

Este valor está abaixo do índice de saliência encontrado por Durlo e Denardi (1998) para *Cabralea canjerana* onde o valor ficou próximo a 20. Já Roman et al. (2009) encontraram valor próximo a 25 para *Cordia trichotoma*. Segundo Dawkins (1963) apud Cunha (2009), espécies que apresentam esta razão em torno de 15 possuem maior crescimento volumétrico quando comparadas as espécies que possuem este índice em torno de 25.

TABELA 2: Correlação entre as variáveis morfométricas e o diâmetro a altura do peito e a altura total da espécie estudada.

TABLE 2: Correlation between morphometric variables and the diameter at breast height and total height of the species studied.

Variáveis dendrométricas	Variáveis morfométricas							
	hc	cc	ac	vc	Is	Ia	Ge	Fc
Primeira rotação								
dap	0,275	0,412	0,420	0,525*	-0,173	0,306	-0,911**	0,045
h	0,502*	0,376	0,390	0,599**	0,076	0,137	-0,700	-0,100
Segunda rotação								
dap	0,543*	0,525*	0,519*	0,586**	-0,120	-0,183	-0,651*	-0,258
h	0,426	0,431	0,443	0,499*	0,104	-0,108	0,299	-0,046

*Correlação significativa ao nível de 0,01.**Correlação significativa ao nível de 0,05.

Analisando os valores da Tabela 2, nota-se que o dap tende a se relacionar melhor com as variáveis morfométricas. As correlações positivas do dap para comprimento da copa, diâmetro da copa, área da copa, volume da copa nos dois locais indicam que estes valores aumentam a medida que o dap cresce.

A correlação negativa entre o dap e o índice de abrangência na área de segunda rotação indica que a medida que o dap aumenta, este índice diminui, ou seja, o comprimento da copa aumenta conforme o dap aumenta como pode ser observado na mesma tabela. Caso houver uma correlação entre este valor com a altura das árvores, este índice poderá também ser usado como indicador para os próximos desbastes neste local (DURLO e DENARDI, 1998). A correlação negativa entre o índice de abrangência e a altura ocorre porque o aumento da altura não ocorre proporcionalmente ao aumento do diâmetro da copa, sendo este menor que o crescimento em altura das árvores analisadas (TONINI e ARCO VERDE, 2005). Durlo (2001) encontrou correlações negativas entre o dap e as variáveis morfométricas de *Cabralea canjerana*, verificando que a medida que o dap engrossa há aumento do diâmetro e proporção da copa e diminuição do índice de saliência. Orellana e Koeher (2008) também encontraram correlação negativa entre o dap e o índice de saliência em estudo com *Ocotea odorifera* no Paraná. Para Durlo et al. (2004), a análise do índice de saliência é de fundamental importância quando se pretende manejar o povoamento pelo seu diâmetro atingido ao invés da idade. Assim, se houver uma correlação entre o dap e o índice de saliência, o número máximo de árvores suportadas em determinada unidade de área pode ser calculado através deste índice. O diâmetro da copa tende a aumentar nos dois locais (Tabela 2) o que já era esperado. Portanto é de fundamental importância determinar esta variável a fim de ser feita a suposição do espaço necessário para que esta árvore não tenha limitações no seu crescimento o povoamento vai crescendo. A partir do conhecimento do espaço a ser reservado para cada árvore, é possível prever antecipadamente o número de árvores que será possível manter em determinada área (ROMAN et al., 2009).

CONCLUSÕES

A remoção total dos resíduos da colheita realizado pela empresa não limitou o crescimento em dap e altura no sítio com segunda rotação.

As maiores médias de dap e altura total das árvores dominantes foram observadas na segunda rotação, conferindo maior produtividade para este local.

As variáveis número de árvores por hectare, comprimento de copa, volume de copa e grau de esbeltez não diferiram significativamente com a diferença de rotação.

As variáveis área basal por hectare, diâmetro de copa, área de copa, índice de saliência, índice de abrangência e formal de copa diferiram estatisticamente com as rotações, sempre indicando que houve uma melhora da produção na área com segunda rotação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAÃO, S. F. **Alterações físicas e químicas de um Cambissolo Húmico em povoamento de *Pinus taeda* L. com diferentes rotações.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. 96 p.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, set./out. 2007.
- ASSMANN, E. **The Principles of Forest Yield Study.** München: BLV, 1970. 490 p.
- BRUN, E. J. **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *P. elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul.** 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- CAVICHIOLO, S. R.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Modificações nos atributos físicos de solos submetidos a dois sistemas de preparo em rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 571-577, jul./ago. 2005.
- CORAZZA, E. J. et al. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:425-432, 1999
- CUNHA, T. A. **Modelagem do Incremento de Árvores Individuais de *Cedrela odorata* L. na Floresta Amazônica.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. 88p.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66, Nov. 1998.
- DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-150, jun. 2001.
- DURLO, M.A.; SUTILI, F.J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89, dez. 2004.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FINGER et al., Curvas de altura-diâmetro de acácia negra (*Acacia mearnsii* de Wild). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 3, 2000.
- LOETSCH, F., ZOEHRER, F., HALLER, K.E. **Forest inventory.**Berlin : BLV Verlag, 1973. 469p
- MORALES, C. A. S. et al. Qualidade do solo e produtividade de *Pinus taeda* no planalto catarinense. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 629-640, out./dez. 2010.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria de Agricultura – RS, 1961. 41p.
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A.B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237, abr./jun. 2008.
- PRADO, R. M.; NATALE, W. Alterações na granulometria, grau de floculação e propriedades químicas e de um latossolo vermelho distrófico, sob plantio direto e reflorestamento. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 45-52, jan./jun. 2003.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 26, p. 26-48, jul./dez. 2003.
- ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (vell.) arrab. ex steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480, out.-dez., 2009
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal 2, Técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira**, UFLA/FAEPE/DCF,1997. 292p.
- SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria: Ed. UFSM, 1993. 348
- SCHUMACHER, M. V. et al. **Caracterização física e química de um solo em uma área de campo**

nativo, com floresta de *Pinus taeda* L. Santa Maria: Laboratório de Ecologia Florestal/FATEC/UFSM, 2000. 30 p.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, jul. 2005.

Will, G. M.; BALLARD, R., Radiata pine-soil degrader or improver? **New Zeland. 11 For.**, 21 (2): 248-52. 1976.

MODELAGEM DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA EM PLANTIOS DE *Eucalyptus* sp.

VOLUME PRODUCTION MODELING IN *Eucalyptus* sp. PLANTATIONS

Antonio Carlos Ferraz Filho¹; Charles Plínio da Silva Castro²; Andressa Ribeiro³;
José Roberto Soares Scolforo⁴

RESUMO

Modelos são abstrações do sistema real, permitindo inferir sobre mudanças ocorridas na estrutura e na produtividade de povoamentos florestais, sendo usados para atualizar dados passados e projetar o crescimento florestal para o futuro, sendo uma poderosa ferramenta para o manejo florestal. Este trabalho teve como objetivo apresentar diferentes opções para realizar a modelagem do crescimento de *Eucalyptus* sp., utilizando dados de inventário contínuo. O primeiro passo foi realizar a classificação de sítio das parcelas testando diferentes modelos. O modelo que apresentou melhor estabilidade para a classificação do sítio foi o de Bailey e Clutter. O próximo passo consistiu em ajustar dois diferentes tipos de modelos de produção global, um de projeção e outro de predição. Foi relatado que enquanto modelos de projeção são mais precisos na estimativa do volume por hectare, estes possuem a desvantagem de requer dados de uma primeira medição do talhão para efetuar a prognose, enquanto os modelos de predição necessitam apenas da idade para tal fim. A etapa final do trabalho foi testar diferentes funções de densidade de probabilidade para compor um modelo de prognose por classes diamétricas, sendo testadas as seguintes funções: Weibull, Beta e Sb de Johnson. Foi concluído que a função Sb tem maior habilidade em descrever a distribuição diamétrica quando todos os dados da parcela são conhecidos, porém quando inserida em um sistema de equações de prognose esta apresentou acurácia e precisão inferior às funções de Weibull e Beta.

Palavras-chave: função de densidade de probabilidade; índice de sítio; modelagem florestal.

ABSTRACT

Models are abstractions of an observed system, allowing the inference about structure changes and productivity of forest stands, being used to update past data and for the projection of future forest growth, being therefore a powerful tool for forest management. This work had as an objective to present different options to model *Eucalyptus* sp. growth, using continuous inventory data. The first step was to perform the site index classification testing different models. The model that presented the best stability for site classification was Bailey and Clutter's. The next step was to adjust two different types of stand level models, a projection and a prediction type model. It was reported that while projection models are more accurate in estimating the volume per hectare, these have the disadvantage of requiring data from a first measurement of the stand in order to realize the prognosis, highlighting the advantage of prediction models that only require age for such ends. The final stage of this work was to test different probability density functions to compose a diameter class prognosis model, where the following functions were tested: Weibull, Beta and Johnson Sb. It was concluded that while the Sb function has a greater ability to describe the diametric distribution when all the data is present, when inserted prognosis system of equations it presents an inferior accuracy and precision than the Weibull and Beta functions.

Keywords: probability density function; site index; forest modeling.

INTRODUÇÃO

Vanclay (1994) discorreu que um modelo de crescimento é uma abstração da dinâmica natural de um povoamento natural, podendo englobar crescimento, mortalidade e outras mudanças na composição e estrutura do povoamento. O termo "modelo de crescimento" comumente empregado no meio florestal, geralmente refere-se a um sistema de equações, que podem predizer o crescimento e produção de um

¹Engenheiro Florestal, M.Sc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). acferrazfilho@gmail.com

²Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). charles.plinio@plantar.com.br

³Engenharia Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba (PR). andressa.florestal@gmail.com

⁴Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). jscolforo@dcf.ufla.br

povoamento total, sob uma ampla variedade de condições. Assim, um modelo de crescimento pode abranger uma série de equações matemáticas, valores numéricos encaixados nestas equações, uma lógica necessária para ligar estas equações de forma significativa e a programação computacional necessária para implementação do modelo em um computador.

Na abordagem empregada em modelos em nível de povoamento, um valor agregado de volume do talhão é estimado, utilizando-se variáveis em níveis de povoamento (como idade, índice de sítio, área basal ou número de árvores), mas nenhuma informação da distribuição do volume em classes de tamanho é fornecida (Burkhart et al., 1981). Na abordagem de modelos por classe diamétrica, o número de árvores por hectare em cada classe diamétrica é estimado através do uso de uma função densidade de probabilidade, fornecendo a frequência relativa de árvores em cada classe diamétrica. A altura total média é estimada para árvores de uma determinada classe diamétrica, crescendo em condições determinadas e o volume por classe diamétrica é calculado, usando a altura média estimada e o valor central da classe diamétrica, sendo esses valores inseridos em um modelo de volume. Valores de produção por hectare são obtidos somando-se os volumes das classes diamétricas de interesse. Apenas valores ao nível do talhão (como idade, índice de sítio, área basal ou número de árvores) são necessários como variáveis de entrada e os valores detalhados de distribuição diamétrica do talhão são obtidos como uma variável de saída. Os vários modelos de distribuição de diâmetros diferem, principalmente, na função usada para descrever a distribuição do diâmetro.

De acordo com Burkhart et al. (1981), a escolha de um modelo adequado, para retratar o crescimento e produção de uma floresta depende do nível de detalhamento das respostas desejadas e das práticas de manejo a serem avaliadas. Enquanto modelos globais são adequados quando a floresta em questão tem o objetivo de produzir madeira para celulose ou energia, respostas mais detalhadas são desejadas quando o objetivo da floresta é produzir produtos mais nobres, como madeira para serraria. Nesses casos modelos formulados para produzir respostas por classes diamétricas são mais indicados.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de diferentes opções de modelagem do crescimento florestal de *Eucalyptus*, iniciando com a classificação de sítio, passando para a elaboração de duas opções de modelos globais (modelos de predição e projeção) e finalizando com o desenvolvimento de um sistema de prognose por classes diamétricas testando diferentes funções de densidade de probabilidade para descrever a distribuição do diâmetro.

MATERIAL E MÉTODO

Base de dados

A base de dados utilizada é composta de um conjunto de dados (10 parcelas) de um inventário florestal contínuo (48 medições) em *Eucalyptus* localizado no sudeste brasileiro, conforme apresentada em Scolforo (2006) e sumarizada na Tabela 1.

TABELA 1: Estatísticas descritivas da base de dados utilizada.

TABLE 1: Descriptive statistics of the database used.

Variável	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão
Idade - Id (anos)	2,6	4,5	6,4	1,3
Numero de árvores - N (N/ha)	730,9	1051,4	1293,8	150,3
DAP mínimo - Dmin (cm)	1,6	4,0	8,3	1,5
DAP médio - DAP (cm)	8,0	12,5	17,6	2,0
DAP máximo - Dmax (cm)	11,1	18,0	27,1	3,6
DAP moda - (cm)	7,6	13,4	24,0	3,3
Variância em DAP - VarDAP (cm ²)	2,7	7,0	14,1	2,4
Altura média - Ht (m)	11,0	16,5	22,9	3,2
Altura dominante - Hdom (m)	11,1	19,3	30,1	4,5
Área basal - G (m ² /ha)	5,7	13,5	23,9	4,2
Volume - V (m ³ /ha)	28,5	113,4	251,1	52,7

Metodologia para classificação e escolha do índice de sítio

Foram testados três diferentes modelos para a classificação do índice de sítio, conforme apresentados por Scolforo (2006) e mostrados na Tabela 2.

TABELA 2: Modelos testados para a estimativa do índice de sítio.

TABLE 2: Models tested for the site index estimation.

Modelo	Equação
Schumacher	$\ln Hd = \beta_0 + \beta_1 * (1/I)$
Chapman e Richards	$Hd = \beta_0 [1 - \exp(-\beta_1 * I)]^{1/(1 - \beta_2)}$
Bailey e Clutter	$\ln Hd = \beta_0 + \beta_1 * [(1/I)^{\beta_2}]$

A escolha do melhor modelo foi feita principalmente com a avaliação da estabilidade que cada modelo apresentou. Assim, para uma avaliação mais robusta, foram fixados os limites inferiores e superiores em cada classe para os três modelos (Tabela 3). Para determinar quais limites utilizar, primeiramente foi fixado a idade de referência; como esta deve ser próxima à idade de rotação e também estar presente na base de dados medida, foi determinado seis anos como idade de referência.

Modelos de produção volumétrica globais

Foram testadas duas estratégias para obter o volume global dos talhões no futuro, sendo uma o ajuste de um modelo de projeção (onde é necessário ter ao menos uma medição do talhão a ser prognosticado) e outra o ajuste de um modelo de predição (não necessita de uma medição).

TABELA 3: Limites inferiores (LI) e superiores (LS) utilizados na classificação do índice de sítio (IS).

TABLE 3: Inferior (LI) and superior (LS) limits used in classification of the site index.

Classes	LI (m)	LS (m)	IS (m)
V	17	20	18,5
IV	20	23	21,5
III	23	26	24,5
III	26	29	27,5
I	29	32	30,5

Modelo de projeção

O modelo de produção de Sullivan e Clutter (1972) foi ajustado para a base de dados utilizando a metodologia do ajuste simultâneo, onde as parcelas são consideradas como permanentes e temporárias simultaneamente (Scolforo 2006). A estrutura do modelo ajustado é apresentada na equação (1).

$$\ln V2 = \beta_0 + \beta_1 * Id2^{-1} + \beta_2 * IS^{-1} + \beta_3 * \left(\frac{Id1}{Id2} \right) * \ln(G1) + \beta_4 * \left(1 - \frac{Id1}{Id2} \right) + \beta_5 * \left(1 - \frac{Id1}{Id2} \right) * IS \quad (1)$$

Modelo de predição

O modelo de produção de Chapman e Richards foi ajustado para a base de dados estratificada por sítio. A estrutura do modelo ajustado por sítio é apresentada na equação (2).

$$\text{Volume} = \beta_0 * [1 - \exp(\beta_1 * Id)]^{1/(1 - \beta_2)} \quad (2)$$

Função de densidade de probabilidade (fdp)

Com intuito de determinar qual modelo de função de densidade de probabilidade (fdp) melhor se ajusta à base de dados, três funções foram testadas com diferentes metodologias de ajuste. As distribuições testadas nas 48 remedições foram: Beta, Sb de Johnson e Weibull (2P e 3P). A metodologia usada para recuperar os parâmetros das distribuições foi a dos momentos para todas as distribuições testadas, conforme descritas por Scolforo (2006). A metodologia da moda também foi testada para a distribuição Sb (SCOLFORO et al., 1995). Para as distribuições Sb e Weibull, diferentes valores do percentual do diâmetro mínimo foram testados para determinar o parâmetro de locação que gerou estimativas mais acuradas.

Foi utilizado como parâmetro de avaliação a somatória do valor de Kolmogorv-Smirnov para todas as parcelas, sendo a distribuição que apresentar o menor valor a mais precisa (FERRAZ FILHO, 2009).

Modelo de produção por classe diamétrica

Os modelos que foram utilizados no sistema de prognose podem ser conferidos na Tabela 4. Sempre que possível, foi dada a preferência para os modelos de projeção. A sequência de cálculos efetuados para recuperar os parâmetros das fdp's para cada opção de sistema de prognose é a mesma

apresentada em Scolforo (2006).

TABELA 4: Modelos que compõem o sistema de prognose necessários em cada distribuição (onde 1=Sb momentos, 2=Sb moda, 3=Beta, 4=Weibull).

TABLE 4: Models that compose the prognosis system required for each distribution (where 1=Sb moments, 2=Sb mode, 3=Beta, 4=Weibull).

Característica	Modelo	Distribuição
G2	$EXP(LN(G1)*(Id1/Id2) + \beta_4/\beta_3*(1-(Id1/Id2)) + \beta_5/\beta_3*(1-(Id1/Id2))*IS)$	1,2,3,4
N2	$N1*(Id2/Id1)^{\beta_0} * \exp((\beta_0 + \beta_2*IS)*(Id2-Id1))$	1,2,3,4
Dmin	$\beta_0 + \beta_1*DAPMedio - \beta_2*IS$	1,2,3
Dmax	$\beta_0 + \beta_1*N + \beta_2*G$	1,2,3
Vardap2	$(\beta_0*(Vardap1/\beta_0)^{(\ln(1-\exp(\beta_1*Id2)))/(\ln(1-\exp(\beta_1*Id)))})$	1,2,3,4
DAP Moda	$\beta_0 + \beta_1*G$	3

O modelo de área basal é derivado do modelo global de Sullivan e Clutter (1972). O modelo de sobrevivência é de Clutter et al. (1983). O modelo de variância de DAP é uma modificação do modelo de Chapman e Richards apresentado em Ferraz Filho (2009). Os modelos de diâmetro mínimo, diâmetro máximo e moda foram obtidos por meio do procedimento Stepwise.

Avaliação da acurácia e precisão dos diferentes modelos

Para acessar a acurácia e precisão dos diferentes modelos testados foi empregada a formulação de Soares et al. (1995), apresentada na Tabela 5.

TABELA 5: Cálculos realizados para acessar a acurácia e precisão.

TABLE 5: Equations used to access the accuracy and precision.

	Resíduo Médio	Resíduo Médio %
Acurácia	$\sum \left(\frac{y - \hat{y}}{n} \right)$	$100 \sum \left(\left[\frac{y - \hat{y}}{y} \right] / n \right)$
	Resíduo Médio Absoluto	Resíduo Médio Absoluto %
Precisão	$\sum \left \frac{y - \hat{y}}{n} \right $	$100 \sum \left(\left \frac{y - \hat{y}}{y} \right / n \right)$

Avaliação dos modelos de produção por classe diamétrica

Para avaliar qual sistema de prognose melhor estimou os dados reais, foram empregadas duas alternativas, a primeira consistiu em selecionar a primeira medição de cada parcela e projetar suas características até a última idade de medição disponível (denominada projeção juvenil), a segunda consistiu em selecionar a penúltima medição de cada parcela e projetar suas características até a última idade de medição disponível (denominado projeção madura).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ajuste dos modelos de sítio e classificação do índice de sítio

Para uma classificação de sítio mais confiável, é desejável que os gráficos de resíduos e parâmetros estatísticos dos modelos estejam dentro de limites aceitáveis. A Tabela 6 mostra os parâmetros ajustados para os três modelos bem como as estatísticas de qualidade de ajuste.

TABELA 6: Parâmetros ajustados e estatísticas de qualidade de ajuste para os três modelos de sítio testados, onde o Syx é o erro padrão residual e o R² o coeficiente de determinação.

TABLE 6: Adjusted parameters and adjustment quality statistics for the three site models tested, where Syx is the residual standard error and R² is the coefficient of determination.

Parâmetro	Schumacher	Chapman e Richards	Bailey e Clutter
β_0	3,5357	33,3856	49,0010
β_1	-2,4621	-0,1908	-46,9953
β_2	-	0,9530	0,0137
Média de resíduos	0,1560	-0,0010	0,1500
Syx	2,6200	2,6300	2,6470
Syx%	13,5760	13,6280	13,7160
R ²	71,6000	65,1000	70,1000

Ao avaliar as estatísticas de ajuste não foi encontrada nenhuma discrepância capaz de comprometer a qualidade da classificação do índice de sítio. Como critério da escolha do melhor modelo para a classificação do índice de sítio, a estabilidade foi usada. A estabilidade é quantificada como o número de vezes que cada parcela apresentou mudança em relação aos limites de sítio apresentados na Tabela 3. A Tabela 7 mostra o número de mudanças na classificação de sítio para cada modelo.

TABELA 7: Estabilidade da classificação do índice de sítio.
TABLE 7: Stability of the site index classification.

Estabilidade	Bailey e Clutter	Chapman e Richards	Schumacher
Não mudou	4	3	2
mudou 1x	4	5	4
mudou 2x	2	2	3
mudou 3x	0	0	1
Total de mudanças	8	9	13

De acordo com a Tabela 7, o modelo que gerou a classificação mais estável foi o de Bailey e Clutter, sendo então selecionado para a classificação de sítio final. A Tabela 8 mostra os limites estimados de cada classe de sítio nas diferentes idades e a Figura 1 mostra a evolução das curvas ao longo da idade.

TABELA 8: Limites inferiores (LI) e superiores (LS) de cada classe de sítio nas diferentes idades.
TABLE 8: Inferior (LI) and superior (LS) limits of each site index at different ages.

Idade	Classe V		Classe IV		Classe III		Classe II		Classe I	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
1	05,45	06,41	06,41	07,38	07,38	08,34	08,34	09,30	09,30	10,26
2	08,49	09,99	09,99	11,49	11,49	12,99	12,99	14,49	14,49	15,99
3	10,98	12,92	12,92	14,86	14,86	16,80	16,80	18,74	18,74	20,68
4	13,17	15,50	15,50	17,82	17,82	20,15	20,15	22,47	22,47	24,80
5	15,16	17,84	17,84	20,51	20,51	23,19	23,19	25,86	25,86	28,54
6	17,00	20,00	20,00	23,00	23,00	26,00	26,00	29,00	29,00	32,00
7	18,72	22,03	22,03	25,33	25,33	28,64	28,64	31,94	31,94	35,24
8	20,35	23,95	23,95	27,54	27,54	31,13	31,13	34,72	34,72	38,31
9	21,91	25,77	25,77	29,64	29,64	33,50	33,50	37,37	37,37	41,23
10	23,39	27,52	27,52	31,65	31,65	35,78	35,78	39,90	39,90	44,03
11	24,82	29,20	29,20	33,58	33,58	37,96	37,96	42,34	42,34	46,72
12	26,20	30,82	30,82	35,45	35,45	40,07	40,07	44,70	44,70	49,32
13	27,54	32,39	32,39	37,25	37,25	42,11	42,11	46,97	46,97	51,83
14	28,83	33,92	33,92	39,01	39,01	44,09	44,09	49,18	49,18	54,27
15	30,09	35,40	35,40	40,71	40,71	46,02	46,02	51,33	51,33	56,64

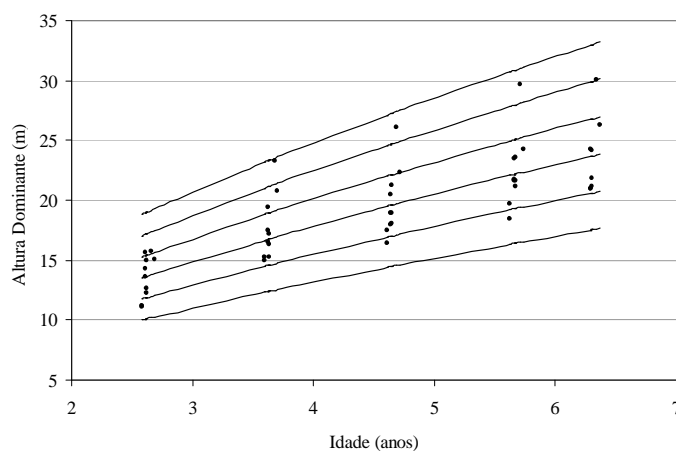


FIGURA 1: Amplitude das cinco classes de sítio geradas pelo modelo de Bailey e Clutter, os círculos sólidos representam os valores observados.

FIGURE 1: Range of the five site classes generated by Bailey and Clutter's model, the solid circles represent the observed values.

Após a classificação definitiva de cada parcela na sua classe de sítio, foram averiguadas as proporções que estas ocorreram, conforme mostra a Tabela 9. A análise da Tabela 9 mostra que os talhões estão compreendidos principalmente em sítios mais pobres, sendo que metade dos talhões localizados em sítio de classe IV.

TABELA 9: Número de parcelas total e percentual em cada classe de sítio.
TABLE 9: Total and percentage number of plots for each site class.

Índice de sítio	Número de parcelas	Número de parcelas (%)
I	1	10
II	0	0
III	3	30
IV	5	50
V	1	10

Ajuste dos modelos globais de produção volumétrica

A Tabela 10 mostra os parâmetros ajustados e estatísticas de ajuste para o modelo de Sullivan e Clutter. A Tabela 11 mostra os parâmetros ajustados e estatísticas de ajuste para o modelo de Chapman e Richards, onde foram quatro modelos ajustados, sendo um para cada sítio.

TABELA 10: Parâmetros ajustados e estatísticas de qualidade de ajuste para o modelo de produção de Sullivan e Clutter.

TABLE 10: Adjusted parameters and adjustment quality statistics for Sullivan and Clutter's production model.

Parâmetro	Valor
β_0	2,25657
β_1	-1,22854
β_2	-10,10700
β_3	1,21201
β_4	2,94923
β_5	0,05118
Média de resíduos	-0,07300
Syx	5,91100
Syx%	4,89500
R^2	99,07400

TABELA 11: Parâmetros ajustados e estatísticas de qualidade de ajuste para o modelo de produção de Chapman e Richards.

TABLE 11: Adjusted parameters and adjustment quality statistics for Chapman e Richards' production model.

Parâmetro	Sítio			
	V	IV	III	I
β_0	159,893000	194,618000	213,715000	268,814000
β_1	-0,463978	-0,365114	-0,493152	-0,718766
β_2	0,755694	0,692771	0,747982	0,862477
Média de resíduos	-0,035000	-0,006000	-0,014000	0,014000
Syx	4,240000	12,243000	10,390000	4,876000
Syx%	5,347000	13,150000	7,975000	2,603000
R^2	98,530000	89,623000	94,816000	99,484000

Comparação entre os modelos de produção de Sullivan e Clutter e Chapman e Richards

A prognose do volume até dez anos foi feita utilizando as duas estratégias de ajuste, conforme mostra a Figura 2. Para a prognose utilizando o modelo de Sullivan e Clutter as últimas medições de cada parcela foram utilizadas para realizar as projeções.

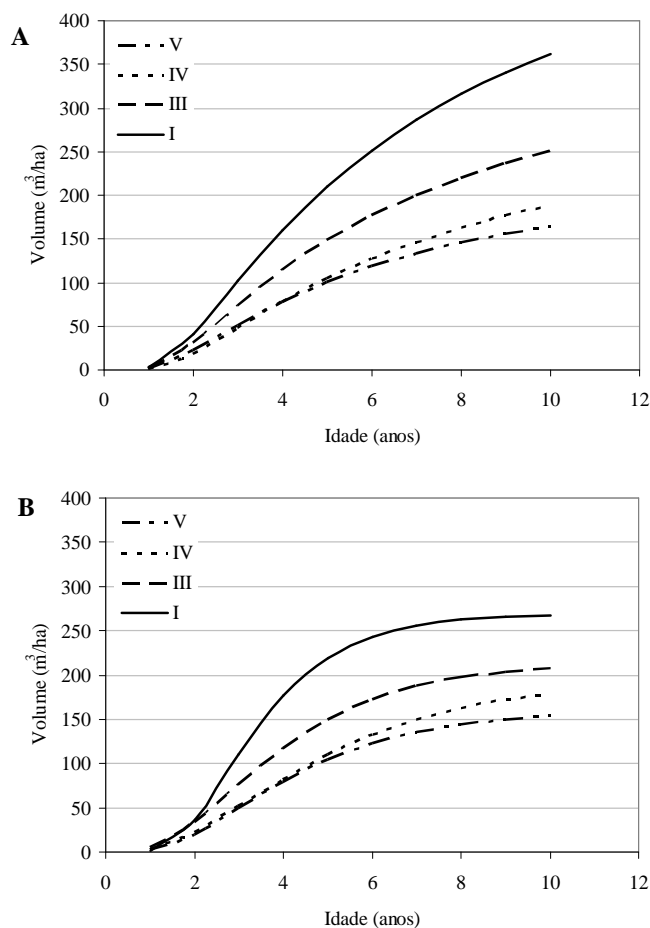


FIGURA 2: Prognose do volume até os dez anos utilizando o modelo de Sullivan e Clutter (A) e Chapman e Richards (B).

FIGURE 2: Volume prognosis up to ten years using the Sullivan and Clutter's (A) and Chapman and Richards' model (B).

Observou-se que quando a estratégia de prognose utilizada é a do modelo de Chapman e Richards ocorre uma estagnação do crescimento em volume após aproximadamente o sétimo ano, fato que não ocorre quando o modelo de Sullivan e Clutter é empregado. Isto ocorre devido à natureza biológica do modelo de Chapman e Richards, onde o parâmetro β_0 apresentado na Tabela 11 é relativo à assíntota do modelo e expressa o máximo de volume que cada sítio pode produzir. Como as últimas medições feitas nos plantios são de aproximadamente sete anos, não há como saber qual modelo estima as características de volume no futuro com mais precisão.

Acurácia e precisão dos modelos globais

De acordo com a Tabela 12, o modelo de Chapman e Richards gera estimativas de volume mais acuradas do que o modelo de Sullivan e Clutter, ou seja, os resíduos do modelo de Chapman e Richards são mais balanceados em torno do valor de zero do que os de Sullivan e Clutter. Porém, a precisão do modelo de Sullivan e Clutter é bastante superior à precisão do modelo de Chapman e Richards. Isto também pode ser conferido nos gráficos de resíduos apresentados na Figura 3.

TABELA 12: Acurácia e precisão dos dois métodos de prognose do volume global.

TABLE 12: Accuracy and precision of the two methods of prognosis of stand volume.

		Sullivan e Clutter	Chapman e Richards
Acurácia	Média	-0,596	0,040
	Percentual	-1,569	0,104
Precisão	Média absoluta	181,594	319,083
	Percentual	477,880	839,693

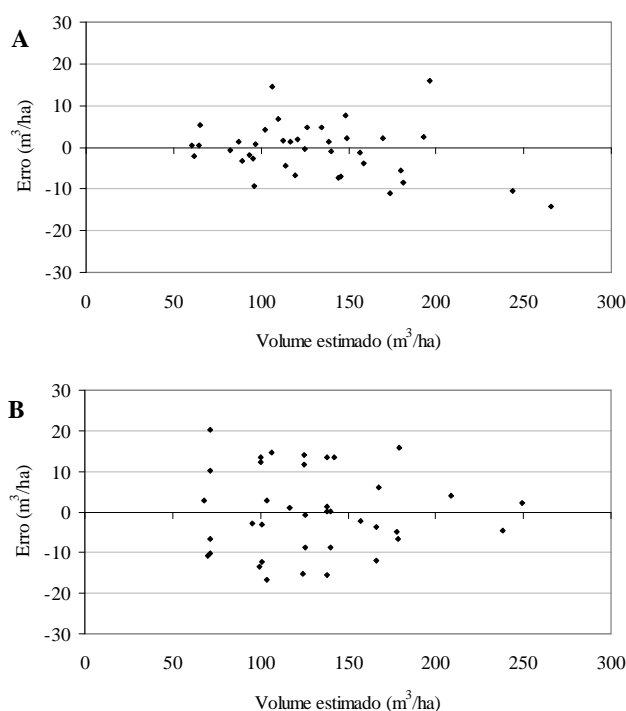


FIGURA 3: Gráficos de resíduos para os modelos de Sullivan e Clutter (A) e Chapman e Richards (B).

De acordo com os resultados apresentados acima, deve-se dar preferência ao modelo de Sullivan e Clutter ao de Chapman e Richards para prognosticar volume. Mas, como o modelo de Sullivan e Clutter requer uma medição para ser usado (modelo de projeção), o modelo de Chapman e Richards pode ser empregado no caso de não haver uma medição disponível (modelo de predição).

Função de densidade de probabilidade (fdp)

A Tabela 13 mostra a somatória dos valores de Kolmogorov-Sminonov para cada distribuição testada bem como para os diferentes valores percentuais de diâmetro mínimo que determina o valor do parâmetro de locação das distribuições Sb e Weibull.

TABELA 13: Somatório dos valores de Kolmogorov-Sminonov (KS) para cada distribuição e diâmetro mínimo percentual, onde os valores em negrito destacam o diâmetro mínimo percentual que melhor estimou os dados.

TABLE 13: Sum of the Kolmogorov-Sminonov (KS) values for each distribution and minimum diameter percentage, where the values in bold highlight the minimum diameter percentage that best estimated the data.

Método	% Dmin	KS
Sb	0,05	3,269
Sb	0,15	3,048
Sb	0,25	2,948
Sb	0,35	2,943
Sb	0,45	3,061
Sb	0,55	3,270
Sb	0,65	3,496
Sb	0,75	3,738
Sb	0,85	3,994
Sb	0,95	4,260
Weibull	0,00	4,457
Weibull	0,10	4,563
Weibull	0,20	4,692
Weibull	0,30	4,881
Weibull	0,40	5,089
Weibull	0,50	5,344
Weibull	0,60	5,630
Weibull	0,70	5,970
Weibull	0,80	6,291
Weibull	0,90	6,647
Weibull	1,00	7,055
Sb moda	-	6,542
Beta	-	3,174

A Tabela 13 mostra que a distribuição que melhor estimou os dados foi a de Sb estimada pelo método de momentos usado um valor de diâmetro mínimo de 0,35, seguida pela distribuição Beta, Weibull de dois parâmetros (0%, ou seja, sem o parâmetro de locação) e Sb moda respectivamente.

Verificação da qualidade de ajuste dos modelos de prognose por classe diamétrica

Para avaliar a qualidade de ajuste dos modelos apresentados na Tabela 4, suas estatísticas e gráficos de resíduos foram avaliados, conforme mostra a Tabela 14 e Figura 4.

TABELA 14: Parâmetros ajustados e estatísticas de qualidade de ajuste para os modelos do sistema de prognose.

TABLE 14: Adjusted parameters and adjustment quality statistics for the prognosis system's models.

Modelo	β_0	β_1	β_2	Syx	R^2
N	-0,02562	0,000772	-	27,18110	96,7373
Dmin	1,06306	0,544641	-0,167340	1,19796	36,8992
Dmax	15,75160	-0,008160	0,797458	0,82301	94,8632
VarDAP	25,18610	-0,079720	-	0,41423	96,0610
Moda	3,737820	0,695482	-	2,09556	56,3061

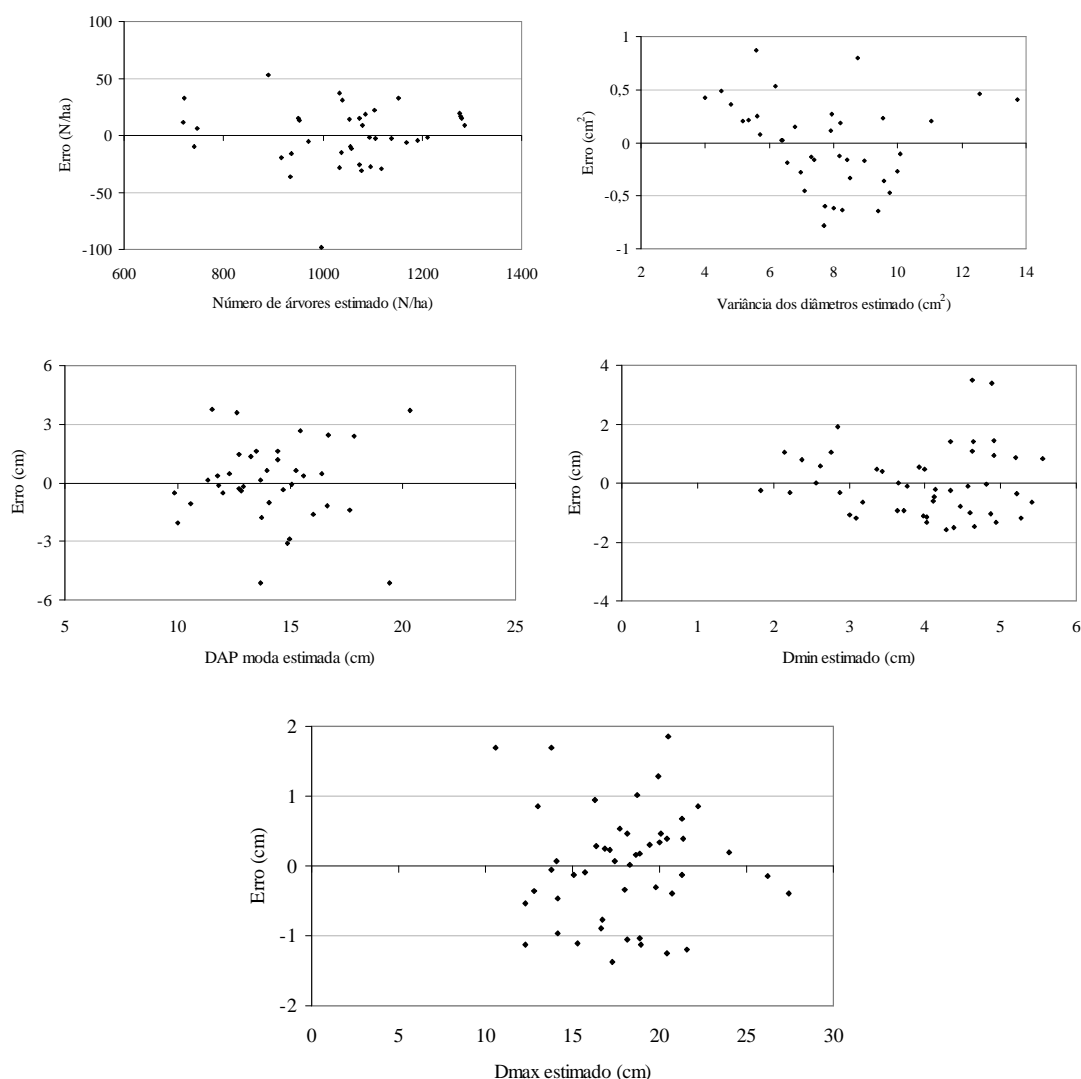


FIGURA 4: Gráficos de resíduos para os modelos de prognose apresentados na Tabela 14.

FIGURE 4: Residual graphics for the prognosis models presented in Table 14.

Como não foi detectada nenhuma tendência inconsistente tanto nas estatísticas de qualidade de ajuste quanto nos gráficos de resíduos, esses foram julgados capazes de compor o sistema de prognose.

Comportamento das diferentes funções de densidade de probabilidade no sistema de prognose

A Tabela 15 mostra os valores de acurácia e precisão para as projeções juvenis e maduras para os

quatro sistemas de prognose avaliados, onde o quesito avaliado foi a área basal projetada pela fdp da penúltima a última medição de cada parcela e conferida contra a última medição de cada parcela.

Analisando os valores da acurácia e da precisão, nota-se que os sistemas de prognose usando a distribuição de Weibull e Beta foram as que apresentaram valores estimados mais próximos aos valores reais, onde Weibull teve melhor desempenho na projeção madura e Beta na juvenil. Para todas as distribuições, exceto a de Sb momentos, a projeção madura foi a que melhor estimou os dados.

A melhor capacidade de uma fdp em estimar os dados reais da distribuição diamétrica de cada parcela não significa necessariamente que esta fdp é a mais indicada para compor um sistema de prognose. Isto foi comprovado, pois, apesar da distribuição Sb ajustada pelo método dos momentos ter apresentado a melhor aderência entre os dados estimados e reais conforme mostrado na Tabela 13, esta quando inserida em um sistema de prognose apresentou desempenho inferior as outras distribuições, como a Weibull e Beta.

TABELA 15: Acurácia e precisão dos quatro sistemas de prognose para as projeções juvenis e maduras.

TABLE 15: Accuracy and precision of the four prognosis systems for the juvenile and mature projections.

FDP	Projeção	Acurácia		Precisão	
		Resíduo Médio	Percentual	Resíduo Médio absoluto	Percentual
Weibull	Juvenil	-3,692	-36,918	8,400	83,995
	Madura	-0,474	-4,742	4,969	49,689
Beta	Juvenil	-3,625	-36,245	8,235	82,352
	Madura	-0,705	-7,049	5,004	50,040
Sb Momentos	Juvenil	6,251	62,512	10,697	106,965
	Madura	9,820	98,197	10,873	108,730
Sb Moda	Juvenil	-30,245	-302,451	32,852	328,521
	Madura	-25,265	-252,646	28,489	284,895

CONCLUSÕES

A distribuição de Sb mostrou-se superior para estimar a frequência diamétrica que as demais distribuições. Mas este fato só ocorre quando todos os valores da população são conhecidos. Quando lidando com sistemas de prognose, a distribuição de Sb teve desempenho inferior às demais distribuições.

Apesar das distribuições de Weibull e Beta apresentarem valores de acurácia e precisão na prognose da área basal muito próximos, a preferência deve ser dada a distribuição de Weibull, por esta não necessitar de modelos para estimar o diâmetro mínimo e máximo (pois o diâmetro mínimo usado na distribuição Weibull foi de zero), reduzindo assim o número de modelos necessários, tornando o sistema de prognose mais parcimonioso.

Quando lidando com prognose de parcelas muito jovens, a distribuição Beta pode ser empregada com excelentes resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURKHART, H. E. et al. A comparison of growth and yield prediction models for Loblolly Pine. Virginia: Polytechnic Institute, State University, 1981. (Publication, FWS-2-81).
- CLUTTER, J. L. et al. Timber management: a quantitative approach. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333 p.
- FERRAZ FILHO, A. C. Sistema de prognose do crescimento e produção para *Pinus taeda* L. sujeito a regimes de desbastes e podas. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SCOLFORO, J. R. S. et al. Sb distribution's accuracy to represent the diameter distribution of *Pinus taeda*, thought five fitting methods. Forest Ecology and Management, v. 175, p. 489-496. 1995.
- SCOLFORO, J. R. S. Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 393 p. (Textos Acadêmicos).
- SOARES, P. et al. Evaluating a growth model for forest management using continuous forest inventory data. Forest Ecology and Management, v. 71, p. 251-265. 1995.
- SULLIVAN, A. D.; CLUTTER, J. L. A simultaneous growth and yield model for loblolly pine. Forest Science, v. 18, p. 76-86. 1972.
- VANCLAY, J. K. Modeling forest growth and yield: applications to mixed tropical forest. Wallingford: CAB International, 1994. 312 p.

META-ANÁLISE DE REGIMES DE DESBASTE PARA *Eucalyptus*spp. VISANDO RELAÇÃO ÓTIMA ENTRE VARIÁVEIS GLOBAIS E INDIVIDUAIS

META-ANALYSIS OF *Eucalyptus*spp. THINNING REGIMES AIMING AT OPTIMUM RELATION BETWEEN STAND AND TREE VARIABLES

Antonio Carlos Ferraz Filho¹; Ana Luiza Rufini²; Andressa Ribeiro³; José Roberto Soares Scolforo⁴

RESUMO

A meta-análise mira extrair conhecimento de dados preexistentes por meio da junção de resultados de diferentes trabalhos, permitindo combinar resultados de estudos realizados de forma independente e sintetizar as suas conclusões. Desbastes são cortes parciais no povoamento florestal realizado a partir do fechamento do dossel com o objetivo de estimular o crescimento das árvores remanescentes e aumentar a produção de madeira de melhor qualidade. O conhecimento sobre a densidade de árvores remanescentes pós-desbaste ideal é de extrema importância para garantir a plena ocupação da capacidade do sítio florestal. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma meta-análise em conjuntos de dados com diferentes intensidades de desbastes em diferentes espécies de *Eucalyptus* a fim de determinar qual densidade pós-desbaste característica do povoamento (volume, área basal ou peso seco do fuste por hectare) e de árvores individuais (diâmetro à altura do peito) são simultaneamente maximizadas. Foi concluído que uma densidade entre 628 e 640 árvores por hectare atinge cerca de 85% da produção de ambas características, e em sítios mais produtivos tendem a requerer uma menor densidade de árvores para atingir a maximização destas características quando comparados a sítios menos produtivos.

Palavras-chave: capacidade de ocupação de sítio; intensidade de desbaste; índice de densidade do talhão.

ABSTRACT

Meta-analysis aims at extracting knowledge from pre-existing data through the merger of results from different studies, allowing the combination of results from different independently conducted studies and a synthesis of their findings. Thinnings are partial cuts in a forest stand conducted when the canopy closes in order to stimulate growth of the remaining trees and increase better quality timber production. Knowledge about ideal post thinning tree density is of extreme importance to ensure full occupation of forest site capacity. This study has as a goal to perform a meta-analysis on data sets of different thinning intensities of different *Eucalyptus* species to determine at which post thinning density stand (volume, basal area or stem dry weight) and tree (diameter at breast height) characteristics are simultaneously maximized. It was concluded that a density between 628 and 640 trees per hectare achieves approximately 85% production of both of these characteristics, and that more productive sites tend to require a lower density of trees to achieve the maximization of these characteristics when compared to less productive sites.

Keywords: site occupation capacity; thinning intensity; site density index.

INTRODUÇÃO

Enquanto países da Europa possuem uma longa tradição no plantio de árvores como um componente do manejo florestal, o plantio de árvores em florestas para fins industriais só foi consolidado no meio do século 20 em países como a Austrália, Nova Zelândia e os Estados Unidos. Por volta da década de 60 foram lançados vários programas de plantio de larga escala em vários países tropicais e subtropicais, com a consequência do aumento significativo da área de florestas plantadas no mundo (BULL et al., 2006).

Dos principais países florestais da América do Sul, todos em algum momento de sua história implementaram leis florestais específicas para promover o reflorestamento e consequentemente criar um estoque florestal para a alimentação da indústria madeireira, tendo como exemplos o Chile na década de

¹Engenheiro Florestal, M.Sc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). acferrazfilho@gmail.com

²Engenheira Florestal, M.Sc., Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). alrufini@dcf.ufla.br

³Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba (PR). andressa.florestal@gmail.com

⁴Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). jscolforo@dcf.ufla.br

70 (SILVA, 2004), o Uruguai na década de 80 (NEGRI, 1998) e a Argentina na década de 90 (RENOLFI e PÉREZ, 2005).

O setor florestal brasileiro teve grande impulso e iniciou um processo de profissionalização da área a partir dos incentivos fiscais para reflorestamento, que tiveram início no ano de 1965 (Lei Federal 4771) e se estenderam até 1988. Indústrias e população beneficiaram-se desse processo, traduzidos principalmente nos setores de papel, móveis, painéis e energia. Além disso, o programa permitiu uma alternativa de fontes de matéria-prima, diminuindo a pressão sobre as florestas nativas, tradicionalmente exploradas de forma predatória.

A consequência dos incentivos fiscais nos países da América do Sul foi o aumento do estoque de madeira para fins industriais. No caso do Brasil, os maiores crescimentos em área florestal ocorreram nas florestas energéticas e para fins de celulose. Como o mercado de celulose do Brasil é basicamente voltado para exportação, o país acaba exportando produtos de baixo valor agregado, com margem de contribuição reduzida. Segundo Buainain e Batalha (2007), o mercado florestal internacional é ocupado, basicamente, por empresas dos países desenvolvidos. Canadá, Estados Unidos, Finlândia, Suécia, Alemanha, França e Japão estão entre os principais fabricantes de produtos florestais. A proximidade do mercado e o controle exercido sobre os mecanismos de comercialização (rede de distribuidores, canais de comercialização e grandes cadeias de lojas) fazem com que países como o Brasil só consigam vender produtos menos elaborados e posteriormente remanufaturados nesses países.

Estudos econômicos comparativos de vários países da América do Sul do passado e presente permitem avaliar algumas tendências econômicas interessantes. A Tabela 1 mostra valores de taxa interna de retorno (TIR) para alguns empreendimentos florestais com base em valores de 1979, enquanto Figura 1 mostra um estudo semelhante com dados mais atuais.

TABELA 1: Taxa interna de retorno considerando regimes de celulose ou de serraria em diferentes países, onde os preços e custos são referentes a 1979 (SEDJO, 2001).

TABLE 1: Internal rate of return considering cellulose and sawmill regimes in different countries, where prices and costs are for 1979 (SEDJO, 2001).

País/espécie	Regime de manejo	
	Celulose	Serraria
Estados Unidos		
<i>Pinus taeda</i> (sítio médio)	12,0	12,5
<i>Pinus taeda</i> (sítio superior)	13,9	14,1
Norte do Brasil		
<i>Pinus caribaea</i>	17,9	20,4
<i>Gmelina</i> spp.	27,5	23,5
Brasil central		
<i>Eucalyptus</i> spp.	20,2	15,5
Sul do Brasil		
<i>Pinus taeda</i>	15,6	17,5
Chile		
<i>Pinus radiata</i>	23,4	17,5
Austrália		
<i>Pinus radiata</i>	10,7	10,1
Nova Zelândia		
<i>Pinus radiata</i>	11,9	13,1

A Tabela 1 mostra que no início da década de 80 os regimes de manejo para celulose eram uma alternativa mais rentável do que o regime de multiprodutos (regimes que conciliam a produção de madeira fina e grossa) em alguns dos casos avaliados. Para o caso específico do *Eucalyptus* plantados no centro do Brasil, a TIR do regime de celulose foi cerca de 5 pontos percentuais maior do que o regime de multiprodutos.

Os valores mais recentes apresentados por Cubbage et al. (2007) mostram que esta tendência foi invertida, pelo menos no caso do Brasil. Neste estudo, o manejo do *Eucalyptus* para serraria no Brasil atingiu o maior VET de todas as opções de manejo avaliadas, com valor de US\$5.427,00, enquanto o manejo para celulose chegou ao valor de US\$2.872,00. Segundo os autores os motivos para o Brasil se destacar dos demais países estudados são: excelentes taxas de crescimento das florestas e uma crescente demanda por madeira no mercado interno. O manejo de *Eucalyptus* para serraria na Argentina conta também com boas taxas de crescimento, porém a menor demanda por madeira no mercado interno e recentes crises financeiras reduzem o VET em cerca de 80%, quando comparado com o Brasil. Os dados apresentados mostram que o manejo de florestas de *Eucalyptus* com fins de produção de madeira para serraria é uma interessante opção econômica no Brasil.

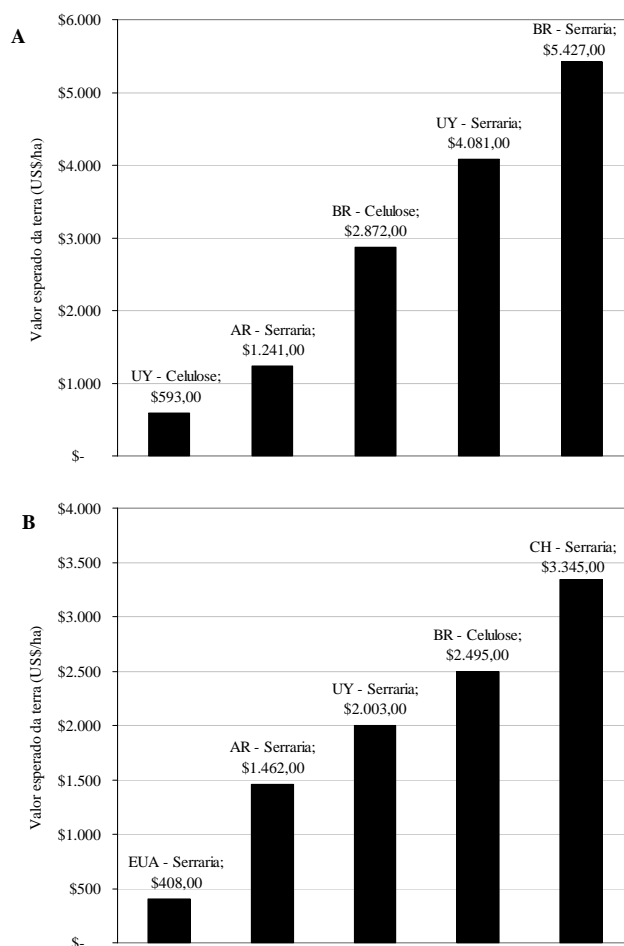


FIGURA 1: Valor esperado da terra (VET) para diferentes regimes de manejo de *Eucalyptus* spp. (A) e *Pinus* spp. (B) em diferentes países, segundo Cubbage et al. (2007).

FIGURE 1: Land expectation value (LEV) for different management regimes of *Eucalyptus* spp. (A) and *Pinus* spp. (B) in different countries, according to Cubbage et al. (2007).

Quando se lida com prescrições de manejo de florestas para serraria orientadas para empresas, assume-se geralmente um manejo intensivo, onde o foco é voltado para as árvores do corte final. Isto é feito devido ao maior lucro obtido no final da colheita. Quando o manejador em questão é um pequeno proprietário rural, a situação pode ser diferente, pois o mesmo pode ter interesse em maximizar todos os aspectos de sua floresta e não apenas as árvores do corte final.

Assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise de diferentes trabalhos publicados sobre desbaste de eucalipto para levantar valores de quantas árvores por hectare deverão ser mantidas para maximizar tanto a produção baseada em volume, área basal ou massa seca por hectare (variável global) como a de diâmetro a altura do peito (variável individual).

MATERIAL E MÉTODO

Para realizar as análises, foram empregados 4 diferentes trabalhos (totalizando oito conjuntos de dados) de desbaste de diferentes espécies de *Eucalyptus* em diferentes localidades do mundo. A Tabela 2 mostra um resumo das diferentes características dos trabalhos.

A análise da relação entre variáveis globais foi feita avaliando o percentual do volume, área basal ou massa seca do fuste por hectare (dependendo dos valores reportados por cada estudo) em relação ao número de árvores remanescente pós-desbaste obtido em cada tratamento de intensidade de desbaste em relação ao tratamento de maior volume. Para a variável individual foi feito o mesmo, porém utilizando o diâmetro a altura do peito. A relação ótima entre as variáveis globais e individuais foi determinada como o ponto onde a produção por hectare e diâmetro são maximizados, conforme apresentado por Harrington et al. (2009). Estes autores utilizaram a metodologia empregada neste trabalho em um estudo de espaçamento. Para o presente trabalho o espaçamento de plantio foi substituída pelo número de árvores remanescente após o desbaste.

TABELA 2: Características dos diferentes trabalhos usados na meta-análise, onde o ID é o identificador de cada conjunto de dados.

TABLE 2: Characteristics of the different studies used in the meta-analysis, where ID is the identifier of each data set.

ID	Espécie de <i>Eucalyptus</i>	Autor	Local	Idade do último desbaste	Idade da avaliação	Tempo entre avaliação e desbaste
1	<i>saligna</i>	Scheeren et al. (2004)	Sul do Brasil	13,5	13,5	0,0
2	<i>nitens</i>	Muñoz et al. (2008)	Chile central	6,0	15,0	9,0
3	<i>maidenii</i>	Zhang et al. (2003)	China	7,5	10,5	3,0
4	<i>globulus</i>	Zhang et al. (2003)	Victoria, Austrália	8,0	10,5	2,5
5	<i>nitens</i>	Zhang et al. (2003)	Tasmania, Austrália	6,4	10,0	3,6
6	<i>nitens</i>	Medhurst et al. (2001)	Tasmania, Austrália	6,0	13,0	7,0
7	<i>nitens</i>	Medhurst et al. (2001)	Tasmania, Austrália	9,0	11,0	2,0
8	<i>nitens</i>	Medhurst et al. (2001)	Tasmania, Austrália	8,0	10,0	2,0

Equações de regressão foram utilizadas para determinar o ponto de maximização entre as variáveis globais e de árvores individuais. Isto foi feito de duas maneiras, primeiramente utilizando um ajuste para cada conjunto de dados e agrupando todos os dados e posteriormente utilizando apenas um modelo para cada variável.

A última etapa do estudo consistiu em utilizar o valor de árvores por hectare obtido nas análises anteriores com a equação de índice de densidade do talhão (SDI), criado por Reineke (1933). Esta análise foi feita com o intuito de determinar qual o porte médio das árvores do talhão que determinada densidade permite alcançar. Foi utilizado um valor de SDI máximo de 1.210, que pode ser interpretado como o número máximo de árvores por hectare capazes de atingir um diâmetro quadrático médio de 25,4 cm, conforme apresentado por Reineke (1933).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

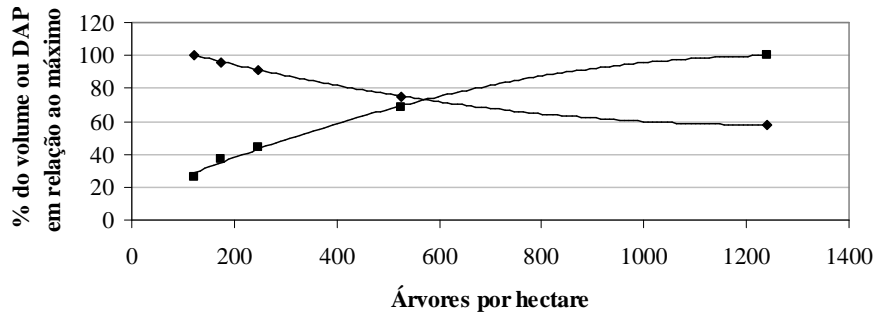
A Figura 2 mostra o ponto onde as variáveis globais e individuais podem ser maximizadas para os diferentes estudos em relação ao número de árvores remanescentes após o desbaste. Os valores dos parâmetros das retas ou polinômios utilizados nos gráficos da Figura 2 a e b, podem ser encontrados na Tabela 3. A Tabela 4 resume os valores encontrados em cada estudo.

TABELA 2: Parâmetros das regressões lineares utilizados para gerar os gráficos da Figura 2.

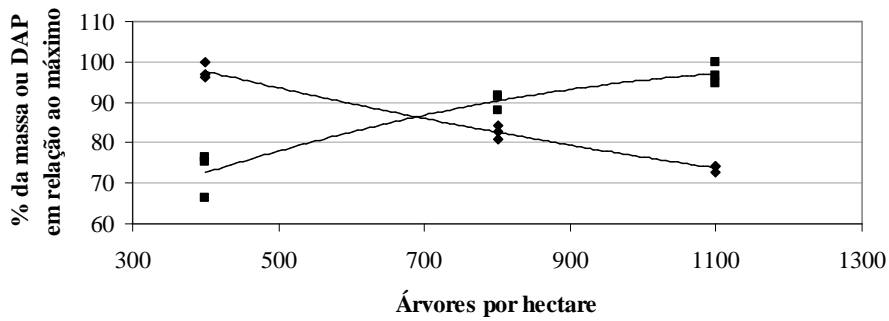
TABLE 2: Parameters of the linear regressions used in the graphics of Figure 2.

Espécie/Autor	Atributo	b0	b1	b2	R ²
<i>Eucalyptus saligna</i> Scheeren et al. (2004)	DAP	13,0790	0,1349	-0,00005	99,68
	Volume	109,6600	-0,0829	0,00005	99,99
<i>Eucalyptus nitens</i> Muñoz et al. (2008)	DAP	0,0355	59,4460	-	89,34
	Massa seca	111,0900	-0,0344	-	97,79
<i>Eucalyptus maidenii</i> Zhang et al. (2003)	DAP	47,6900	0,0792	0,00005	100,00
	Volume	124,3100	-0,0462	0,00001	100,00
<i>Eucalyptus globulus</i> Zhang et al. (2003)	DAP	13,1290	0,1567	-0,00010	100,00
	Volume	106,3000	-0,0311	-	96,27
<i>Eucalyptus nitens</i> Zhang et al. (2003)	DAP	34,1470	0,1233	-0,00010	100,00
	Volume	101,5200	-0,0327	-	72,29
<i>Eucalyptus nitens</i> Medhurst et al. (2001)	DAP	14,0350	0,2755	-0,00020	99,73
	Área basal	101,8800	-0,0556	-	97,50
<i>Eucalyptus nitens</i> Medhurst et al. (2001)	DAP	2,2890	0,1921	-0,00009	99,98
	Área basal	102,9300	-0,0328	-	99,94
<i>Eucalyptus nitens</i> Medhurst et al. (2001)	DAP	1,0298	0,1436	-0,00005	99,92
	Área basal	99,3950	-0,0229	-	95,50

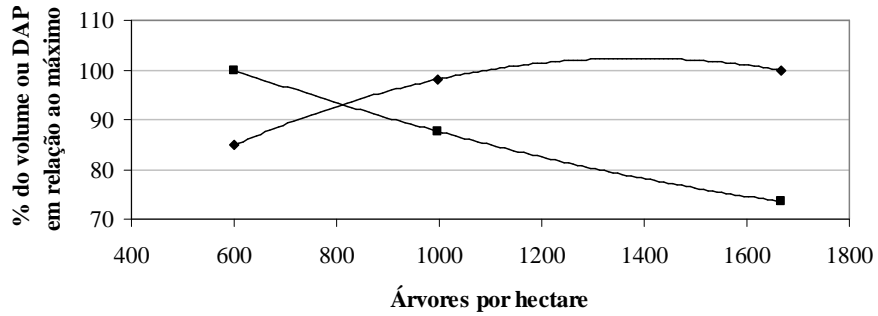
1) *Eucalyptus saligna* - 13,5 anos



2) *Eucalyptus nitens* - 15 anos



3) *Eucalyptus maidenii* - 10,5 anos



4) *Eucalyptus globulus* - 10,5 anos

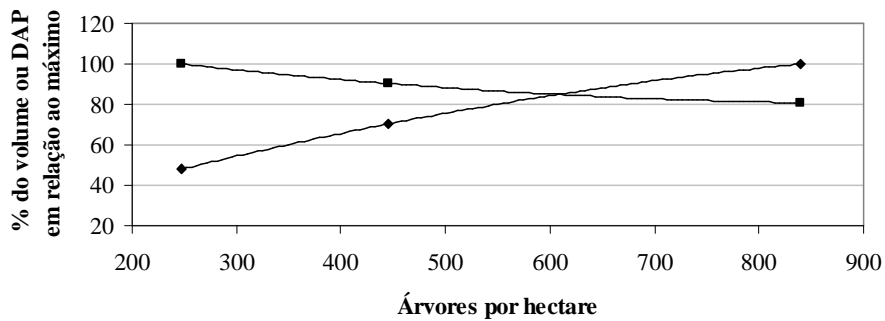
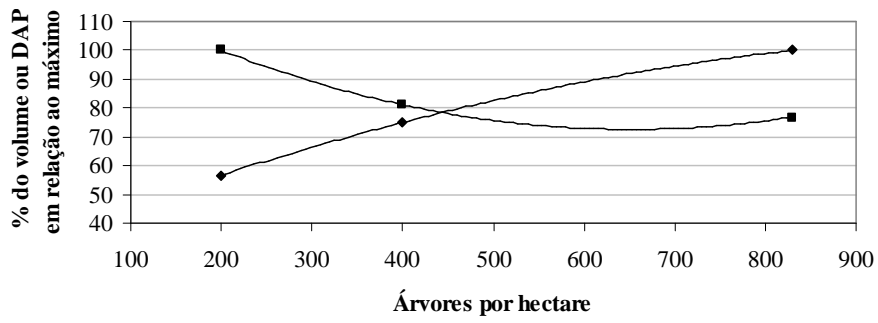


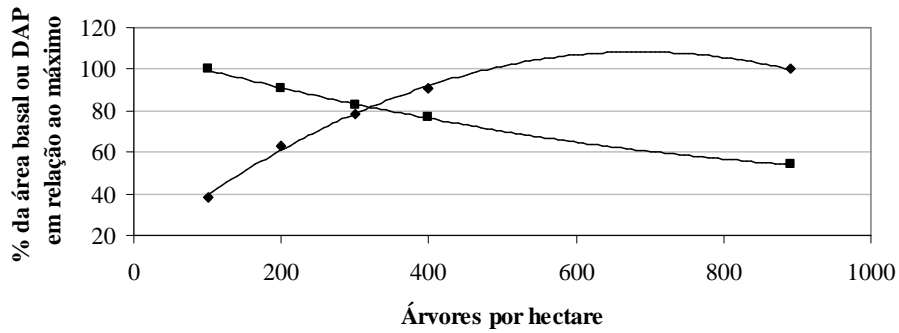
FIGURA 2a: Relações entre as regressões para produção por hectare (linha crescente, losangos) e DAP (linha decrescente, quadrados) em relação ao número de árvores pós-desbaste para cada conjunto de dados.

FIGURE 2a: Relationship between the regressions for production per hectare (rising line, lozenges) and DBH (descending line, squares) for each data set.

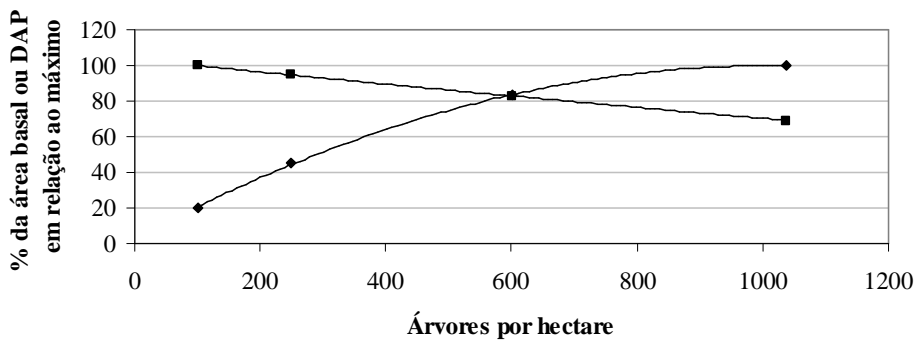
5) *Eucalyptus nitens* - 10 anos



6) *Eucalyptus nitens* - 6 anos



7) *Eucalyptus nitens* - 7 anos



8) *Eucalyptus nitens* - 10 anos

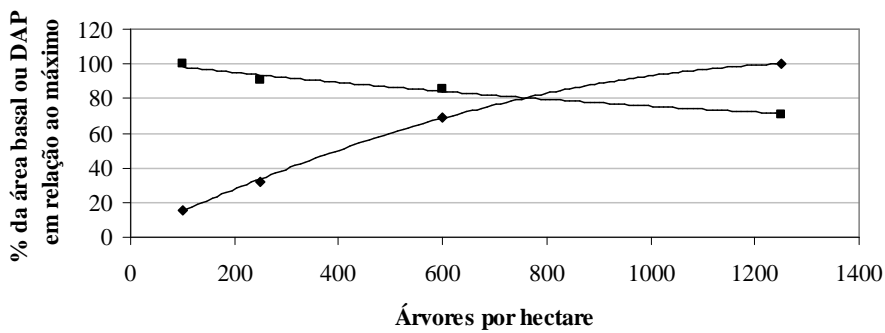


FIGURA 2b: Relações entre as regressões para produção por hectare (linha crescente, losangos) e DAP (linha decrescente, quadrados) em relação ao número de árvores pós-desbaste para cada conjunto de dados.

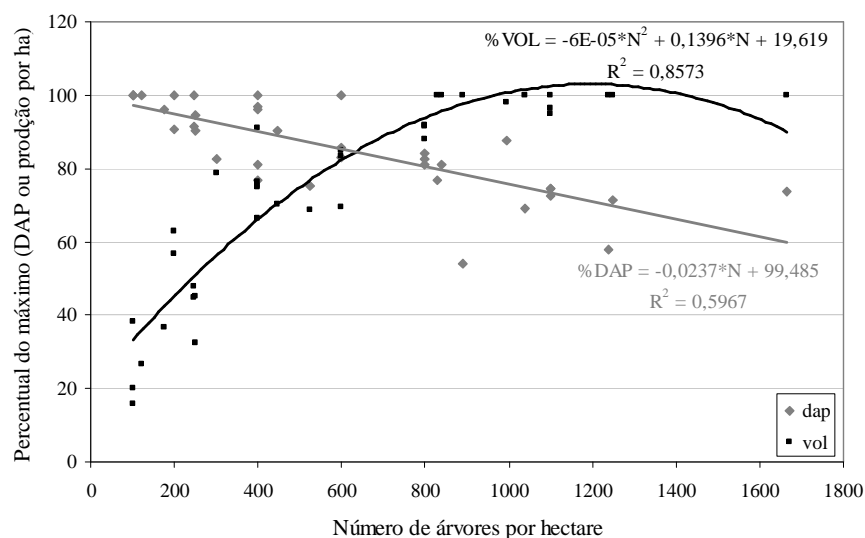
FIGURE 2b: Relationship between the regressions for production per hectare (rising line, lozenges) and DBH (descending line, squares) for each data set.

TABELA 3: Número de árvores por hectare para atingir a relação ótima entre variáveis globais e individuais.

TABLE 3: Number of trees per hectare in order to achieve the optimum relationship between individual and global variables.

Id	Espécie	Número de árvores	Valor percentil atingido
1	<i>Eucalyptus saligna</i>	572	74,35
2	<i>Eucalyptus nitens</i>	741	85,78
3	<i>Eucalyptus maidenii</i>	813	93,29
4	<i>Eucalyptus globulus</i>	641	87,94
5	<i>Eucalyptus nitens</i>	538	94,80
6	<i>Eucalyptus nitens</i>	337	84,43
7	<i>Eucalyptus nitens</i>	603	84,43
8	<i>Eucalyptus nitens</i>	782	82,47

Ao analisar a Tabela 3 nota-se uma grande amplitude do número de árvores ótimo a se manter na área para maximizar a ocupação da floresta, a amplitude foi de 337 a 813 árvores por hectare. Esse fato por ter ocorrido por vários motivos; sendo o mais importante o fato que apenas no conjunto de dados 2 os resultados apresentados são do corte final, e nos outros trabalhos as idades entre o desbaste e a apresentação dos dados varia, conforme pode ser visto na Tabela 2. Também, os trabalhos foram feitos com diferentes espécies. Outro motivo pode ser que a variável global usada em cada conjunto de dados dependeu da fornecida pelos autores, assim, os trabalhos 1, 3, 4 e 5 foi utilizado o volume. Para o conjunto 2 foi apresentado o peso seco e para nos conjuntos 6 a 8 a área basal, onde nestes conjuntos de dados estas variáveis foram convertidos para volume. Foi encontrado um valor médio de 628 árvores por hectare para atingir a relação ótima entre variáveis globais e individuais, o que resultou em um valor percentil médio de 86%. A Figura 3 mostra o resultado da análise quando se agrupou todos os dados.

FIGURA 3: Relações entre as regressões de produção por hectare e DAP por número de árvores remanescentes pós-desbaste agrupando os diferentes conjuntos de dados de desbaste em *Eucalyptus*.FIGURE 3: Relationship between the regressions of production per hectare and DBH by post thinning remaining tree number grouping the different *Eucalyptus* thinning data sets.

Conforme mostra a Figura 3, o agrupamento de todos os estudos resultou em um número de 640 árvores por hectare. Este valor maximizou tanto os volumes como os diâmetros para o valor de 84% do total produzido, sendo estes valores próximos às médias encontradas quando se considerou cada estudo individualmente.

O valor encontrado de 640 árvores por hectare possui um interessante lastro com valores propostos de árvores remanescentes após o primeiro desbaste comercial para prescrições comerciais de desbaste em *Eucalyptus grandis*, podendo citar os trabalhos de Albano (1994), Aparicio e Caniza (2009) e Altsuler (2003).

Para melhor entender qual seria a trajetória de crescimento de um talhão de *Eucalyptus* manejado

com uma densidade de 640 árvores por hectare, este valor foi aplicado em um diagrama de manejo considerando um índice máximo de 1210 árvores por hectare, conforme mostra a Figura 4. Para determinar os valores de diâmetro quadrático médio que apontam o início do fechamento do dossel, competição, ocupação plena e auto desbaste, foram utilizados os valores de referência apresentados por Long e Shaw (2005), conforme mostrado na Tabela 4.

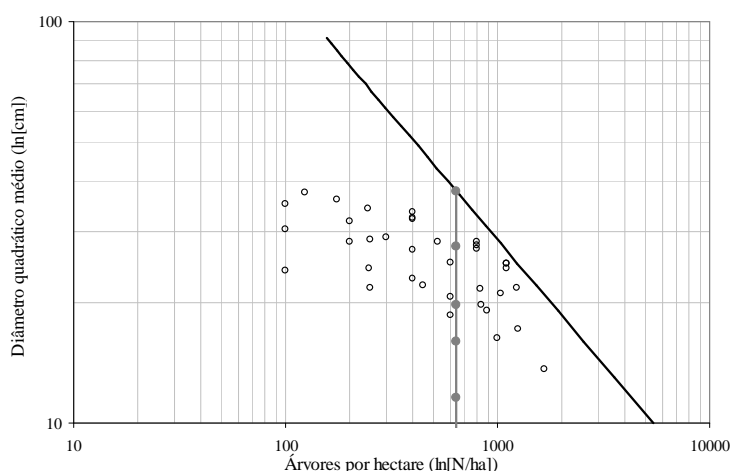


FIGURA 4: Índice de densidade de talhão considerando um espaçamento inicial de 640 árvores por hectare, onde a linha negra corresponde ao SDI máximo de 1210, a linha cinza um talhão de 640 árvores por hectare, os círculos vazios os valores dos oito conjuntos de dados e os círculos cheios os valores de diâmetro relativos à Tabela 4.

FIGURE 4: Stand density index considering an initial spacing 640 trees per hectare, the black line corresponds to maximum SDI of 1210, the gray line a stand of 640 trees per hectare, empty circles the values of the eight different datasets and filled circles the diameter values of Table 4.

Os valores de diâmetro apresentados na Tabela 4 permitem uma idéia de qual o máximo valor que um talhão manejado com 640 árvores por hectare é capaz de atingir, cerca de 38 cm. Porém, para atingir este valor o talhão passará por um período de excessiva competição, o que acarreta na redução da taxa de crescimento e mortalidade de uma parte das árvores. Para evitar este período de excessiva competição, um talhão com 640 árvores por hectare deverá ser cortado ou desbastado quando o diâmetro quadrático médio atingir o valor de 27,5 cm, que corresponde ao limite inferior de auto desbaste.

TABELA 4: Valores de índice de densidade de talhão que correspondem a diferentes estágios de desenvolvimento do talhão e valores de diâmetro quadrático médio necessário para atingir o SDI considerando uma densidade de 640 árvores por hectare.

TABLE 4: Site index values that correspond to different stages of development of the stand and quadratic mean diameter values necessary to achieve the SDI assuming a density of 640 trees per hectare.

Desenvolvimento do talhão	Percentual do máximo	SDI	Dg (cm)
Máximo	100	1210	37,8
Limite inferior de auto desbaste	60	726,0	27,5
Limite inferior de ocupação plena	35	423,5	19,6
Início de competição	25	302,5	15,9
Fechamento do dossel	15	181,5	11,6

Uma tendência que pode ser extraída dos citados estudos é que em áreas mais produtivas a tendência é utilizar menores valores de árvores por hectare para maximizar a ocupação do sítio. O trabalho de Medhurst et al. (2001) cita que o sítio ID 6 é o mais produtivo, o 7 intermediário e o 8 o menos produtivo. Nota-se que os valores de árvores variam de 337 no melhor sítio a 782 no pior sítio, com 603 árvores no sítio intermediário.

A mesma conclusão pode ser extraída do trabalho de Zhang et al. (2003). Apesar de o autor utilizar espécies diferentes, o trabalho mostra valores de volume para cada sítio em idades e densidades semelhantes e o gradiente do menor para o maior vai do número ID 3 a 5. Os valores das árvores variam de 538 no melhor sítio a 813 no pior sítio, com 641 árvores no sítio intermediário.

CONCLUSÕES

- O valor médio de árvores por hectare para maximizar tanto a produção por hectare como de diâmetro variou entre 628 e 640 árvores por hectare.
- Sítios mais produtivos requerem valores menores de árvores por hectare para maximizar a produção de por hectare e diâmetro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANO, F. Manejo del monte de *Eucalyptus grandis* para laminado. In: JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RÍOS, 9, Entre Ríos. Anais... Concordia: INTA, 1994, p. 1-6.
- ALTSULER, S. Tecnología aplicada por Colonvade S.A. en la plantación forestal. In: JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RÍOS, 18, Entre Ríos. Anais... Concordia: INTA, 2003, p. 1-11.
- APARICIO, J. L.; CANIZA, F. J. Pautas para la producción de madera libre de nudos de *Pinus* sp. y *Eucalyptus grandis*. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Bella Vista. Corrientes. 2009.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. Cadeia Produtiva de Madeira. v. 6, Série Agronegócios. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura. 2007.
- BULL, G. Q. et al. Industrial forest plantation subsidies: Impacts and implications. **Forest Policy and Economics**. v. 9, p. 13– 31. 2006.
- CUBBAGE, F. et al. Timber investment returns for selected plantations and native forests in South America and the Southern United States. **New Forests**, v. 33, p. 237-255. 2007.
- HARRINGTON, T. B. et al. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**. v. 258, p. 18-25. 2009.
- LONG, J. N.; SHAW, J. D. A Density Management Diagram for Even-aged Ponderosa Pine Stands. **Western Journal of Applied Forestry**. v. 20, p. 205-215. 2005.
- MEDHURST, J. L. et al. Early-age and later-age thinning affects growth, dominance, and intraspecific competition in *Eucalyptus nitens* plantations. **Canadian Journal of Forest Research**. v. 31, p. 187-197. 2001.
- MUÑOZ, F. et al. The effect of pruning and thinning on above ground aerial biomass of *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden. **Forest Ecology and Management**. v. 255, p. 365-373. 2008.
- NEGRI, C. F. Principales Aspectos del Setor Forestal en Uruguay. In: JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RÍOS, 13, Entre Ríos. Anais... Concordia: INTA, 1998, p. 1-5.
- REINEKE, L. H. Perfecting a stand density index for even-aged forests. **Journal of Agricultural Research**. v. 46, p.627-638. 1933.
- RENOLFI, M. C. de; PÉREZ, S. F. O. The forest incentive policy in Argentina. Case-study: Santiago del Estero. **Invest Agrar: Sist Recur Form**, 14, p. 161-173. 2005.
- SCHEEREN, L. W. et al. Crescimento e produção de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Smith manejados com desbaste, na região sudeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.14, p. 111-122. 2004.
- SEDJO, R. A. The role of forest plantations in the world's future timber supply. **The Forestry Chronicle**. v. 77, n. 2, 2001.
- SILVA, E. The political economy of forest policy in Mexico and Chile. **Singapore Journal of Tropical Geography**. v. 25, p. 261-280. 2004.
- ZHANG, R. et al. Growth responses to thinning in young *Eucalyptus* plantations in China and Austrália. In: Turnbull, J.W. (Ed.), *Eucalypts* in Asia. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Zhanjiang, Guangdong, China, ACIAR Proceedings No. 111, p. 169–173. 2003.

BIOMASSA E CARBONO EM PLANTIOS DE *Pinus elliottii* Eng. DE DIFERENTES IDADES E CORRELAÇÕES DENDROMÉTRICAS

BIOMASS AND CARBON IN *Pinus elliottii* Eng. PLANTATIONS WITH DIFFERENT AGES AND DENDROMETRIC CORRELATIONS

Álvaro Felipe Valério¹; Luciano Farinha Watzlawick²; Aurélio Lourenço Rodrigues³;
Ângelo Augusto Ebling³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo quantificar, e correlacionar com variáveis dendrométricas, a biomassa e o carbono em plantações de *Pinus elliottii* Eng. com diferentes idades no município de Clevelândia, estado do Paraná. Os dados para realização deste estudo são provenientes de 25 povoamentos com idades de 1 a 25 anos, totalizando 125 árvores, sendo 5 para cada idade. As árvores foram derrubadas e separadas nos compartimentos: acículas, galhos vivos, galhos mortos, raízes, estrutura reprodutiva, madeira do fuste e casca do fuste. Uma amostra de cada componente foi tomada para a obtenção de matéria seca, e foi obtida uma amostra composta por idade para a realização da análise química, determinando as concentrações de carbono para cada componente da árvore. A distribuição da biomassa e do carbono acumulados nos distintos componentes seguiu a ordem: madeira do fuste > raiz > casca > galhos vivos > acículas > galhos mortos e estrutura reprodutiva. De uma maneira geral, os valores de biomassa e carbono dos diferentes componentes apresentaram boas relações com as variáveis dendrométricas avaliadas, com destaque para as variáveis DAP (diâmetro a altura do peito), e h (altura total).

Palavras-chave: Fixação de Carbono; Correlação Linear; *Pinus elliottii*

ABSTRACT

The purpose of this paper was to quantify, and correlate with dendrometric variables, the biomass and carbon in *Pinus elliottii* Eng. Plantations, with different ages in Clevelândia city, Paraná State. Data were obtained from 25 plantations ranging in age from 1 to 25 years, resulting in 125 sampled trees, and 5 trees per age. Trees were felled and separated on needles, live branches, dead branches, roots, reproductive structures, stem wood and stem bark. One sample of each component was taken to obtain the dry matter and a pooled sample by component was taken in every age to carry out the chemistry analysis, determining the carbon content for every tree's component. The biomass distribution into the tree's parts followed the sequence: stem wood > roots > stem bark > live branches > needles > dead branches and reproductive structures. Generally, the biomass and carbon values of the different components presented good correlations with the dendrometric variables, specially with DBH (diameter at breast high) and h (total height).

Keywords: Carbon Fixation; Linear Correlation; *Pinus elliottii*

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas se constituem em uma das mais graves ameaças para os ecossistemas e para a humanidade (RENNER, 2004). Esta alteração afeta, de maneira direta e indireta, os ciclos biogeoquímicos, que são a base do funcionamento dos sistemas naturais do planeta. O ciclo que está diretamente relacionado a esse processo é o ciclo do carbono (MARTINS, 2004).

Dados de uma série de indicadores ambientais têm demonstrado que, em linhas gerais, há uma forte correlação entre o aumento das concentrações de gases de efeito estufa e a temperatura média junto à superfície da Terra, com impactos em escala global já detectados pelos cientistas (SANTOS, 2000). Algumas previsões apontam para um aumento da intensidade de tempestades, períodos mais prolongados de secas, mudanças na circulação das correntes oceânicas, levando a aceleração do ciclo hidrológico e culminando em cenários catastróficos (SCHWARTZ e RANDALL, 2003).

A iniciativa de investimento em projetos de reflorestamentos como alternativa de mitigação do Efeito Estufa encontra amparo científico e fundamentação técnica na composição e estrutura da biomassa florestal, constituída por parte significativa de carbono, resultante de sua absorção da atmosfera e

¹Engenheiro Florestal, Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná. PR 153, Km 7. CEP 84500-000. Irati (PR). alvarofvalerio@yahoo.com.br;

²Engenheiro Florestal, Dr. Professor adjunto do departamento de agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste. CEP: 85040-080, Guarapuava (PR). farinha@unicentro.br;

³Engenheiro Florestal, Mestrando do programa de pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná. PR 153, Km 7. CEP 84500-000. Irati (PR).

posterior armazenamento em seus distintos componentes durante a atividade fotossintética. Assim, pesquisas têm demonstrado que as florestas são verdadeiros sumidouros de carbono, pois, por meio do processo fotossintético acoplado à produção de celulose durante o crescimento e manutenção das plantas, as florestas acumulam carbono (RENNER, 2004).

Diante desta possibilidade, o interesse em relação às florestas plantadas com rápido crescimento como fixadoras de carbono tornou-se evidente, havendo a necessidade do desenvolvimento de metodologias e técnicas adequadas para determinação e correto entendimento do volume de biomassa e carbono acumulados.

São poucos os estudos de quantificação de biomassa e carbono, pois os mesmos demandam trabalho, tempo e recursos financeiros. No entanto, sua determinação pode ser obtida por meio de métodos diretos e indiretos, onde o primeiro exige o corte das árvores e a pesagem de seus componentes separadamente e o segundo utiliza-se de dados precisos obtidos pelo método direto, para aplicação de técnicas de modelagem matemática ou de análise de imagens orbitais para realização de estimativas.

A estimativa de biomassa é imprescindível aos estudos do balanço global de carbono (KETTERINGS et al., 2001). Assim, a avaliação acurada da biomassa florestal e seu padrão de mudança no tempo é um pré-requisito para ajudar a entender a função das florestas no ciclo do carbono (SEDJO, 1992; FAN et al., 1998; BROWN et al., 1999).

Desta forma, o método indireto constituído pela modelagem matemática possibilita, de forma objetiva, a obtenção de estimativas confiáveis, com maior rapidez e menor custo, tendo como fundamento a associação de dados de difícil obtenção como, o conteúdo de biomassa e carbono, com dados de fácil obtenção, como diâmetro e altura total das árvores, provenientes de inventários florestais.

Portanto, é de extrema importância o conhecimento da biomassa e do carbono estocado nos povoamentos florestais, bem como em seus distintos componentes. Para tanto, torna-se necessário o aperfeiçoamento de métodos de estimativas indiretas, buscando-se chegar a resultados confiáveis, por meio do desenvolvimento e uso de equações matemáticas apropriadas, utilizando dados originários de inventários florestais e assim, permitir o monitoramento e o entendimento das mudanças mais significativas nestas plantações, obtendo-se a quantidade de biomassa e carbono retidos nas mesmas para uma determinada espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A região do estudo encontra-se no município de Clevelândia - Pr, com área total de 706 km², no domínio do Terceiro Planalto, a uma altitude média de 930 metros acima do nível do mar, na região Sudoeste do Estado do Paraná. O clima da região, conforme classificação de Köppen, é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (*Cfb*), tendo os verões frescos e os invernos com a ocorrência de severas geadas, sendo a temperatura média do mês mais quente acima de 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, não possuindo estação seca definida (PARANÁ, 1994). Os níveis de precipitação anual média variam de 1980 a 2100 mm.

O substrato geológico da região é formado pelo derrame de Trapp da formação da Serra Geral. As classes de solos predominantes são os Latossolos Roxos e a Terra Roxa Estruturada, bem desenvolvidos fisicamente de elevada fertilidade natural (EMBRAPA, 1999). A vegetação natural é a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária (IBGE, 1992), a qual cobria originalmente cerca de 200.000 km² em todo o Brasil, ocorrendo no Paraná (40% de sua superfície), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) e em manchas esparsas no sul do Estado de São Paulo (3%), adentrando até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (1%) (CARVALHO, 1994). Essa formação florestal apresenta estrutura extremamente variável, ora apresentando agrupamentos densos com abundância de Lauraceae, ora apresentando agrupamentos pouco desenvolvidos com um predomínio dos gêneros *Podocarpus* e *Drymis* e espécies da família Aquifoliaceae (LEITE e KLEIN, 1990). Na região de Clevelândia, a Floresta Ombrófila Mista apresenta uma estrutura complexa, onde destacam-se, na vegetação, espécies das famílias Sapindaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Aquifoliaceae e Euphorbiaceae (VALERIO e SILVA, 2008).

Amostragem

Os levantamentos foram realizados em 25 povoamentos de *Pinus elliottii*, com idades de 1 a 25 anos, no município de Clevelândia (Figura 2), em propriedades pertencentes às empresas AFV Indústria e Comércio de Madeiras Ltda. e Camifra S/A Madeiras, Agricultura e Pecuária.

Utilizando-se do processo de amostragem sistemático, projetou-se uma rede de amostragem para o inventário florestal, sendo posteriormente por meio do método de área fixa, instaladas em cada povoamento, unidades amostrais de 20 x 20 m (400 m²), nas quais os indivíduos com idade superior a dois anos tiveram a circunferência a altura do peito (CAP) medidos, enquanto que para as árvores com um ano a medida do CAC (circunferência a altura do colo).

Foram consideradas para escolha das áreas selecionadas os tratos culturais e espaçamentos serem os mais semelhantes possíveis, bem como, os inventários realizados para cada idade contemplaram uma amostragem superior a 1% da população, considerando um erro admissível de 10% a nível de probabilidade de 95%.

Determinação da Biomassa e Carbono

Em cada povoamento de diferentes idades idade abateu-se 5 árvores, totalizando uma amostragem de 125 indivíduos. Em todos os indivíduos abatidos, obtiveram-se as seguintes informações: altura total (m), diâmetro (cm) e espessura de casca em posições relativas ao longo do fuste (mm), diâmetro a altura do peito (DAP) a 1,30 m (cm) para árvores com idade superior a dois anos e circunferência a altura do colo (CAC) para árvores de um ano (mm).

As árvores abatidas tiveram seus componentes arbóreos separados em: acículas, madeira do fuste, galhos vivos, galhos mortos, casca do fuste e estrutura reprodutiva, sendo posteriormente pesados em campo para a obtenção da massa de matéria fresca. Para a determinação da biomassa de raízes, foram quantificadas somente as árvores de área basal média do povoamento (dg) em cada idade, compondo para este segmento a amostragem de raízes de 25 árvores.

Os componentes foram pesados separadamente, utilizando-se balança com capacidade para 500 kg, obtendo-se o peso verde de biomassa para cada componente, os quais foram em seguida amostrados.

Para a amostragem do fuste (madeira do fuste + casca) foram retirados três discos, o primeiro disco a 0,50 cm acima do solo, o segundo disco na metade da altura total da árvore e o terceiro disco a 0,50 cm abaixo da altura total. Nos discos amostrados do fuste, separou-se a casca da madeira, obtendo-se assim o peso de cada componente separadamente. A quantificação do peso total da casca foi realizada por relações de fator de casca.

Nas amostragens de galhos vivos e galhos mortos, foram retiradas amostras em todos os diâmetros e a todas as alturas da copa. Para a estrutura reprodutiva e acículas foram retiradas amostras na ponta, meio e base da copa. As raízes foram amostradas com a abertura de trincheiras e coleta das raízes com diâmetro superior a 1 cm. Todas estas amostras foram pesadas no campo em balança mecânica com precisão de 0,1 g para posterior determinação em laboratório do teor de umidade e carbono.

Todo o material amostrado dos diversos componentes analisados foi acondicionado em sacos de papel, devidamente identificados e secos em laboratório em estufas circulação de ar a uma temperatura de 75° C até atingir o peso constante, para posterior determinação de peso seco. As amostras foram moídas em moinho de facas com peneira Mach 30, embaladas em recipientes plásticos e organizadas para análise química do teor de carbono orgânico. A determinação dos teores de carbono orgânico na biomassa florestal foi obtida pelo método WALKLEY-BLACK, com calor externo, proposto por Tedesco et al. (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percentual de biomassa e carbono por componente

A amostragem possibilitou a obtenção do percentual de participação da biomassa e do carbono estocado em cada componente, em relação ao peso das árvores. Estes valores foram obtidos para cada componente individualmente, tomando-se como referência o peso da biomassa e do carbono dos componentes aéreos de cada árvore e fazendo a proporção por componente para todas as árvores amostradas.

A distribuição da biomassa e do carbono acumulados nos distintos componentes seguiu a ordem: madeira do fuste > casca > galhos vivos > acículas (estrutura fotossintética) > galhos mortos e estrutura reprodutiva. Esta ordem apresenta-se semelhante a encontrada por Pereira et al. (1997), em povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden. aos nove anos.

Estudando um povoamento de *Pinus taeda* com 10 anos de idade, com 950 árvores por hectare, em média, Schumacher (2000) encontrou resultados semelhantes para a biomassa e o carbono, iniciando com a madeira do fuste > acículas > galhos > casca.

Geralmente, a biomassa acima do solo é distribuída na seguinte ordem: madeira do fuste > galhos > casca > folhas (CURLIN, 1970; SCHUMACHER, 1995; CALDEIRA, 1998; WATZLAWICK, 2003). A distribuição da biomassa nos diferentes órgãos da planta varia de espécie para espécie, e até mesmo em uma população com a mesma espécie (ABRAHAMSON e GADGIL, 1973; CALDEIRA, 2003).

As determinações de biomassa e carbono indicaram que a porção madeira do fuste corresponde a 76,96% da biomassa e 76,26% do carbono dos componentes acima do solo. Para acículas, os percentuais foram de 5,63% e 5,22%, para biomassa e carbono respectivamente. No caso de galhos vivos esses valores foram de 8,21% e 8,13%, e 1,23% e 1,29% para os galhos mortos. A casca do fuste apresentou 8,27% de biomassa e 8,59% de carbono, enquanto a estrutura reprodutiva apresentou 0,27% de biomassa e 0,59% de carbono.

O peso da madeira do fuste, dentre os pesos dos demais componentes, tem maior representatividade, resultado também obtido para este componente por Urbano (2007) em estudo de quantificação da biomassa acima do solo e do carbono em árvores de *Mimosa scabrella* nativas da região metropolitana de Curitiba, observando que este componente responde pela participação média de 69,85% da biomassa acima do solo.

Paixão et al. (2006) quantificaram a biomassa acima do solo de *Eucalyptus* spp. constatando que o maior percentual de contribuição é proveniente da madeira do fuste (81,84%), seguido pela casca (8,05%), galhos (7,74%) e folhas (2,57%). Schumacher e Poggiani (1993) também, em análise da produção de biomassa em três espécies de eucaliptos (*E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*) com 9; 9 e 12 anos de idade, respectivamente, em Anhembi-SP, constataram que a madeira do fuste representou mais de 80% da biomassa acima do solo.

Watzlawick (2003), em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, em General Carneiro, estado do Paraná, encontrou na biomassa seca os seguintes percentuais: galhos vivos (45,01%), madeira do fuste (40,53%), casca do fuste (9,99%), folhagem (2,4%) e galhos mortos (1,16%), podendo ser observados valores significativamente superiores para os galhos vivos. Observa-se que essa distribuição não segue o padrão normal observado em trabalhos realizados principalmente com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Neste caso, o fato da alocação de biomassa ser predominante em galhos vivos deve-se provavelmente por se tratar de espécies nativas, onde a metodologia utilizada considerou como galho a porção a partir do ponto de inversão morfológica.

Bellote (1979) observou que em povoamentos de *Eucalyptus* sp., a madeira do fuste contribui com a maior participação da biomassa da parte acima do solo das árvores, seguida por casca, galhos e folhas. Destacando que as árvores de grande diâmetro acumulam grande proporção de biomassa no tronco e pouca biomassa nas folhas, sendo que, para as árvores com pequeno diâmetro, é grande a proporção de casca e de copa.

Reis et al. (1985), em estudo com *Eucalyptus grandis*, plantados no Cerrado, em uma seqüência de idades, em duas áreas com diferentes produtividades, relataram que, em sítios de melhor qualidade a madeira do fuste constitui 60% da biomassa total, enquanto que, em sítios de pior qualidade, ela constitui apenas 45%, sendo que esta redução na proporção da biomassa na madeira do fuste se deve, principalmente, à maior alocação de assimilados na produção de raízes.

Em relação à biomassa e o carbono acumulado nos galhos mortos, houve uma contribuição pequena desta na biomassa acima do solo, com resultado semelhantes aos encontrados por Caldeira et al. (1998) para *Acacia mearnsii* aos 2,4 anos, a qual representou apenas 1,25%. Possivelmente, esta característica, dentre outros fatores, relaciona-se estreitamente com os procedimentos de manejo adotados em cada idade.

Krapfenbauer e Andrae (1976) ao realizar estudo em povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. na região de Passo Fundo – RS, com 17 anos de idade, constataram que a quantidade de biomassa da madeira do fuste representava 72,4% do total da biomassa acima do solo, observando ainda uma biomassa de 12,9% e 12,4% para casca e raízes, respectivamente.

Watzlawick (2006) em estudo de quantificação da produção de biomassa arbórea verde e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze aos 24 anos no Sul do Estado do Paraná observou que a parte acima do solo possui 85,5% da biomassa total das árvores, estando subdividida na seguinte proporção: fuste 46,51%, casca 21,95%, ramo aciculado 5,63%, galhos vivos 4,62% e galhos mortos 1,79%, restando 19,5% para a biomassa subterrânea.

Watzlawick et al. (2003) trabalhando na quantificação da biomassa em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. com 30 anos no sul do Estado do Paraná, constatou que 40,73% da biomassa encontra-se alocada no fuste, 23,8% na casca, 19,69% nos galhos e ramos e 15,75% na raiz, sendo que, para o carbono total fixado 41,1% representam o componente madeira do fuste, 21,84% casca, 19,20% galhos e ramos e para a raiz 17,62%, sendo que para este mesmo componente Balbinot et al. (2000) constataram em plantios de *Pinus taeda* com 20 anos, que o mesmo representa 13% do total de carbono fixado, sendo ambos os valores, superiores aos resultados encontrados para a espécie *Pinus elliottii* Eng., no presente estudo.

Neste sentido, Pardé (1980) observou que as porcentagens de caules, ramos, folhas e raízes na biomassa total certamente variam consideravelmente dependendo da espécie, sítio e tratamento cultural.

Correlação entre variáveis dendrométricas com biomassa e carbono

Com base nos dados obtidos em campo e em laboratório, obteve-se os valores do coeficiente de correlação entre as variáveis dendrométricas de fácil obtenção e a biomassa dos distintos componentes das árvores de *Pinus elliottii* Eng., conforme apresentado na Tabela 1.

Destaca-se uma alta correlação entre as variáveis dendrométricas e de biomassa analisadas neste estudo, exceto para a estrutura reprodutiva. As maiores correlações encontradas foram entre a biomassa total e a biomassa acima do solo, biomassa acima do solo e a biomassa do fuste, bem como, entre a biomassa total e a do fuste, ambas com correlações lineares simples (r) iguais a 0,9996; 0,9977 e 0,9975,

respectivamente. A menor correlação foi observada entre a biomassa de galhos mortos e a de acículas ($r = 0,5031$).

TABELA 1: Correlação linear entre as variáveis dendrométricas e a biomassa de *Pinus elliottii* em plantios de 1 a 25 anos.

TABLE 1: Linear correlation between dendrometric variables and biomass of *Pinus elliottii* trees, in plantations ranging in age from 1 to 25 years.

Variáveis	Idade (anos)	DAP (cm)	h (m)	Acícula (kg)	G. Vivo (kg)	Fuste (kg)	Casca (kg)	Raiz (kg)	G. Morto (kg)	Est. Rep. (kg)	Acima solo (kg)	Total (kg)
Idade	1											
DAP	0,9851	1										
h	0,9773	0,9849	1									
Acículas	0,8363	0,8719	0,8850	1								
G. Vivos	0,8826	0,8937	0,8718	0,7932	1							
Fuste	0,9373	0,9129	0,8764	0,7071	0,8968	1						
Casca	0,9308	0,9298	0,9095	0,8135	0,9035	0,9141	1					
Raiz	0,9122	0,9084	0,8775	0,7999	0,8401	0,8708	0,9074	1				
G.Morto	0,7511	0,7434	0,6794	0,5031	0,7604	0,8347	0,7345	0,7461	1			
Est. Rep.	0,7852	0,7600	0,7292	0,6340	0,7264	0,7854	0,7184	0,7748	0,6805	1		
Acimaso lo	0,9485	0,9299	0,8959	0,7432	0,9199	0,9977	0,9346	0,8831	0,8332	0,7894	1	
Total	0,9451	0,9175	0,8797	0,7337	0,9511	0,9975	0,9545	0,8963	0,8632	0,8170	0,9996	1

Onde: Idade = idade dos povoamentos; DAP = diâmetro a altura do peito; h = altura total da árvore; Total = biomassa total da árvore, em kg.

As variáveis dendrométricas que apresentaram maior coeficiente de correlação com as demais foram DAP (diâmetro a altura do peito) e h (altura total da árvore), portanto, caracterizaram-se como importantes variáveis na modelagem, principalmente pela acuracidade e facilidade na sua obtenção, possibilitando o desenvolvimento de equações que poderão gerar estimativas de biomassa dos componentes da árvore de *Pinus elliottii* de forma simples, com rapidez e eficiência.

Valerio et al. (2007) verificaram, em estudo de modelagem matemática com *Hovenia dulcis*, que o DAP, mesmo não sendo uma variável biológica, representa suas variáveis, apresentando resultados altamente significativos para estimativas de biomassa, permitindo o desenvolvimento de equações para os distintos componentes desta espécie de forma prática.

Rosot (1980), em estudo com *Pinus taeda*, verificou que a variável que apresentava maior correlação simples com as variáveis de biomassa foi o DAP. Já Harcombe (1973), para estimar a biomassa de *Cecropia obtusifolia*, testou diversas variáveis independentes e concluiu que o diâmetro foi a melhor.

Singh (1982) verificou que a biomassa de várias espécies florestais do Canadá pode ser estimada com boa precisão em função fundamentalmente do DAP. Neste sentido, Valeri et al. (1989) observaram que esta variável é a mais simples de ser obtida para estimar a biomassa dos componentes das árvores. Utilizando-se o DAP como variável independente, Castro et al. (1980), Pinheiro (1980) e Lear et al. (1984) procederam estimativas com precisões bastante aceitáveis.

Em relação ao carbono, foram obtidos os valores do coeficiente de correlação entre as variáveis dendrométricas e o carbono dos distintos componentes das árvores de *Pinus elliottii*, conforme mostra a Tabela 2.

Com exceção da estrutura reprodutiva, destaca-se uma alta correlação entre as variáveis dendrométricas e de carbono analisadas neste estudo. As maiores correlações encontradas foram entre o carbono total e o carbono aéreo, carbono aéreo e o carbono do fuste, bem como, entre o carbono total e o do fuste, ambas com correlações lineares simples (r) iguais a 0,9996; 0,9975 e 0,9974, respectivamente. A menor correlação foi observada entre o carbono da estrutura reprodutiva e o da casca ($r = 0,2400$).

Verifica-se que as variáveis dendrométricas DAP e a altura total da árvore apresentaram expressivos coeficientes de correlação com o carbono dos componentes analisados, e caracterizam-se como importantes variáveis na modelagem, principalmente pela acuracidade e facilidade na sua obtenção, permitindo o desenvolvimento de equações que poderão gerar estimativas precisas dos componentes da árvore de *Pinus elliottii* Machado et al. (2006) analisaram as relações quantitativas entre as variáveis dendrométricas e os teores de carbono para a *Mimosa scabrella* onde verificaram que a variável DAP

permaneceu entre os maiores coeficientes de correlação para os distintos componentes da árvore analisados.

TABELA 2: Correlação linear entre as variáveis dendrométricas e o carbono da árvore de *Pinus elliottii* em plantios de 1 a 25 anos.

TABLE 2: Linear correlation between dendrometric variables and carbon in *Pinus elliotti* trees, in plantations ranging in age from 1 to 25 years.

Variáveis	Idade (anos)	DAP (cm)	h (m)	Acículas (kg)	G.Vivo (kg)	Fuste (kg)	Casca (kg)	Raiz (kg)	G. Morto (kg)	Est. Rep. (kg)	Acima solo (kg)	Total (kg)
Idade	1											
DAP	0,9851	1										
h	0,9773	0,9849	1									
Acículas	0,8360	0,8714	0,8850	1								
G. Vivos	0,8830	0,8943	0,8719	0,7917	1							
Fuste	0,9378	0,9136	0,8773	0,7079	0,8976	1						
Casca	0,9299	0,9299	0,9100	0,8173	0,9053	0,9128	1					
Raiz	0,9119	0,9076	0,8764	0,8012	0,8372	0,8733	0,9104	1				
G. Mortos	0,7494	0,7420	0,6780	0,5008	0,7605	0,8317	0,7309	0,7433	1			
Est. Rep.	0,3913	0,4149	0,3347	0,3085	0,4355	0,4008	0,2400	0,6837	0,4102	1		
Acima do solo	0,9494	0,9311	0,8975	0,7454	0,9212	0,9975	0,9344	0,8855	0,8299	0,4173	1	
Total	0,9459	0,9184	0,8811	0,7351	0,9520	0,9974	0,9555	0,8987	0,8600	0,5699	0,9996	1

Idade=idade dos povoamentos; DAP= diâmetro a altura do peito; h = altura total da árvore; Total = carbono total da árvore.

CONCLUSÕES

A distribuição da biomassa e do carbono nos diferentes componentes das árvores seguiu o mesmo sentido, sendo sua concentração maior na madeira do fuste, seguido da casca, galhos vivos, acículas, galhos mortos, e estrutura reprodutiva. Considerando as relações entre as variáveis dendrométricas das árvores com a biomassa e carbono, constatou-se que as melhores correlações foram obtidas entre estes componentes e as variáveis DAP e altura total, sendo, portanto, recomendado o uso destes elementos na produção de modelos que visem a estimativa da biomassa e carbono em povoamentos de pinus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMSON, W.G.; GADGIL, M. Growth and reproductive effect in goldenrods solidago (compositae). **American Naturalist**, Lancaster, v. 107, p. 651-661, 1973.
- BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M.V.; HERNANDES, J.I. Carbono orgânico em uma floresta de *Pinus taeda* na Região de Cambará do Sul - RS. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6. , 2000, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro – BA, 2000. p.56.
- BELLOTE, A.F.J. **Concentração, acúmulo e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* em função da idade**. 1979. 192p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - ESALQ/USP, Piracicaba.
- BROWN, S. L.; SCHOEDER, P.; KERN, J. S. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 123, n. 1-3, p. 81-90, 1999.
- CALDEIRA, M. V. W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. 1998. 96p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.
- CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. 2003. 176 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas Florestais. Colombo: EMBRAPA-CNPq; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640p.
- CASTRO, C. F. A. POGGIANI, F. NICOLIELO, N. Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades. **IPEF**, Piracicaba, v. 20, p. 61-74, 1980.
- CURLIN, J. W. Nutrient cycling as a factor in site productive and forest fertilization. In: YOUNGBERG,

- C. T.; DAVEY T. **Tree growth and forest soils**. Oregon: Oregon State University Press, p. 313-326. 1970.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.
- FAN, S.; GLOOR, M.; MAHLMAN, J.; PACALA, S.; SARMIENTO, J.; TAKAHASHI, T. A large terrestrial carbon sink in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide models. **Science**, Washington, DC, n. 282, p. 386-387, 1998.
- HARCOMBE, P.A. **Nutrient cycling in secondary plant succession in a humid tropical forest region (Turrialba, Costa Rica)**.Dissertation, Yale University, New Haven, USA. 1973.
- IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 132 p.
- KETTERINGS, Q. M.; COE, R.; NOORDWIJK, M.; AMBAGAU, Y.; PALM, C. A. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 146, p. 199-209, 2001.
- KRAPFENBAUER, A.; ANDRAE, F. Inventur einer 17 jaehrigen Araukarienaufforstung in Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasilien. Teil I: Biomasseninventur. **Centralblatt fuer das Gesamte Forstwesen**, v. 93, n. 2, p. 70-87, 1976.
- LEAR, D. H. V., WAIDE, J. B.; TEUKE, M. J. Biomass and nutrient content of a 41-years-old loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation on a poor site in South Carolina. **Forest Science**, Lawrence, v. 30, n. 2, p. 395-404, 1984.
- LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. In: **IBGE.Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro, 1990. p.113-150.
- MACHADO, W. C. P. **Indicadores da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio pato branco**. 2006. 312 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MARTINS, O.S. **Determinação do potencial de seqüestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP**. Curso de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. 2004. 137p.
- PAIXAO, F. A. ; SOARES, C. P. B. ; JACOVINE, L. A. ; SILVA, M. L. ; LEITE, H. G. ; SILVA, G. F. . Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 30, p. 411-420, 2006.
- PARANÁ. IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas Básicas doParaná**. Londrina, 1994.
- PARDÉ, J. Forest Biomass. In: **Forestry Abstracts Review Article**, France, ago 1980. Station de Sylviculture et de Production, Centre Nacional de Recherches Forestières, v.41, n.8, p. 349; 350; 352.
- PEREIRA, A.R.; BARROS, N.F.; ANDRADE, D.C.; CAMPOS, P.T.A. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade, cultivado na região de cerrado. **Brasil Florestal**, Brasília, n.59, p. 27-37, 1997.
- PINHEIRO, G.S. **Estimativa do peso de copas de *Pinus caribaea* Marelet variedade *hondurensis* Barr. Et Golf e *Pinus oocarpa* Shiede, através de parâmetros dendrométricos**. Curitiba, 1980. 105 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal.
- REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.P.; RESENDE, G.C.; BARROS, N.F. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa, v.9, p.149-162, 1985.
- RENNER, R. M. **Seqüestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. Curitiba, 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal – UFPR. 132p.
- ROSOT, N. C. **Estimativa do peso de madeira seca de *Pinus taeda* L. por ocasião do primeiro desbaste**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.
- SANTOS, M. A. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa derivadas de hidrelétricas**. 148 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

- SEDJO, R. A. Temperature Forest ecosystem in the global carbon cycle. **Ambio**, Stockholm, v. 21, p. 274-277, 1992.
- SCHWARTZ, P.; RANDALL, D. **An abrupt climate change scenario and its implications for Unitted States National Security**. Relatório para Agência de Segurança Nacional dos Estados Unidos. 2003. Disponível em: <http://www.gbn.org/articledisplayservelet.srv?aid=26231>>; acesso em 03 de setembro de 2011.
- SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi - SP. **Ciência Florestal**, v. 3, p. 21-34, 1993.
- SCHUMACHER, M.V. **Nährstoffkreislauf in verschiedenen Bestaeden von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien**. Wien, Austria: Universität für Bodenkultur, 1995. 167f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur, Viena, Áustria.
- SCHUMACHER, M.V. **Quantificação do carbono orgânico em florestas de *Pinus taeda* L, com diferentes idades**. Santa Maria: UFSM, 2000. (Relatório de pesquisa).
- SINGH, B. Nutrient content of standing crop and biological cycling in *Pinus pátula* ecosystem. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.4, n.4, p.317-332, 1982.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- URBANO, E. **Quantificação e estimativa aérea da biomassa e do carbono fixado em árvores de bracingais nativos da região metropolitana de Curitiba**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- VALERI, S. V. **Exportação de Biomassa e Nutrientes de Povoamentos de *Pinus taeda* L. Desbastados em Diferentes Idades**. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.
- VALERIO, A.F.; WATZLAWICK, L.F.; SANTOS, R.T.; SILVESTRE, R.; KOEHLER, H.S. Ajuste de modelos matemáticos para estimativa de biomassa nos distintos componentes de uva do Japão (*Hovenia dulcis* Thunb.). **Revista Ambiência**, Guarapuava, Pr, v. 3, n. 3, p. 325-336, Set./Dez. 2007.
- VALERIO, A. F.; SILVA, J. M. S. Identificação de espécies vegetais com propriedades fitoterápicas ocorrentes em floresta com araucária, em Clevelândia, PR. **Anais...**, IV Semana Acadêmica de Geografia. 2008.
- WATZLAWICK, L.F. **Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens de satélite Ikonos II**. Curitiba, 2003. 118 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federa do Paraná.
- WATZLAWICK, L.F. Produção de biomassa arbórea e carbono orgânico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze aos 24 anos no sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica**. Curitiba, v. 4, n. 2, p. 229-237, 2006.

PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DEVOLUÇÃO DE NITROGÊNIO EM UM PLANTO MISTO DE *Eucalyptus urograndis* E *Acacia mearnsii*

LITTERFALL PRODUCTION AND NITROGEN RETURN IN A MIX PLANTING OF *Eucalyptus urograndis* AND *Acacia mearnsii*

Caroline Weimann⁴; Mauro Valdir Schumacher⁵

RESUMO

Objetivou-se avaliar a produção de serapilheira, e a devolução de Nitrogênio em um povoamento misto de acácia-negra (*Acacia mearnsii*) e eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) com três anos e onze meses de idade em Pinheiro Machado, RS. Foram colocadas sistematicamente quatro parcelas de 20 m x 42 m cada uma com três coletores de serapilheira de 0,5 m². A serapilheira interceptada nos coletores foi coletada mensalmente entre setembro/2010 e junho/2011. Após a coleta, a serapilheira foi dividida nas frações folha, miscelânea (flores, frutos) e galho fino, e finalmente seca em estufa a 70°C por 72 horas e pesada. O nitrogênio total foi determinado pelo procedimento micro-kjeldahl. A deposição de serapilheira desse período (10 meses) foi de 4.615,6 kg ha⁻¹ composta por 46,8% de folha, 2,6% de miscelânea e 3,3% de galho fino de eucalipto, já para a acácia negra foi de 23,0% para folha, 23,0% para miscelânea e 1,3% para galho fino. A deposição total de nitrogênio foi de 77,41 kg ha⁻¹ sendo, que para o eucalipto a fração folha corresponde a 30,8%, 4,8% para miscelânea e 0,4% para galho fino, já para a acácia negra a fração folha corresponde a 20,8%, 42,5% para miscelânea e 0,7% para galho fino.

Palavra-chave: Plantio misto; serapilheira; nitrogênio

ABSTRACT

The objective was to evaluate the litterfall, and nitrogen in a mixed stand of black wattle (*Acacia mearnsii*) and *Eucalyptus urograndis* with three years and eleven months in Pinheiro Machado city, RS. Four plots of 20m x 42m each with three litterfall traps of 0.5m² were systematically placed. The litterfall in the litter traps was collected monthly among September/2010 and June/2011. After the collect, the litterfall was sorted in leaf, miscellaneous (flowers, fruits) and fine twig fractions and finally dried at 70°C for 72h. The total nitrogen was determined by the micro-kjeldahl procedure. Litter deposition in this period (10 months) was 4615.6 kg ha⁻¹, composed of 46.8% leaf, 2.6% miscellaneous and 3.3% twig of *eucalyptus*. Referring to the black wattle: 23.0% for leaf, 23.0% for miscellaneous and 1.3% for fine twigs. The total deposition of nitrogen was 77.41 kg ha⁻¹, and for the *eucalyptus* leaf fraction corresponds to 30.8%, 4.8% for miscellaneous and 0.4% for fine twig. Referring to the black wattle, the leaf fraction corresponds to 20.8%, 42.5% to miscellaneous and 0.7% for fine twigs.

Keywords: mixed planting; litterfall; nitrogen

INTRODUÇÃO

A silvicultura e o manejo das florestas requerem constantemente novas soluções que reduzam custos de produção, sempre com vista no aumento da produtividade e no equilíbrio biológico dos ecossistemas. O manejo das florestas tem como base fundamental o conhecimento das relações clima-solo-planta e dos fatores que a elas afetam. Para que ocorra a melhor combinação deve conduzir o manejo a uma elevada produtividade ao longo das rotações com os menores custos possíveis.

O plantio misto de *Eucalyptus* com espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio, tem potencial para aumentar a produtividade, mantendo a fertilidade do solo, sendo mais eficientes que monoculturas de *Eucalyptus* (FORRESTER et al., 2006).

A *Acacia mearnsii* De Wild., conhecida como acácia-negra, é uma espécie arbórea originária da Austrália Sul-Oriental, e de grande importância econômica e ornamental (MARCHIORI, 1990). Caracteriza-se por ser uma árvore de folhagem verde escura, altura de 10 a 30 metros, crescendo bem em qualquer tipo de solo profundo. Suas folhas são compostas, bipinadas, folíolos individuais mais curtos em relação à sua largura.

O rápido crescimento da acácia-negra, associado ao aproveitamento integral da madeira, torna

⁴ Acad. do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Laboratório de Ecologia Florestal, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS. CEP: 97105-900. carolineweimann@yahoo.com.br

⁵ Eng. Ftal. Prof. Dr. nat techn do Departamento de Ciências Florestais - Centro de Ciências Rurais - Universidade federal de Santa Maria, Laboratório de Ecologia Florestal, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS. CEP: 97105-900. mvcschumacher@gmail.com.

essa espécie ideal para reflorestamento e para a utilização industrial. Sua contribuição aos mais variados segmentos econômicos e industriais é ampla, tanto pelo aproveitamento da casca para a extração de tanino (a casca possui cerca de 28% de tanino), quanto pelo uso da madeira para diversos fins, tais como a fabricação de papel e celulose, chapas de aglomerados, carvão e lenha (Embrapa *apud* CALIL, 2003).

A acácia-negra é uma leguminosa capaz de fixar nitrogênio atmosférico (N₂) e incorporar rapidamente a matéria orgânica ao solo, mantendo a produtividade do sítio, podendo fixar aproximadamente 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio em regiões tropicais (AUER e SILVA, 1992).

Plantios mistos têm a capacidade de aumentar a produção de biomassa e o sequestro de carbono, enquanto fornecem outros benefícios como: melhora na fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes e proteção ao ataque de pragas e doenças (Forrester *et al.*, 2005).

Assim, fundamenta-se a necessidade de conduzir estudos referentes à dinâmica nutricional de plantio misto, visando encontrar técnicas para melhorar a produtividade visando o seu correto manejo para fornecer melhorias ao sistema como um todo, sem causar danos ao meio ambiente.

O presente trabalho teve por objetivo quantificar a produção de serapilheira e a devolução de nitrogênio em um plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado em uma área experimental da Fazenda Brete, pertencente à Empresa FIBRIA, Unidade Rio Grande do Sul, localizada nas coordenadas 31°34'02.62"S e 53°37'15.82"O, no município Pinheiro Machado-RS (Figura 1). Com base na classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo "Cfa", subtropical, caracterizada pela ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano, por possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio entre 3°C (MORENO, 1961). A temperatura média anual está entre 16,3 e 17,7°C, e a precipitação anual varia entre 1376 e 1660 mm (MOTA, 1951).

O solo característico da região é o Neossolo Litólico Distrófico típico, caracterizado por apresentar um horizonte A ou O assentado sobre rocha parcialmente alterada (horizonte C) ou rocha inalterada (camada R). Sua saturação por bases é menor ou igual a 50% (baixa). Os Neossolos litólicos são geralmente raso e com seqüência de horizontes A-R com baixa capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo (Streck, *et al.*, 2008).

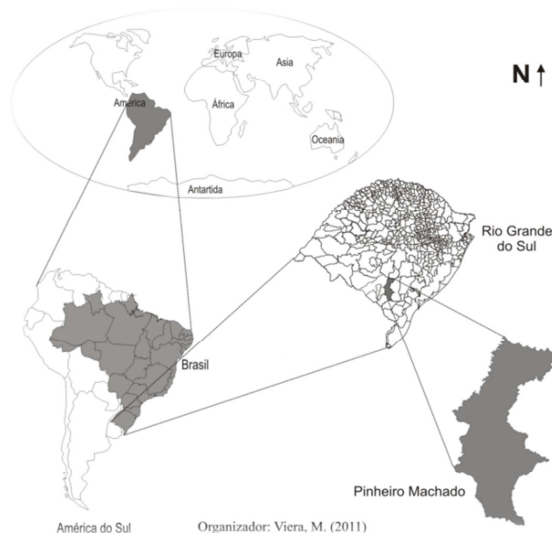


FIGURA 1: Localização da área experimental, Pinheiro Machado, RS.
FIGURE 1 : Location of experimental area, Pinheiro Machado, RS.

As espécies de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* foram arranjadas em um plantio misto de 50% *E. urograndis* e 50% *A. mearnsii*. A área do experimento foi de 0,5 ha e o espaçamento de plantio misto foi de 3,5 m x 2,0 m.

Adubação padrão para o povoamento foi: 100 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo + 0,5% de cobre (Cu) + 0,3% de boro (B) em aplicação mecanizada e 200 kg ha⁻¹ de NPK 06-30-06 (aplicação manual), na ocasião do plantio. Aos 90 dias foi efetuada uma adução de cobertura de 133 kg ha⁻¹ de NPK 20-0-10 + 0,3% de boro (80g/planta). A segunda adubação de cobertura foi realizada aos 180 dias com 100 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio + 0,5% de boro e com um ano foi realizada a terceira adubação de cobertura com 100 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio + 0,5% de boro.

Produção de serapilheira e aporte de nitrogênio

A serapilheira produzida foi coletada em coletores formados por uma moldura de madeira com 70 cm x 70 cm suspensas por estacas de madeira como mostra a Figura 2.



FIGURA 2: Coletores de serapilheira.

FIGURE 2: Litterfall trap.

A serapilheira depositada nos coletores, foi coletada mensalmente e enviada ao Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da UFSM, onde foi separada nos componentes: folha, miscelânea, galho fino (<5 mm) tanto da espécie eucalipto como da espécie acácia-negra. Após a separação dos mesmos, o material foi colocado em estufa para ser seco à 70°C, por 72 horas. Após foi moída em moinho tipo wiley, para posterior análise química do macronutriente nitrogênio, conforme metodologia de Tedesco et al. 1995.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A deposição total de serapilheira, durante o período de dez meses foi de 4.615,6 kg ha⁻¹. Conforme figuras (3, 4 e 5), apresentando uma distribuição relativa de 46,8% para a fração folhas eucalipto e 23,0% para a acácia-negra, 2,3% para miscelânea de eucalipto e 23,0% para a acácia, já para galhos finos foi de 3,3% para o eucalipto e 1,3% para a acácia. A maior deposição de serapilheira de eucalipto ocorreu no mês de novembro isso acontece porque na região de Bagé, RS, segundo Azevedo e Marques (2008), é comum que ocorram pequenos períodos com grandes excessos de precipitação, bem como períodos de grandes estiagens. Esses períodos de grandes oscilações caracterizam riscos para as atividades econômicas, especialmente no verão, período de grande demanda evaporativa da atmosfera e, por consequência, elevado risco de ocorrer deficiências hídricas, mesmo nos períodos climatológicos considerados normais. Para a acácia-negra o período que apresentou maior quantidade de serapilheira foi em dezembro, segundo a Embrapa, a época de frutificação do mesmo é de Novembro a Janeiro, com isso, observa-se que o resultado obtido comparado com os da Embrapa são equivalentes.

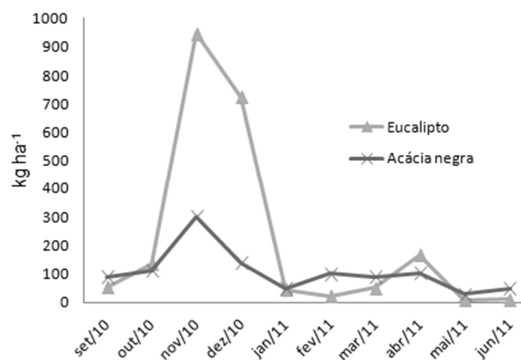


FIGURA 3: Devolução de folhas do plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*.

FIGURE 3: Leaves return (kg ha⁻¹) in the mix planting of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*.

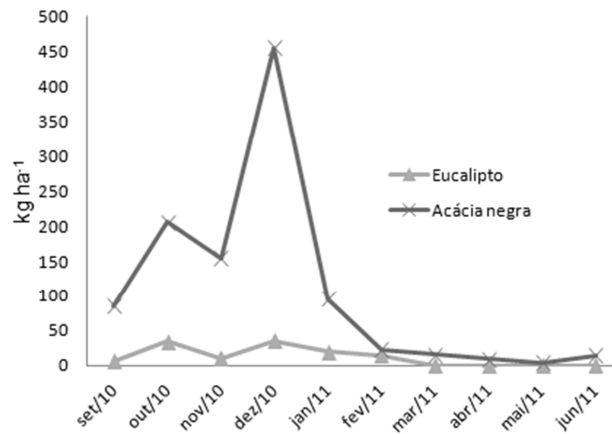


FIGURA 4: Devolução de miscelânea do plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*.
 FIGURE 4: Miscellaneous return (kg ha⁻¹) in the mix planting of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*.

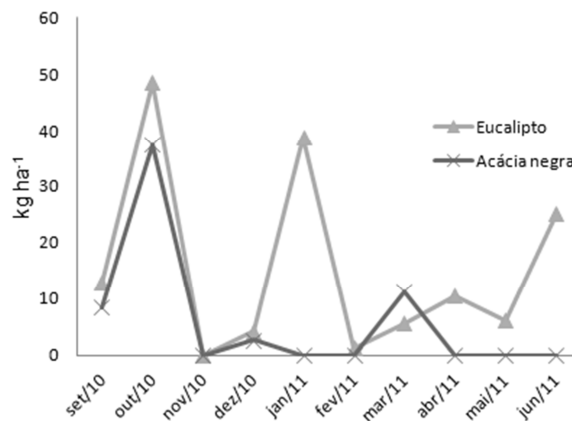


FIGURA 5: Devolução de galhos finos do plantio concorciado de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*.
 FIGURE 5: Fine twigs return (kg ha⁻¹) in the mix planting of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*.

As quantidades de nitrogênio devolvido ao solo durante o período de estudo foi de 77, 41 kg ha⁻¹. Deste total a acácia-negra representa 64% e o eucalipto 36%. Isso deve se ao fato que a Acácia é uma leguminosa, fixadora de Nitrogênio. Conforme as figuras (6, 7 e 8), na fração folha, o eucalipto obteve maiores quantidades que a acácia, sendo de 30,8% e 20,8%, respectivamente. Nas frações miscelânea e galhos finos as maiores quantidades foram para a acácia. A miscelânea e os galhos finos da acácia representam, respectivamente, 42,5% e 0,7%, já para o eucalipto, 4,8% e 0,4%.

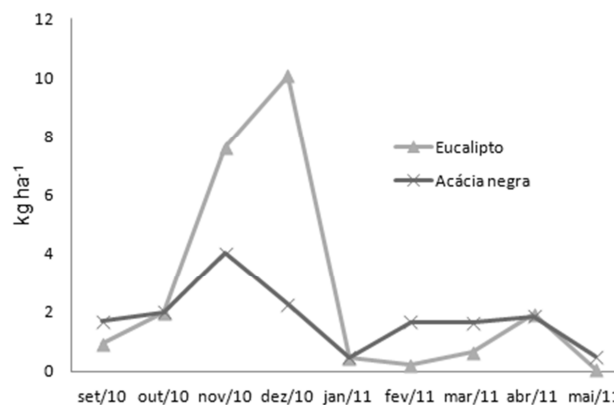


FIGURA 6: Quantidade de Nitrogênio (kg ha⁻¹) nas folhas de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*.
 FIGURE 6: Nitrogen amount (kg ha⁻¹) in the leaves of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*.

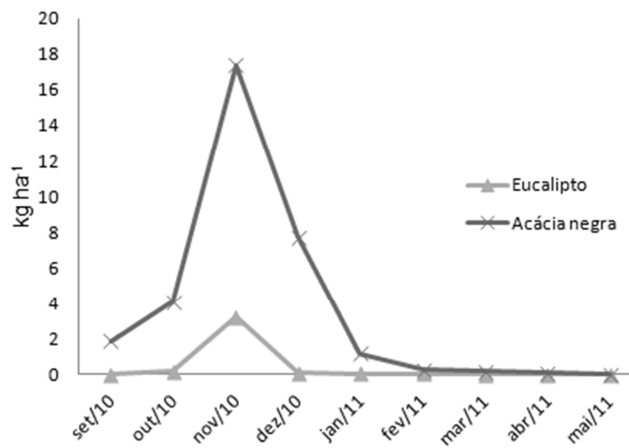


FIGURA 7: Quantidade de Nitrogênio (kg ha^{-1}) na miscelânea de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*.

FIGURE 7: Nitrogen amount (kg ha^{-1}) in the miscellanea of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*.

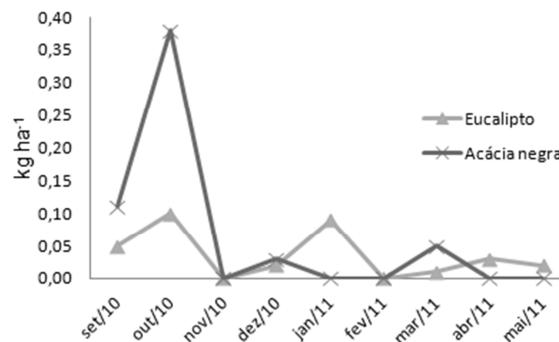


FIGURA 8: Quantidade de Nitrogênio (kg ha^{-1}) nos galhos finos de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*.

FIGURE 8: Nitrogen amount (kg ha^{-1}) in the fine wigs of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*.

De acordo com Khanna (1997) e Vezzani et al. (2001), na fase inicial de desenvolvimento dos povoamentos (até a formação da copa), o benefício do consórcio para o eucalipto ocorreria pelo aumento na disponibilidade de nitrogênio no solo.

CONCLUSÃO

A produção total de serapilheira para o período de setembro de 2010 a junho de 2011 foi de $4.615,60 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo superior a fração folhas eucalipto, seguida de folha e miscelânea acácia-negra, onde obtiveram a mesma porcentagem, galhos finos, miscelânea de eucalipto e por fim galhos finos de acácia-negra.

As quantidades de nitrogênio encontrado para o plantio misto do eucalipto e Acácia-negra para o período de setembro de 2010 a maio de 2011 foi de $77,41 \text{ kg ha}^{-1}$. A fração miscelânea de Acácia-negra foi onde apresentou as maiores quantidades, seguido pela folha de eucalipto, folha de Acácia, miscelânea de eucalipto e galho fino de acácia e por fim a de eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUER, C. G.; SILVA, R. Fixação de nitrogênio em espécies arbóreas. In: CARDOSO, E. J. et al. **Microbiologia do solo**. Campinas: Ed. da UNESP, 1992, p.160–167.

AZEVEDO, H. B.; MARQUES J. R. Q. *et al.* Análise temporal da chuva mensal na região de Bagé – RS. Pelotas: UFPel, 2008. Disponível em: http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CE/CE_00634.pdf Acessado no dia 28/02/2011.

CALIL, F.N. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em um sistema silvopastoril com *Acacia mearnsii* De Wild., no município de Tupanciretã, RS.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; COWIE, A.L. On the success and failure of mixed-species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, n. 209, p. 147-155, 2005.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L. Carbon allocation in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulos* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, n. 233, p.275-284, 2006.

KHANNA, P. K. Comparison of growth and nutrition of young monocultures and mixed stands of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, v. Amsterdam, v. 94, n. 1/3, p. 105–113, June 1997.

MARCHIORI, J. N. C. **Anatomia das madeiras do gênero *Acacia*, nativas e cultivadas no estado do Rio Grande do Sul**. 1990. 226 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

MORENO, J.A. 1961. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura.

MOTA, F. S. Estudos do clima do estado do Rio Grande do Sul segundo o sistema de Köeppen. **Rev. Bras. Geogr.**, 1951,

STRECK, E. V.; KÄMPF, N; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2º ed. Porto Alegre: EMATER-RS – ASCAR, 2008. 87p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

VEZZANI, F. M.; TEDESCO, M. J.; BARROS, N. F. Alteracoes dos nutrientes no solo e nas plantas em consorcio de eucalipto e acacia-negra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vicosa, MG, v. 25, n. 1, p. 225-231, jan./mar. 2001.

ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA DE TRÊS ARBÓREAS NO PARQUE ESTADUAL DA QUARTA COLÔNIA, AGUDO, RS

PHYTOSOCIOLOGYSTRUCTUREOF THREETREESINTHE PARQUE ESTADUAL DA QUARTA COLÔNIA, AGUDO, RS

Daniele Guarienti Rorato⁶; Maristela Machado Araujo⁷; Adriana Falcão Dutra³;
Suzane Bevilacqua Marcuzzo⁴

RESUMO

O objetivo do trabalho foi identificar as características populacionais de três espécies representativas da Floresta Estacional Decidual, mediante análise da estrutura horizontal e vertical. O estudo foi realizado no Parque Estadual da Quarta Colônia, localizado nos municípios de Agudo e Ibarama. Para o levantamento da vegetação no remanescente foi realizado um inventário florestal, onde foram avaliadas 13 parcelas de 10 x 20 m, distribuídas sistematicamente em quatro faixas, distantes 100 metros. Na floresta natural, as faixas foram demarcadas com auxílio de bússola, balizas e trena, sendo subdivididas em sub-parcelas de 10 x 10 m. Em cada parcela foi realizada a identificação e a medição da circunferência e altura das árvores e arbustos, conforme as seguintes classes de tamanho: Classe I (10 x 20 m) indivíduos de circunferência a 1,3 m do solo (CAP) igual ou maior de 30 cm; e Classe II (10 x 10 m) indivíduos de CAP maior que 15 cm e menor de 30 cm. As três espécies mais representativas da comunidade na Classe I foram estudadas considerando a sua estrutura. *Nectandra megapotamica* caracterizou-se por apresentar os maiores valores para as variáveis densidade, dominância e valor de importância. Na Classe II, *Cupania vernalis* apresentou os maiores valores para os parâmetros analisados, exceto para frequência. Com relação à estrutura vertical da população, predominaram os indivíduos de *Allophylus edulis* na posição sociológica (PS 3), *Cupania vernalis* na posição sociológica (PS 2), e *Nectandra megapotamica* na posição sociológica (PS 1), o que pode estar indicando uma associação entre essas espécies, já que ocupam estratos diferentes.

Palavras-chave: inventário florestal; estrutura horizontal; estrutura vertical; espécies nativas.

ABSTRACT

The objective was to identify the population characteristics of three representative species of the Deciduous Forest, by analyzing the structure horizontally and vertically. The study was conducted at the Parque Estadual da Quarta Colônia, located in the municipalities of Agudo and Ibarama. To survey the remaining vegetation in a forest inventory was performed, evaluating 13 plots of 10x20m, systematically distributed into four bands, 100 meters away. In natural forest, the tracks were marked with the aid of compass, goal posts and tape measure, subdivided into sub-plots of 10x10m. In each plot was conducted to identify and measure the circumference and height of trees and shrubs, according to the following classes: Class I (10x20m) individuals in circumference at 1.3m above the ground (CAP) equal to or greater 30cm, and Class II (10x10m) individuals CAP greater than 15cm and less than 30cm. The three species most representative of the community in Class I were investigated considering its structure. *Nectandra megapotamica* characterized by presenting the highest values for the variables density, dominance and importance value. In Class II, *Cupania vernalis* had the highest values for the parameters analyzed, except for frequency. With respect to the vertical structure of the population, predominate in individual of *Allophylus edulis* sociological position (PS 3), *Cupania vernalis* in sociological position (PS 2), and *Nectandra megapotamica* sociological position (PS 1), which may indicate an association between these species, since they occupy different strata

Key-words: forest inventory; horizontal structure; vertical structure; native species.

⁶Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Bolsista ANEEL, e-mail: dannirorato@hotmail.com.

⁷ Engenheira Florestal, Dr. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), e-mail: araujo.maristela@gmail.com

³Engenharia Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Bolsista CAPES, e-mail: adriflorestal@gmail.com.

⁴Engenharia Florestal, M. Sc. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), e-mail: smarcuzzo@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas naturais, em especial, as florestas, sofrem constante pressão antrópica em virtude do uso da terra para agricultura, ocupação urbana e construção de obras de utilidade pública. Nesse contexto, a ecologia da conservação encontra-se especialmente aplicada em unidades de conservação da natureza, que contribuem para a manutenção dos ecossistemas naturais.

Segundo dados do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, a Floresta Estacional Decidual, em seus estágios iniciais, médios e avançados de sucessão, ocupa uma área de 1.176.245 hectares, o que representa 4,16% da cobertura florestal do estado, e 23,84% da área total coberta com florestas naturais (RIO GRANDE DO SUL, 2002).

Segundo Queiroz et al. (2006), o estudo dos parâmetros fitossociológicos contribui para a obtenção de importantes informações, acerca de processos ecológicos de uma determinada fitocenose, no que se refere às características básicas e fundamentais, e todas as transformações que ocorrem em ambientes ecológicos.

Esses estudos podem ser realizados por meio de análise da estrutura horizontal e vertical da floresta. A estrutura horizontal é obtida mediante parâmetros fitossociológicos como densidade, frequência e dominância das espécies (CAIN e CASTRO, 1959 apud LONGHI et al., 2000), bem como o índice de valor de importância (VACCARO, 1997). Tais valores fornecem informações sobre a distribuição espacial das populações e sua participação no ecossistema.

A análise da estrutura vertical considera a posição sociológica que os indivíduos ocupam na estrutura da floresta, bem como a presença de regeneração natural, fornecendo subsídios importantes para analisar a ordem ecológica existente no ambiente (FINOL, 1971).

Com isso, o conhecimento do comportamento fitossociológico das populações naturais, que inclui informações sobre estrutura e dinâmica, tendo como base a ocorrência e o comportamento de espécies vegetais em condições naturais, permite que sejam feitas inferências sobre o manejo e estratégias de conservação das espécies, bem como subsidiam informações à recuperação de áreas alteradas.

Desse modo, o objetivo do trabalho foi identificar as características populacionais de três espécies representativas da Floresta Estacional Decidual, no Parque Estadual da Quarta Colônia, mediante análise da estrutura horizontal e vertical.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Floresta Estacional Decidual

A Floresta Estacional Decidual ocorre na região noroeste e central do Estado do Rio Grande do Sul (LEITE e KLEIN, 1990). Na Depressão Central, as florestas estão inseridas nas encostas da fralda da Serra Geral e nos terrenos mais baixos e suavemente ondulados ao longo das margens dos rios (REITZ et al., 1983). Segundo Rio Grande do Sul (2002), esse tipo de formação representa 4,16% da cobertura florestal do estado, e 23,84% da área total coberta com florestas naturais.

A Floresta Estacional Decidual é considerada de relevante importância, em termos botânicos, por apresentar fisionomia e florística próprias (IVANAUSKAS e RODRIGUES, 2000), contribuindo para a biodiversidade remanescente.

A formação apresenta três estratos arbóreos distintos, além de um estrato arbustivo e um herbáceo. O estrato das árvores altas de, aproximadamente, 35 metros de altura, dá à floresta a característica de estacional, pois praticamente todas as árvores são decíduais; o estrato médio, aproximadamente com 20 a 25 metros de altura, é denso e contínuo, constituído principalmente por espécies perenifólias; e o estrato das arvoretas, de 5 a 12 metros de altura, é constituído por uma quantidade alta de árvores medianas (KLEIN, 1983).

Nessa floresta, espécies como *Allophylus edulis*, *Cupania vernalis* e *Nectandra megapotamica*, são comumente observadas e apresentam potencial para diferentes fins, considerando a obtenção de produtos madeireiros e/ou não madeireiros, recuperação de áreas degradadas, entre outros.

Espécies analisadas

Allophylus edulis (A. St.-Hill., Cambess. & A. Juss.) Radlk.

Allophylus edulis pertence à família Sapindaceae, sendo conhecido popularmente como chachal, fruta-de-pomba, vacum, baga de morcego, entre outros (REITZ et al., 1983; CARVALHO, 2006). Essa espécie pode ser encontrada naturalmente desde o Maranhão até o Rio Grande do Sul, destacando-se no estrato médio e inferior da mata alta e baixa (LONGHI, 1995), em capoeiras, capoeirões e matas mais abertas situadas em solos rochosos (LORENZI, 2002).

Os indivíduos de *Allophylus edulis* possuem porte arbóreo, e, quando adultos podem atingir até 20 m de altura e 30 cm de DAP (diâmetro à altura do peito) (CARVALHO, 2006). O florescimento ocorre durante os meses de setembro a novembro e a frutificação de outubro a novembro (BACKES e

NARDINO, 1998).

Além disso, quanto ao grupo ecológico, a espécie é classificada como pioneira pertencente ao grupo das precursoras-tardias e secundárias iniciais (LORENZI, 2002). Considerando as características silviculturais o chal-chal é classificado como esciófila, tolerando baixas temperaturas (CARVALHO, 2006).

Allophylus edulis apresenta madeira indicada para uso em marcenaria, lenha e carvão, porém é pouco empregada devido ao baixo valor comercial (LONGHI, 1995). Além disso, devido a seu potencial, o chal-chal pode ser indicado para arborização urbana, recomposição florestal e restauração de ambientes ripários, servindo como fonte de alimentação para a avifauna (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2006).

Cupania vernalis Cambess

A *Cupania vernalis* pertence à família Sapindaceae, sendo conhecida popularmente no estado do Rio Grande do Sul como camboatá-vermelho, arco-de-peneira, camboatá, camboatá-vermelho e cuvata (CARVALHO, 2006). No Brasil, a espécie é encontrada nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo até o Rio Grande do Sul, em quase todas as formações florestais (LORENZI, 2002), sendo frequentemente encontrada nas florestas do sul (BACKES e IRGANG, 2002).

O camboatá-vermelho apresenta-se na forma de árvore à arvoreta perenifólia, cuja altura varia de 10 a 22 metros e tronco medindo 50 a 70 cm de diâmetro (LORENZI, 2002). O período de floração se dá nos meses de março a agosto e a frutificação, nos meses de setembro a dezembro (BACKES e IRGANG, 2002).

A espécie pertence ao grupo ecológico das secundárias iniciais a secundária tardia (DURIGAN e NOGUEIRA, 1990), ocorrendo tanto no interior da floresta primária como em todos os estágios das formações secundárias. Esses indivíduos são mais comumente encontrados nas capoeiras do que nas florestas (CARVALHO, 2006). Segundo esse autor, com relação às características silviculturais, a espécie é classificada como esciófila, com muita tolerância à sombra.

Conforme Backes e Irgang (2002), essa espécie possui grande importância ecológica, pois devido a excelente produção de frutos e por possuir flores melíferas, atraem a fauna silvestre, em especial os pássaros.

O camboatá-vermelho é indicado para uso em obras internas, marcenaria e carpintaria, bem como para a produção de lenha e carvão (CARVALHO, 2006). Devido as suas características pode ser empregada no paisagismo e arborização urbana (LORENZI, 2002), podendo também ser indicada para enriquecimento de florestas degradadas ou plantio em vegetação secundária com a finalidade de preservação permanente (BACKES e IRGANG, 2002).

Nectandra megapotamica (Spreng) Mez

Nectandra megapotamica pertence à família Lauraceae, sendo conhecida como canela-preta, canela-fedorenta, canela-de-cheiro e canela-louro (LORENZI, 2002). Essa espécie é a mais comum entre as canelas (BACKES e IRGANG, 2002). A espécie possui ampla distribuição geográfica, podendo ser encontrada em quase todas as formações florestais, desde São Paulo até o Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002).

A espécie caracteriza-se por ser uma árvore de grande porte, com altura variando de 15 a 25 metros e diâmetro de 40 a 60 cm (LORENZI, 2002), com floração nos meses de junho a outubro e frutificação de abril a janeiro, dependendo da região (BACKES e IRGANG, 2002).

Além disso, quanto ao grupo ecológico, a espécie é classificada como secundária inicial a secundária tardia. Considerando as características silviculturais a espécie é classificada como esciófila, regenerando abundantemente à sombra e tolerando baixas temperaturas (CARVALHO, 2006).

Devido a sua grande vitalidade, pode ser encontrada no interior da floresta densa junto com árvores medianamente desenvolvidas (REITZ et al. 1983). Backes e Irgang (2002) afirmam que esta espécie pode ocorrer de uma floresta clímax até uma vegetação secundária.

A madeira de canela-preta é adequada para uso na construção civil, marcenaria, esquadrias e tabuados em geral (LORENZI, 2002). Porém, seu uso é limitado devido à presença de cheiro desagradável (BACKES e IRGANG, 2002). Segundo esses autores a espécie é indicada para recuperação de áreas degradadas e de preservação permanente, considerando ser atrativo para avifauna, que atua como dispersora. Além disso, Lorenzi (2002) destaca a ampla utilização na arborização urbana por ser muito ornamental, principalmente pela forma arredondada da copa.

Parâmetros Fitossociológicos

Estrutura Horizontal

A análise da estrutura horizontal da floresta é obtida mediante parâmetros fitossociológicos como densidade, frequência e dominância das espécies, bem como o índice de valor de importância

(VACCARO, 1997).

Felfili e Venturoli (2000) e Felfili e Rezende (2003) descreveram a densidade absoluta (DA) como o número de indivíduos de uma determinada área, geralmente em hectares, e a densidade relativa (DR) como a relação entre o número de indivíduos de uma espécie e o número de indivíduos de todas as espécies, expresso em percentagem.

A frequência absoluta (FA) é a relação entre o número de parcelas em que determinada espécie ocorre e o número total de parcelas amostradas, ou seja, a ocorrência de cada espécie no total de unidades amostradas, e frequência relativa (FR) como a relação entre a frequência absoluta de determinada espécie com a soma das frequências absolutas de todas as espécies (FELFILI e REZENDE, 2003).

A dominância absoluta (DoA) expressa a proporção de tamanho, volume, ou cobertura de cada espécie, em relação ao espaço ou volume da fitocenose, além disso, esse dado mostra o grau de influência que cada espécie exerce sobre o ecossistema (MARTINS, 1991). Com relação à dominância relativa (DoR), a mesma expressa o espaço horizontal que uma espécie está ocupando, em relação às outras (LONGHI et al., 2000).

O Índice de Valor de Importância (IVI) hierarquiza as espécies na comunidade analisada, sendo obtido através do somatório dos parâmetros relativos à densidade relativa (DR), frequência relativa (FR) e dominância relativa (DoR) de uma determinada espécie. Assim, este parâmetro reflete a importância ecológica da espécie no local, podendo obter, como valor máximo, 300% (FELFILI e VENTUROLI, 2000). Araujo (1998) salienta que a inferência sobre a hierarquia das espécies por meio do valor de importância pode ser realizada de forma mais precisa, quando associado a cada um dos parâmetros, pois algumas espécies têm importância ressaltada em razão, apenas, de um parâmetro.

Contudo, Martins (1991) ressalta que, apesar das críticas, os valores de importância tem se mostrado satisfatórios, tanto para separar diferentes tipos de florestas, como para relacioná-los a fatores ambientais, ou para relacionar a distribuição de espécies a fatores abióticos.

Estrutura Vertical

Finol (1971) sugeriu a inclusão da estrutura vertical na análise estrutural das florestas, considerando como parâmetros a posição sociológica. Segundo esse autor, somente os parâmetros da estrutura horizontal, em muitos casos, não permitem uma caracterização real da importância ecológica das espécies.

Além disso, o estudo da estratificação vertical em florestas naturais gera informações relativas à dominância, em termo de competição por luz, que algumas espécies exercem sobre outras (KOHYAMA, 1989).

Moscovich (2006) definiu que a formação de estratos está relacionada com a diferenciação no crescimento causada pela existência de nichos ecológicos condicionados às seções horizontais de disponibilidade de luz ao longo do perfil vertical da floresta. De acordo com Sanquetta (1995), existem diversas razões para formação de estratos bem definidos em uma floresta natural, como à existência de aspectos arquitetônicos das árvores de diferentes espécies e em vários estágios de desenvolvimento.

Conforme esse mesmo autor, a disposição e a altura dos indivíduos na floresta determinam a penetração da luz, sendo os principais fatores responsáveis pela formação de grupos de plantas com hábitos similares que ocupam os mesmos nichos ecológicos e desempenham funções semelhantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

De acordo com o Decreto 44.196, de 19 de dezembro de 2005, fica estabelecido o Parque Estadual Quarta Colônia, correspondendo a 23ª Unidade de Conservação do Estado, o qual está situado nos municípios de Agudo e Ibarama, com uma área aproximada de 1.847,90 hectares (RIO GRANDE DO SUL, 2005). A criação da presente Unidade de Conservação constitui-se em uma medida compensatória, do licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca, ajustada entre o Estado do Rio Grande do Sul e o Consórcio Dona Francisca.

Segundo Köppen, o clima da região é subtropical, do tipo fundamental Cfa, com verões quentes, cuja temperatura média do mês mais quente é superior aos 22 °C, e temperatura do mês mais frio, superior a 3 °C, com chuvas durante todos os meses do ano (MORENO, 1961). O relevo é caracterizado por áreas de várzea, áreas onduladas e de alta declividade.

No passado, houve extração seletiva de madeira e, acesso esporádico da população que habitou área adjacente no local, durante a construção da barragem. Com o funcionamento da usina, há aproximadamente 10 anos, a área foi destinada somente para pesquisas.

Análise da vegetação

O estudo da vegetação no remanescente da Floresta Estacional Decidual foi realizado por meio de inventário florestal. A vegetação foi avaliada em 13 parcelas de 10 x 20 m, distribuídas sistematicamente na floresta natural em quatro faixas distantes 100 m. Dentro de cada faixa, foi deixada uma zona de

amortecimento de 20 m entre as parcelas.

Na floresta natural, as parcelas foram demarcadas com auxílio de bússola, baliza e trena, sendo subdivididas em sub-parcelas de 10 x 10 m. Em cada parcela foi realizada a identificação e a medição da circunferência e altura das árvores e arbustos, conforme as seguintes classes de tamanho: Classe I (10 x 20 m) indivíduos com circunferência a 1,3 m do solo (CAP) igual ou maior que 30 cm, Classe II (10 x 10 m) indivíduos com CAP maior ou igual que 15 cm e menor que 30 cm.

Os dados obtidos foram utilizados para análise da estrutura horizontal, considerando densidade absoluta (DA), frequência absoluta (FA), dominância absoluta (DoA), densidade relativa (DR), frequência relativa (FR), dominância relativa (DoR), além do índice de valor de importância, o que de acordo com Longhi (1997) permite a hierarquização das espécies na área. Assim, tomando como base o resultado obtido na análise da estrutura horizontal da Classe I, vegetação considerada já estabelecida na área, foram selecionadas as três espécies melhor hierarquizadas para estudos de suas populações.

Além disso, a estrutura vertical dessas populações foi avaliada por meio da posição sociológica (PS), definido em: PS1- indivíduos do estrato superior; PS2- os indivíduos do estrato médio; PS3- indivíduos do estrato inferior. Com base na análise conjunta da posição sociológica nas classes I e II, os dados foram representados graficamente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na área de estudo foram observadas 52 espécies arbóreas e arbustivas, pertencentes a 44 gêneros e 26 famílias botânicas, além dos indivíduos mortos, constituindo os diferentes estratos da floresta. Resultados semelhantes foram encontrados por Longhi et al. (2000), analisando a composição florística de um fragmento de Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Maria, RS, onde foram encontradas 64 espécies arbóreas e arbustivas, pertencentes a 52 gêneros, distribuídos em 31 famílias botânicas.

Em um fragmento de Floresta Estacional Decidual, no município de Jaguari, RS, Hack et al. (2005), observaram na análise florística a presença de 28 famílias botânicas, 45 gêneros e 54 espécies arbusto-arbóreo. Farias et al. (1994) estudando a estrutura fitossociológica de uma Floresta Estacional Decidual na região de Santa Maria encontrou 51 espécies vegetais distribuídas em 45 gêneros e 26 famílias.

Nectandra megapotamica, *Cupania vernalis* e *Allophylus edulis* foram às espécies mais representativas da formação florestal estudada na Classe I, as quais hierarquicamente representam a floresta em aproximadamente 29, 23 e 18%, respectivamente (Tabela 1), considerando o índice de valor de importância (IVI).

Observa-se na Classe I, que *Nectandra megapotamica* obteve tal hierarquização, principalmente devido à maior densidade (DA=100 indivíduos. ha⁻¹) e dominância (DoA=3,57 m².ha⁻¹) e baixa frequência em relação às outras espécies, sugerindo que essa espécie possui maior tendência a ocorrer agrupada, diferindo de *Cupania vernalis* e *Allophylus edulis* (Tabela 1). Esse fato é observado quando as espécies apresentam maior adaptação a um determinado ambiente dentro da área em estudo.

Por outro lado, a população de *Cupania vernalis* ficou bem representada pela elevada densidade de indivíduos (DA=92,31 indivíduos. ha⁻¹), bem distribuídos na área (FA=61,54%), embora apresentem indivíduos de menor diâmetro (DoA=1,34 m². ha⁻¹) (Tabela 1).

TABELA 1: Parâmetros fitossociológicos das espécies mais representativas da Classe I, no Parque Estadual da Quarta Colônia, Agudo, RS.

TABLE1: Parameters of phytosociological most representative species of Class I, Parque Estadual da Quarta Colônia, Agudo, RS.

Espécie	N	DA (m ²)	FA (%)	DoA (m ²)	DR (m ²)	FR (%)	DoR (m ²)	VI
<i>Nectandra megapotamica</i>	26	100,00	30,77	3,57	11,35	3,45	14,30	29,10
<i>Cupania vernalis</i>	24	92,31	61,54	1,34	10,48	6,90	5,35	22,73
<i>Allophylus edulis</i>	16	61,54	46,15	1,45	6,99	5,17	5,79	17,95
Outras	185	626,92	753,85	18,63	71,18	84,48	74,56	230,22
Total	251	880,77	892,31	24,99	100,00	100,00	100,00	300,00

Em que: N = número de indivíduos; DA = densidade absoluta (m²); FA = frequência absoluta (%); DoA = dominância absoluta (m²); DR = densidade relativa (m²); FR = frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (m²); VI = valor de importância.

Já *Allophylus edulis* demonstrou maior equilíbrio entre os parâmetros na hierarquização, considerando densidade relativa, frequência relativa e dominância relativa. Nascimento et al. (2000) também observaram que essas espécies estavam entre as melhor hierarquizadas em vegetação de Floresta Estacional Decidual.

Farias et al. (1994) no estudo da estrutura fitossociológica de uma Floresta Estacional Decidual

em Santa Maria, verificaram que, entre as espécies estudadas, *Cupania vernalis*, *Trichilia claussoni*, *Nectandra megapotamica*, *Myrcianthes pungens* e *Matayba elaeagnoides*, estão entre as espécies mais abundantes e frequentes.

Na Classe II (Tabela 2), observa-se que *Cupania vernalis* se manteve bem representada na floresta, o que indica o potencial de conservação da espécie na área também nessa classe de tamanho. Também, *Allophylus edulis* intensificou sua hierarquização na floresta, pois se trata de uma espécie típica do estrato inferior, com menor ocorrência no estrato médio e raras vezes no superior.

No entanto, *Nectandra megapotamica* reduziu sua representatividade expressivamente, considerando ser uma espécie típica do dossel (Tabela 2), apresentando grande vitalidade na estrutura de florestas densas (REITZ et al., 1983) e pouca representatividade no sub-bosque (LORENZI, 2002). Assim, apesar da sua menor representatividade na classe de menor tamanho, a espécie pode ter sua perpetuação na floresta garantida em virtude da maior longevidade alcançada pelos indivíduos.

TABELA 2: Parâmetros fitossociológicos das espécies mais representativas da Classe II, no Parque Estadual da Quarta Colônia, Agudo, RS.

TABLE2: Parameters of phytosociological most representative species of Class II, Parque Estadual da Quarta Colônia, Agudo, RS.

Espécie	N	DA (m ²)	FA (%)	DoA (m ²)	DR (m ²)	FR (%)	DoR (m ²)	VI
<i>Cupania vernalis</i>	18	138,46	46,15	0,50	8,33	5,94	8,63	22,90
<i>Allophylus edulis</i>	13	100,00	53,85	0,44	6,02	6,93	7,65	20,60
<i>Nectandra megapotamica</i>	4	30,77	7,69	0,15	1,85	0,99	2,57	5,41
Outras	156	1123,08	669,23	3,60	67,59	86,14	62,29	251,08
Total	191	1392,31	776,92	4,69	83,80	100,00	81,15	300,00

Em que: N = número de indivíduos; DA = densidade absoluta (m²); FA = frequência absoluta (%); DoA = dominância absoluta (m²); DR = densidade relativa (m²); FR = frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (m²); VI = valor de importância.

Considerando a análise conjunta, de ambas as classes de tamanho, da estrutura vertical da população, verificou-se que os indivíduos de *Allophylus edulis* predominaram na posição sociológica (PS 3), estrato inferior, com 48%, *Cupania vernalis*, no estrato médio (PS 2), com 52%, e, *Nectandra megapotamica* no estrato superior (PS 1), com 65% (Figura 1), configurando a associação dessas espécies que ocupam diferentes nichos no interior da floresta.

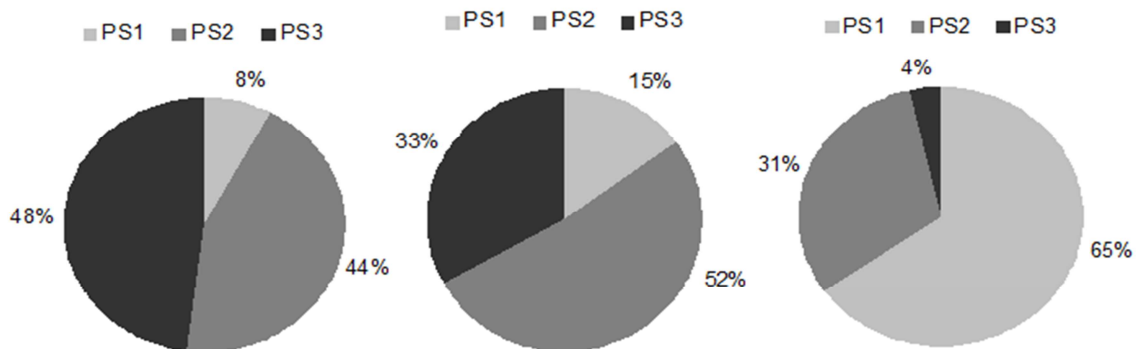


FIGURA 1: Percentual de indivíduos de *Allophylus edulis*, *Cupania vernalis* e *Nectandra megapotamica* em três estratos da floresta, sendo PS1 (estrato superior), PS2 (estrato médio) e PS3 (estrato inferior).

FIGURE1: Percentage of individuals *Allophylus edulis*, *Cupania vernalis* and *Nectandra megapotamica* in three forest strata, and PS1 (upper stratum), PS2 (stratum medium) and PS3 (lower stratum).

Analisando a distribuição das espécies em função da posição sociológica, *Nectandra megapotamica* é encontrada com frequência no estrato superior, evidenciando o fato de ser uma espécie característica do dossel, oferecendo proteção aos demais estratos. Isso também indica certo grau de evolução da espécie, a qual já se encontra adaptada às condições ambientais características da região, enquanto *Cupania vernalis* e *Allophylus edulis* predominaram nos estratos médio e inferior. Assim, o destaque dessas três espécies na floresta pode estar associado a sua forte associação, por utilizarem sinúscias diferentes dentro da floresta, reduzindo a competição.

CONCLUSÕES

Allophylus edulis, *Cupania vernalis* e *Nectandra megapotamica* são espécies predominantes na vegetação da floresta estudada, ocupando diferentes estratos, o que possivelmente favorece a situação hierárquica das espécies, considerando que utilizam sinúcias diferentes;

A conservação dessas espécies é estratégica para a manutenção da floresta;

Allophylus edulis, *Cupania vernalis* e *Nectandra megapotamica*, são espécies potenciais para recuperação de áreas considerando que a competição entre essas populações é reduzida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, M. M. **Vegetação e banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do baixo rio Guamá, Benevides, Pará, Brasil.** 1998. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1998.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul:** guia de identificação e interesse ecológico. Santa Cruz do Sul, RS: Clube da Árvore, 2002.
- BACKES, A.; NARDINO, M. **Árvores, arbustos e algumas lianas nativas do Rio Grande do Sul.** São Leopoldo: Editora Unisinos, 1998, 202 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras.** Embrapa Informação Tecnológica, Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 2, 2006, 627p.
- DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B., **Recomposição de matas ciliares.** São Paulo: Instituto Florestal, 1990, 14p.
- FARIAS, J. A. C. et al.. Estrutura fitossociológica de uma floresta estacional decidual na região de Santa Maria, RS. **Ciência Florestal.** v.4, 1994, p.109-128.
- FELFILI, J. M.; VENTUROLI, F. Tópicos em análise de vegetação. **Comunicações técnicas florestais,** v.2, n.2. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia florestal, 2000, 34p.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. Conceitos e métodos em fitossociologia. **Comunicações Técnicas Florestais,** v. 5, n. 1, UNB, Brasília, DF, 2003, 68 p.
- FINOL, U. H. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las sevas virgens tropicales. **Ver. For. Venez.** 14 (21): 29-42, 1971.
- HACK, C. et al.. Análise fitossociológica de um fragmento de floresta estacional decidual no município de Jaguari, RS. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.35, n.5, 2005, p.1083-1091.
- IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica.** v. 23, n. 3, 2000, p. 291-304.
- KLEIN, R.M. Aspectos fitofisionômicos da floresta estacional na fralda da Serra Geral (RS). In: XXXIV Congresso Nacional de Botânica, 1983, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre, 1983, p.73-110.
- KOYAMA, T. Simulation of the structural development of warm-temperature rain forest stands. **Annals of Botany,** n. 63, p. 625-634, 1989.
- LEITE, P. F; KLEIN, R. M. Vegetação. In: MESQUITA, O.V. (Coord.). **Geografia do Brasil:** Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, v.2, 1990, p.113-150.
- LONGHI, R. A. **Livro das árvores:** árvores e arvoretas do Sul. Porto Alegre: Editora L&PM, 1995, 176 p.
- LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo – RS.** 1997. 198 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- LONGHI, S. J. et al.. Aspectos fitossociológicos de fragmento de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal,** v. 10, n. 2, 2000, p. 59-74.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras.** 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 354p.
- MARTINS, F. R. **Estrutura de uma Floresta Mesófila.** Campinas: UNICAMP, 1991. 246 p.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.
- MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS.** 2006. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa

Maria.

NASCIMENTO, A. R. T., et al.. Análise da diversidade florística e dos sistemas de dispersão de sementes em um fragmento de florestas da região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Napaea**, n.12, 2000, p. 49-67.

QUEIROZ, J. A., et al.. Análise da Estrutura Fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n., 2006, 251-259.

REITZ, R., KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Sellowia 34/35, 1983, p. 1-525.

RIO GRANDE DO SUL. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FATEC/SEMA, 2002. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/ifcrs>>. Acesso em: 05/09/2011.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual Nº 44.186, de 19 de dezembro de 2005**. Cria o Parque Estadual da Quarta Colônia e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/legislacao/id4710.htn?impressao=1&>. Acesso em jun. 2011.

SANQUETTA, C. R. Análise da estrutura vertical de florestas através do diagrama *h*-*M*. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 5, p. 55-68, 1995.

VACCARO, S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza - RS**. Santa Maria: UFSM, 1997. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 1997.

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO INICIAL NO VOLUME DE ÁRVORES INDIVIDUAIS DE POVOAMENTOS NÃO DESBASTADOS DE *Pinustaeda* L.

INFLUENCE OF INITIAL SPACING ON THE VOLUME OF INDIVIDUAL TREES IN UNTHINNED STANDS OF *Pinustaeda* L.

Paulo Sérgio Pigatto Schneider¹; Paulo Renato Schneider²; César Augusto Guimarães Finger³; Anelisa Pedroso Finger⁴

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar a influência do espaçamento sobre o volume de árvores individuais de *Pinustaeda* em povoamentos não desbastados. Para isto, foram utilizados dados oriundos de árvores plantados em vários espaçamentos, conduzidos sem desbaste até os 18 anos. Os resultados obtidos nesse estudo permitiram concluir que a estimativa do volume individual das árvores em função do diâmetro e altura é afetada pelo espaçamento inicial de plantio, deve ser levado em consideração ou determinar equações de volume individualizadas para povoamentos implantados em espaçamento específico.

Palavras-chave: espaçamento; volume; não desbastado; *Pinustaeda*.

ABSTRACT

The present work was to study the influence of spacing on the volume of individual trees in unthinned stands of *Pinustaeda*. For this we used data from trees planted at various spacing, conducted without thinning by age 18. The results of this study concluded that the estimated volume of individual trees by diameter and height is affected by the initial spacing planting, should be taken into account to determine volume equations for individual settlements implanted in specific spacing.

Keywords: spacing; volume; unthinning; *Pinustaeda*.

INTRODUÇÃO

O crescimento volumétrico é resultante da combinação do crescimento longitudinal e diametral. O crescimento longitudinal é mais importante durante a fase juventude e o crescimento diametral na fase de madurez.

O crescimento volumétrico da árvore individual está sujeito ao controle silvicultural, já que depende, na maior parte, do crescimento diametral, muito sensível à densidade do povoamento. Como consequência, o crescimento volumétrico pode ser controlado, em grande parte, mediante a manipulação pelo espaçamento inicial e pelos desbastes. O crescimento volumétrico depende também da forma da árvore que é afetada significativamente pela densidade populacional (SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008).

Segundo Hiley (1959) experiência obtida na Europa e África do Sul tem demonstrado que dentro de um grau razoável de desbaste o crescimento longitudinal não é afetado pela densidade do povoamento. Em geral o excesso de densidade parece ter pouco efeito sobre o crescimento longitudinal, a menos que o excesso de densidade seja tão grande que produza a estagnação do crescimento ou o povoamento chegue a ser tão ralo que as árvores estejam expostas a tensões excessivas no fuste por ocasião do vento, o que conduz o crescimento mais na parte inferior do fuste e raízes, para que as árvores alcancem maior estabilidade.

Por outro lado, o crescimento diametral de árvores individuais é afetado normalmente pela densidade populacional, sendo muito sensível às mudanças causadas pelos desbastes. Este crescimento diametral determina o grau de aproveitamento da madeira, por isto é extremamente importante ao silvicultor. Porém, somente as árvores restringidas pela competição respondem ao desbaste com aumento de crescimento diametral. Com maior densidade do povoamento, as árvores obrigam-se a distribuir melhor o crescimento ao longo do fuste, tornando a forma mais cilíndrica, do que com menor densidade com árvores mais cônicas. Em geral, observa-se que a competição melhora a qualidade das árvores,

¹ Engenheiro Florestal. M.Sc. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. E-mail: psp@mail.ufsm.br

² Dr. Prof. Titular de Manejo Florestal do Departamento de Ciências Florestais Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. E-mail: paulors@smail.ufsm.br

³ Dr. Prof. Adjunto de Biometria Florestal do Departamento de Ciências Florestais Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. E-mail: finger@smail.ufsm.br

⁴ Acadêmica de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.

assinalandose especialmente para as coníferas.

O efeito da densidade sobre a forma do fuste e por consequência sobre o volume das árvores deve-se à sensibilidade do crescimento diametral em diversas partes da altura do fuste à densidade do povoamento.

Ao decidir-se sobre o espaçamento inicial, o silvicultor está tomando uma das decisões mais difíceis, pois em muitas circunstâncias, essa decisão tem um grande efeito sobre o custo da matéria-prima produzida e sobre o contexto dos preços correntes, devido à restrita oportunidade de manipulação da dimensão dos produtos pelos desbastes praticados de maneira tradicional. Por isso, é necessário precaução na escolha do espaçamento inicial.

Os aspectos referentes a espaçamento em florestas de pinus, têm se constituído em assunto de muita controvérsia e de grande importância para o estabelecimento dos povoamentos, mesmo sendo um dos fatores mais facilmente manejáveis. Porém, este tem um grande reflexo econômico, por sua relação com os custos de plantio, dos tratos culturais, da exploração, qualidade dos produtos e sua utilização industrial.

Hiley (1959) descreveu o processo de desenvolvimento de um povoamento da seguinte maneira: "À medida que as árvores de um povoamento crescem cada indivíduo necessita mais espaço, para permitir que a copa expanda-se individualmente, para alimentar o fuste, que é cada vez mais longo e grosso. A taxa de crescimento diametral será determinada pelo espaço do crescimento de que dispõe cada árvore, que competem por espaço tanto para as raízes, quanto para a copa, necessitando que estejam espaçadas uniformemente sobre a superfície, cujo resultado é uma maior uniformidade da competição entre os indivíduos do povoamento".

Segundo Andrae (1978), a necessidade das plantas por luz, água, nutrientes, CO₂ e ocupar espaço, faz com que entrem em concorrência entre si, na busca destes elementos. Algumas espécies respondem de forma diferente em relação ao espaçamento de plantio, necessitando mais espaço vital para o desenvolvimento da área de copa e sistema radicular do que outras. A competição conduz a eliminação de indivíduos no povoamento e causa a diminuição do crescimento. A proporção varia inversamente segundo o grau de dominância alcançado pelos indivíduos (posição da copa) sendo que árvores dominantes sofrem menos que as suprimidas, que no final são eliminadas devido a competição como consequência da diminuição de seu crescimento e vigor.

O espaçamento influencia na taxa de crescimento, na qualidade da madeira produzida, na idade de corte, nas idades e intensidades de desbaste requeridas, nas práticas de manejo e, consequentemente, nos custos de produção. Essa variável é, provavelmente, uma das mais importantes para a qualidade e produtividade da matéria-prima a ser produzida. O espaçamento inicial afeta fortemente o crescimento diamétrico do tronco das árvores e, como está associado à densidade populacional, afeta, também, a intensidade de uso dos recursos hídricos e nutricionais do solo, bem como da luminosidade disponível na área. Se a densidade de plantio for demasiadamente elevada (espaçamento restrito entre árvores), tais recursos não serão suficientes para atender a demanda do povoamento, acarretando decréscimo no volume e na qualidade da madeira produzida na área. Se a densidade for demasiadamente baixa (espaçamento amplo entre árvores), as árvores não aproveitarão todos os recursos disponíveis e haverá menor produção por área. Espaçamentos amplos possibilitam maior produção volumétrica por árvore e menor custo de implantação, mas requerem tratos culturais mais frequentes e desbastes tardios, além de produzir árvores com maior conicidade de fuste. Espaçamentos restritos resultam em maior produção volumétrica por área, num menor volume por árvore, rápido fechamento do dossel, menor frequência de tratos culturais requeridos e exige desbastes precoces, produzindo árvores com fustes mais cilíndricos. Entre as formas dos espaçamentos, os quadrados ou os retangulares são os mais indicados e usados (EMBRAPA, 2005).

Segundo Will et al. (2001), muitos pesquisadores têm, repetidamente, examinado a questão de como a densidade de plantio afeta o crescimento e a produção do povoamento, visando determinar a melhor densidade de plantio para a obtenção de diferentes produtos. Sobre isto, com base nos resultados de diversos experimentos, Couto et al. (2002) apresentaram ampla discussão sobre espaçamentos de plantio de espécies de rápido crescimento. Observou-se que existe consenso em relação ao efeito do espaçamento sobre as variáveis da árvore e do povoamento. De maneira geral, os menores espaçamentos resultam em menor diâmetro quadrático, maior área basal por ha, maior volume total por ha e menor porcentagem de sobrevivência. Entretanto, ainda persistem questionamentos sobre o espaçamento inicial em reflorestamentos com diferentes espécies, principalmente em relação à definição da área ideal para o crescimento de uma árvore. Essa decisão é complexa, pois envolve vários fatores ecológicos, fisiológicos, silviculturais e econômicos.

Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido para verificar a influência do espaçamento inicial no volume de árvore individuais de *Pinustaeda*, em povoamentos conduzidos em intervenção de desbaste.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e origem dos dados

Os dados foram levantados em áreas pertencentes à Empresa Klabin S.A., na unidade localizada no município de Otacílio Costa, região fisiográfica denominada de Planalto Central Catarinense (SANTA CATARINA, 1986).

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo "Cfb", mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, não apresentando estação seca definida. A precipitação média anual é de 1.808 mm, distribuída em 124 dias, temperatura média anual de 17,8°C (MOTA *et al.*, 1971).

O solo da área do experimento é classificado como latossolo bruno, aluminico TB, horizonte A húmico, textura argilosa e relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 1999).

Os dados utilizados no presente estudo são provenientes de um experimento concebido com base no modelo Nelder modificado, instalado em 1988, com idade atual de 18 anos. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições e nove tratamentos, sendo estes definidos pelo espaçamento inicial de plantio. Destes tratamentos foram utilizados os de: 1,5x1,0 (1,5 m²), 2,5x1,0 (2,5 m²), 1,5x2,0 (3 m²), 2,0x2,0 (4 m²), 1,5x3,0 (4,5 m²), 2,5x2,0 (5 m²), 2,0x3,0 (6 m²), 2,5x3,0 (7,5 m²).

Na implantação do experimento, a área sofreu preparo de solo, com uma gradagem leve, realizada com trator agrícola. O plantio foi realizado manualmente, tendo sido realizados os tratamentos culturais comumente utilizados, como: roçadas, coroamentos e combate a formiga.

O experimento foi medido, periodicamente, até os 18 anos de idade. Em cada unidade amostral foram medidas as circunferências à altura do peito e a altura das árvores. Os dados de número de árvores por hectare e diâmetro médio correspondentes são oriundos de parcelas permanentes, de povoamentos implantados em vários espaçamentos, medidas periodicamente tendo originado aproximadamente 50 observações em cada espaçamento.

Estimativa do volume por diâmetro e altura

O volume total das árvores foi determinado em função da cubagem rigorosa do tronco de árvores, distribuídas em diferentes idades, sítios e classes de diâmetros. Também foram utilizados dados oriundos da análise de tronco, cujo volume foi determinado em função da cubagem rigorosa do tronco por idade, gerando 975 pares de dados das variáveis: volume, diâmetro e altura, distribuídos proporcionalmente por idade, tratamento e espaçamento utilizado. Para cada tratamento de espaçamento foram utilizados 128 pares de dados.

No cálculo do volume rigoroso utilizou-se o método de Smalian, aplicando-se a seguinte equação geral:

$$v = v_0 \cdot l_0 + \sum \frac{g_i + g_{i+1}}{2} \cdot l_i + g_n \cdot l_n \cdot \frac{1}{3}$$

Sendo: v = volume total do tronco; g_i = área basal da seção "i"; l_i = comprimento da seção "i".

Na Tabela 1 são apresentadas às equações de volume testadas para o ajuste do volume total em função do diâmetro e altura das árvores por espaçamento.

TABELA 1: Equações para o ajuste do volume total das árvores por espaçamento.

TABLE1: Equations for adjusting the total volume of trees per spacing.

Equação	Modelo	Autor
1	$v = b_0 + b_1 * d^2 h$	Spurr
2	$v = b_0 + b_1 * d + b_2 * h$	Schumacher-Hall
3	$\ln v = b_0 + b_1 \ln * d^2 h$	Spurr Logarítmica
4	$\ln v = b_0 + b_1 * \ln d + b_2 * \ln h$	Schumacher-Hall Log.
5	$\ln v = b_0 + b_1 * \ln d + b_2 * \ln^2 d + b_3 * \ln h + b_4 * \ln^2 h$	I.B.W. Alemanha

Sendo: v = volume em m³; d = diâmetro à altura do peito em cm; h = altura total em m; b_0, b_1, \dots = parâmetros; \ln = logaritmo neperiano. Fonte: Prodan (1968); Schneider e Schneider (2008); Loetsch *et al.* (1973).

Análise de covariância

Para avaliar diferenças de inclinação e nível entre as curvas em diferentes espaçamentos, foi utilizada a análise de covariância, que utiliza conjuntamente os conceitos de análise de variância e

regressão, relacionando duas ou mais variáveis medidas, chamadas de variáveis independentes, onde não se consegue exercer um controle exato sobre as mesmas (STEEL e TORRIE, 1960). Na prática, a análise de covariância pode ser entendida como um modelo contendo variáveis contínuas e indicadores de grupo (variáveis Class), sendo o modelo mais simples, expresso por (FREUND e LITTELL, 1985). Desta forma, regressões que diferem entre grupos de tratamentos refletem uma necessidade de interação entre os grupos de tratamentos e a variável independente ou covariável.

No modelo de covariância as variáveis contínuas e indicadores de grupo (variáveis class), foram definidas por variáveis dummy, no presente caso, foram representadas pelos espaçamentos. Conseqüentemente, a análise de covariância permite a comparação de curvas em relação ao seu paralelismo, podendo indicar a existência de diferentes padrões de crescimento. A hipótese da igualdade de inclinação e nível das curvas de crescimento é verificada pelo teste F, para uma determinada probabilidade de significância.

Critérios de seleção das equações

A seleção da equação de volume foi determinada pelo menor valor ponderado dos escores estatísticos, definidos pelos coeficientes de determinação ajustado, erro padrão de estimativas, coeficiente de variação e valor de F.

Processamento dos dados

As equações de volume e análise de covariância foram processadas no pacote SAS - Statistical Analysis System (1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimativa de volume individual

A reconstrução do crescimento por meio da análise de tronco permitiu conhecer, para cada idade, o diâmetro, a altura e o volume das 54 árvores amostra. Estes valores, limitados a diâmetros superiores a 8 cm, formaram um conjunto de 751 pares de dados utilizados no ajuste dos modelos de volume da Tabela 1, cujos coeficientes e estatísticas encontram-se sumarizados na Tabela 2.

TABELA 2: Parâmetros das equações testadas para volume individual

TABLE2: Parameters of the equation tested for individual volume

Número equação	Coeficientes					$R^2_{Aj.}$	S_{yx}	CV%	F
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4				
1	-0,0053	0,00003				0,9897	0,0181	8,94	71.851,8
2	-0,3327	0,0259	0,0067			0,9116	0,0530	26,13	3.875,3
3	-9,6865	0,9450				0,9936	0,0775	-3,88	111.697,0
4	-9,6967	1,9071	0,9307			0,9933	0,0774	-3,88	55.926,7
5	-7,9791	1,1561	0,1305	0,3444	0,1259	0,9333	0,0774	-3,88	34.681,1

Sendo: $R^2_{Aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b_0 , b_1 , b_2 . = coeficientes.

De acordo com as estatísticas de ajuste e precisão, dos cinco modelos testados, o coeficiente de determinação variou entre 0,91 e 0,99 e coeficiente de variação entre -3,88 e 26,13 %. Segundo os critérios de seleção os modelos 3, 4 e 5 tiveram valores equivalentes para as duas estatísticas, não permitindo a diferenciação de precisão entre eles.

Entretanto, o emprego do Valor Ponderado dos Escores dos Parâmetros Estatísticos como critério de seleção indicou a equação 4, (modelo logaritmo de volume de Schumacher-Hall) com 7 pontos, como a melhor para descrever o volume total com casca, seguida pela equação 3, com 8 pontos (equação de Spurr) conforme mostra a Tabela 3.

TABELA 3: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações de volume testadas

TABLE3: Value weighted scores of statistical parameters of the tested volume equations

Equação Número	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	$R^2_{Aj.}$	S_{yx}	CV%	F	
1	3	1	2	4	9
2	4	2	3	3	12
3	2	4	1	1	8
4	1	3	1	2	7
5	1	3	1	5	10

Sendo: $R^2_{Aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

A análise da dispersão dos valores residuais em relação a variável dependente volume confirmou a seleção da equação 4 indicando não haver tendência de super ou sub-estimativa de volume para árvores de qualquer dimensão. Observou-se, entretanto maior dispersão dos valores residuais nas menores classes diamétricas, mas também sem haver tendência na dispersão, conforme mostra a Figura 2.

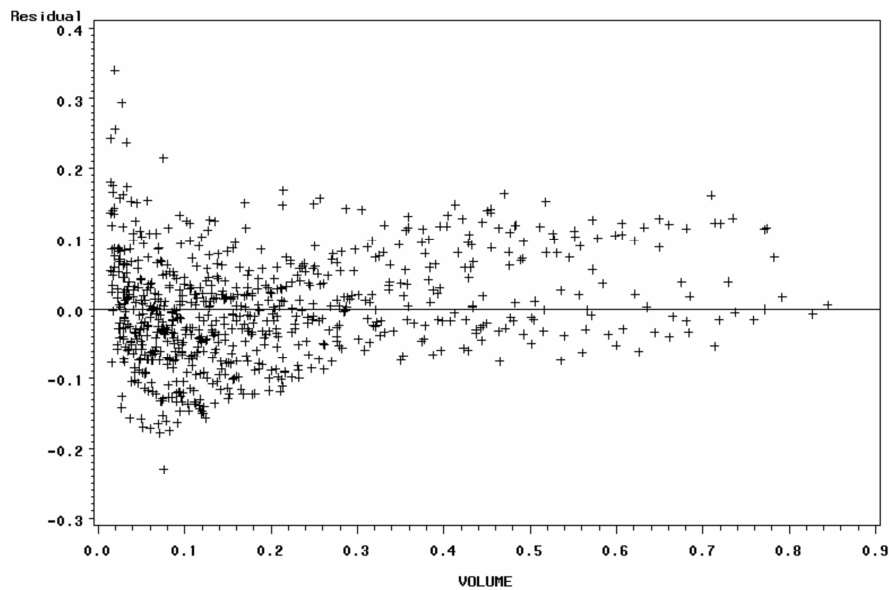


FIGURA 2: Dispersão dos resíduos da equação de volume logarítmica de Schumacher-Hall (4)
FIGURE2: Dispersion of the waste volume equation logarithmic Schumacher-Hall (4)

Análise de covariância do volume por espaçamento

A existência de diferença de volume de árvores de mesma dimensão nos diferentes espaçamentos (grande dispersão dos resíduos para uma mesma classe, como na Figura 2) foi testada pela análise de covariância, tendo como covariável as classes de tratamentos, com dimensões de: 1: 1,5x1,0 m; 2: 1,5x2,0 m; 3: 1,5x3,0 m; 4: 2,0x1,0 m; 5: 2,0x2,0 m; 6: 2,0x3,0 m; 7: 2,5x1,0 m; 8: 2,5x2,0 m; 9: 2,5x3,0 m, mostraram significância, conforme esta resumido na Tabela 4.

TABELA 4: Análise de covariância para o volume em função do diâmetro e altura por tratamento de espaçamento

TABLE4: Analysis of covariance for the volume as a function of diameter and height and spacing treatment

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	18	671,66	37,31	7.149,0	< 0,0001
Variável independente (ln d)	1	608,22	608,22	11.652,9	< 0,0001
Variável independente (ln h)	1	37,19	37,19	7.125,0	< 0,0001
Tratamento (espaçamento)	8	26,13	3,26	625,7	< 0,0001
Tratamento X ln d	8	0,1228	0,0153	2,94	0,0031
Resíduo	733	3,8259	0,0052		
Total	751	675,49			

Sendo: GL = grau de liberdade; SQ = soma de quadrado; QM = quadrado médio; F = valor de F; Prob. = probabilidade; h_{100} = altura dominante; t = idade em ano; ln = logaritmo neperiano.

Os resultados indicaram alta significância para o modelo utilizado, com valor de F de 7.149,0, para uma probabilidade <0,0001. O mesmo ocorreu entre os tratamentos de espaçamentos utilizados, com um valor de F de 625,7, para uma probabilidade <0,0001, indicando haver diferença de nível entre as curvas de volume em função das variáveis independentes (diâmetro e altura), sendo necessário que se determinem equações em separado para estimar o volume das árvores por espaçamento.

Da mesma forma, a interação dos tratamentos com a variável independente (logaritmo do diâmetro) apresentou um valor de F igual a 2,94, significativo para uma probabilidade igual 0,0031, indicando que as equações de volume apresentavam inclinações diferentes.

As duas análises apresentadas, a de nível e inclinação das curvas de regressão, mostraram que a variação do volume individual de árvores em função do diâmetro e altura desenvolveu-se de forma diferenciada nos espaçamentos testados, e devem ser descritos por curvas com níveis e inclinações distintas.

Determinação de equações de volume de árvore individual com variável dummy

Em decorrência da existência de diferença de nível e inclinação entre as curvas de volume foi determinada uma equação de volume individual básica acrescida de variáveis dummy, definidas para os tratamentos de espaçamentos, cujos resultados estatísticos encontram-se na Tabela 5.

TABELA 5: Análise de variância da equação de volume em função do diâmetro e altura com variável dummy, definida pelo tratamento de espaçamento

TABLE5: Analysis of variance of the volume equations as a function of diameter and height with the dummy variable, defined by the spacing treatment

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	3	671,116	37,31	7.149,06	< 0,0001
Variável independente (ln d)	1	623,39	623,39	107.693,00	< 0,0001
Variável independente (ln h)	1	47,60	47,60	9.120,20	< 0,0001
Dummy D1 (tratamento 1)	1	0,1356	0,1356	25,98	< 0,0001
Dummy D2 (tratamento 2)	1	0,0053	0,0053	1,02	0,3137
Dummy D3 (tratamento 3)	1	0,0093	0,0093	1,80	0,1801
Dummy D4 (tratamento 4)	1	0,0591	0,0591	11,34	0,0008
Dummy D5 (tratamento 5)	1	0,0874	0,0874	16,76	< 0,0001
Dummy D6 (tratamento 6)	1	0,0018	0,0018	0,35	0,5566
Dummy D7 (tratamento 7)	1	0,0079	0,0078	1,49	0,2221
Dummy D8 (tratamento 8)	1	0,2378	0,2379	45,58	< 0,0001
Dummy D9 (tratamento 9)	0	0,0000	-	-	-
ln I . D1	1	0,0118	0,0118	2,27	0,1326
ln I . D2	1	0,0019	0,0019	0,37	0,5442
ln I . D3	1	0,0147	0,0147	2,83	0,0932
ln I . D4	1	0,0742	0,0742	14,23	0,0002
ln I . D5	1	0,0024	0,0024	0,46	0,4987
ln I . D6	1	0,0006	0,0006	0,11	0,7359
ln I . D7	1	0,0089	0,0089	1,70	0,1927
ln I . D8	1	0,0082	0,0082	1,57	0,2108
ln I . D9	0	0,0000	-	-	-
Resíduo	733	3,8259	0,0052		
Total	751	675,49			

Sendo: GL = grau de liberdade; SQ = soma de quadrado; QM = quadrado médio; F = valor de F; Prob. = probabilidade; v = volume, em metros cúbicos; d = diâmetro à altura do peito, em centímetro; h = altura, em metros; ln = logaritmo neperiano.

Os valores apresentados para a equação básica indicaram que o diâmetro e altura foram altamente significativos, com probabilidade <0,0001, e que, as variáveis dummy D1 a D9, definidas para os tratamentos de espaçamentos 1 a 9, mostraram resultados diferentes quanto a significância.

As variáveis D1, D4, D5 e D8 apresentaram alta significância, com probabilidade <0,0001, indicando a necessidade de considerá-las na equação de volume. Essas tiveram a função de corrigir a diferença de nível das curvas de volume nos tratamentos de espaçamento. As demais dummy D2, D3, D6 e D7 não foram significantes, podendo-se desconsiderá-las do modelo genérico de volume. Nestes tratamentos não houve diferença de nível entre as curvas de volume, podendo ser descrito pelo modelo básico sem a contribuição das dummy.

A interação da variável independente (ln d) com as variáveis dummy testou a hipótese da semelhança de inclinação das curvas de volume mostrando diferença significativa na interação com D4, com uma probabilidade igual a 0,0002. Nas demais interações a probabilidade foi maior que 5% sendo, então desconsideradas do modelo básico de volume. Esse resultado mostra ainda que o tratamento T4 (2,0x1,0 m) deve ter o volume estimado por uma regressão independente, pois além do nível a inclinação também difere dos demais espaçamentos.

Assim o modelo genérico para estimar o volume individual em função do diâmetro e altura das árvores nos espaçamentos testados passa a ser expressa pela seguinte função:

$$v = \exp \left(\begin{array}{l} -9,766999 + 1,957026 \cdot \ln d + 0,908030 \cdot \ln h + 0,036451 \cdot D1 + 0,1921421 \cdot D4 - \\ 0,041221 \cdot D5 - 0,035720 \cdot D8 - 0,081997 \cdot (\ln d \cdot D4) \end{array} \right)$$

Sendo: v = volume, em metros cúbicos; d = diâmetro à altura do peito, em centímetros; h = altura, em metro; D1 = dummy do tratamento de espaçamento 1; D4 = dummy do tratamento de espaçamento 4; D5

= dummy do tratamento de espaçamento 5; D8 = dummy do tratamento de espaçamento 8.

Este modelo genérico de volume apresentou coeficiente de determinação igual a 0,9939, altamente preciso, um erro padrão da estimativa baixo de 0,0742 em logaritmo de metros cúbicos, que expressa um coeficiente de variação de -3,71 %.

Na Figura 3 pode ser observado as diferenças de volume detectadas nas estimativas obtidas pela equação de volume de Schumacher-Hall selecionada com a introdução de variáveis dummy, identificadas pelos tratamentos de espaçamentos, que produziram significância na análise de variância.

Para estimar o volume das árvores as variáveis dummy assumem o valor 1 quando se tratar do espaçamento por ela representado e zero nos demais casos. Assim, por exemplo, para a estimativa do volume de árvores do espaçamento 1 (1,5x1,0 m), a variável D1 passa a valer 1 e as demais variáveis dummy zero, resultando na correção do nível da curva de regressão para esse tratamento.

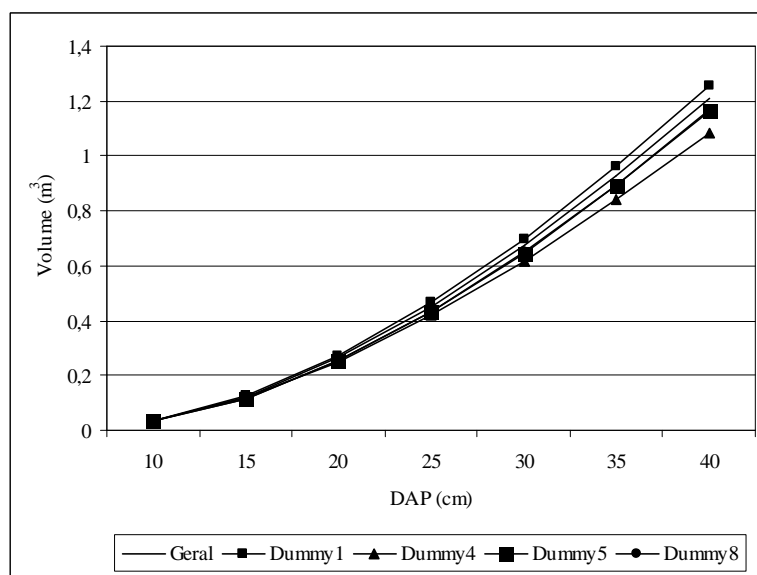


FIGURA 3: Diferenças de volume total com casca por influência do espaçamento de plantio, estimado com variável dummy

Figure3: Differences in total volumewith barkunder the influence ofplanting space, estimated using dummy variable

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse estudo da influência do espaçamento inicial sobre o volume de árvores individuais em povoamentos não desbastados de *Pinus taeda* permitiu concluir que a estimativa do volume individual das árvores em função do diâmetro e altura é afetada pelo espaçamento inicial de plantio, devendo ser levado em consideração ou determinar equações de volume individualizadas para povoamentos implantados em espaçamento específico.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a KLABIN S.A., pela concessão dos dados dendrométricos, e aos engenheiros Antônio Maurício Moreira e Djalma Milles Chaves, responsáveis pela instalação e condução do experimento de espaçamento que deu origem aos dados utilizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F. H. **Ecologiaflorestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 1978. 230p.
- COUTO, L. et al. **Espaçamento de plantio de espécie de rápido crescimento para dendroenergia**. Belo Horizonte: CEMIG, 2002. 66p.
- EMBRAPA. **Cultivo do Pinus**. Sistemas De Produção, 5. Versão Eletrônica. Nov. 2005.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999, 412p.
- EMBRAPA. **Zoneamento Pedoclimático para *Pinus taeda* no Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999. 21p. CD-ROM – (Embrapa Solos. Documento n.10).

- FREUND, R. J.; LITTELL, R. C. **SAS for linear models**: A guide to the ANOVA and GLM procedures. Cary, NC: SAS Institute. 1985. 230 p.
- HILEY, W. E. **Conifers**: South African methods of cultivation. London: Faber and Faber. 1959. 123p.
- LOETSCH, F.; ZOHER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Berlim: BLV. v.2. 1973. 469p.
- MOTTA, F. S.; BEIRSDORF, M. J. C.; GARCEZ, R. B. **Zoneamento agrícola do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**: normas agro-climáticas. Pelotas: Ministério da Agricultura. 1971. 80p.
- PRODAN, M. **Forest biometrics**. Ney York: Pergamon Press. 1968. 447 p.
- SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística. Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. 1986. 173p.
- SAS Institute Inc. **SAS/STAT user's guide**. Version 8 (computer manual). SAS Institute Inc., Cary, N.C. 1999.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo florestal**. FACOS, Santa Maria: UFSM, 2008. 566p.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics with special reference to the biological science**. New York: McGraw-Hill. 1960. 481p.
- WILL, R.R. et al. Relationship between intercepted radiation, net photosynthesis, respiration, and rate of stem volume growth of *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* stands of different densities. **Forest Ecology and Management**, v. 154, p. 155-163, 2001.

REGENERAÇÃO NATURAL EM PLANTIO ABANDONADO DE *Eucalyptus spp.* EM ÁREA DE CAATINGA, FLORESTA-PE

NATURAL REGENERATION IN ABANDONED PLANTING OF *Eucalyptus spp.* IN THE AREA OF CAATINGA, FLORESTA-PE

David Fagner de Souza e Lira¹; Ladivania Medeiros do Nascimento²; Francisco Tarcísio Alves Júnior²; Heitor Henrique Félix Duarte³; Carlos Frederico Lins e Silva Brandão⁴; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira⁵

RESUMO

Os estudos de regeneração natural devem ser usados como indicadores da capacidade de resiliência de ecossistemas florestais desta forma o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento fitossociológico da área contendo o plantio abandonado de *Eucalyptus spp.*, para fornecer informações que subsidiem pesquisas futuras. O estudo foi realizado na fazenda Itapemirim no município de Floresta-PE em que a amostragem dos indivíduos em regeneração natural com CAP superior a 6 cm com a montagem sistemática de 20 parcelas de 20 x 20 m, distribuídas a intervalos de 20 m, totalizando 8.000 m². Os parâmetros estruturais calculados foram densidade, frequência, dominâncias absoluta e relativa e, a partir dessas, o valor de importância. Foram amostrados 1.208 indivíduos, sendo reconhecidos 12 espécies dentro do nível de inclusão, distribuídos em 10 gêneros e 2 famílias (Euphorbiaceae e Fabaceae), dos quais 11 identificados ao nível de espécie e somente um não foi identificado. O valor do índice de diversidade de Shannon (H') foi de 1,16 nats/ind., o índice de Equabilidade de Pielou (J') foi de 0,47, a densidade dos indivíduos corresponde a um total de 1.510 ind.ha⁻¹ e a área basal total foi de 2,896 m².ha⁻¹. As duas espécies de maior valor de importância foram *Pityrocarpa moniliformis* e *Croton blanchetianus*. Com índices de diversidade e equabilidade baixos comparados a outras áreas, pode-se observar que mesmo após mais de duas décadas da supressão da vegetação original para o plantio homogêneo e abandono do *Eucalyptus spp.*, esta área não atingiu as expectativas em relação a quantificação de espécies. A retirada da vegetação original e o plantio homogêneo influencia na riqueza florística da área e aponta para uma similaridade pouco acentuada com outros levantamentos realizados em caatinga.

Palavras chave: Fitossociologia;similaridade;regeneração natural

ABSTRACT

Studies of natural regeneration should be used as indicators of resilience of forest ecosystems in this way the objective of this study was the phytosociological survey of the area containing the abandoned plantations of *Eucalyptus spp.* To provide information to subsidize future research. The study was conducted on the farm in the town of Forest Itapemirim-PE in which the sampling of individuals in natural regeneration with CAP than 6 cm with mounting system for 20 plots of 20x20 m, distributed at intervals of 20 m, totaling 8,000 m². The structural parameters were calculated density, frequency, absolute and relative dominances and, from these, the importance value. We sampled 1,208 individuals, with 12 recognized species within the level of inclusion, distributed in 10 genera and 2 families (Euphorbiaceae and Fabaceae), of which 11 identified to species level and only one was not identified. The value of Shannon diversity index (H') was 1.16 nats/ind., The index of evenness (J') was 0.47, the density of individuals corresponds to a total of 1,510 ind.ha⁻¹ and total basal area was 2.896 m².ha⁻¹. The two species of greatest importance value were *Pityrocarpa blanchetianus* and *Croton moniliformis*. With diversity and evenness indices low compared to other areas, it may be noted that even after more than two decades of suppression of native vegetation for planting homogeneous and abandonment of *Eucalyptus spp.* This area has not met expectations for the quantification of species. The

¹Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Bolsista Cooperação Técnica FACEPE. Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900. E-mail: davidlira17@hotmail.com

²Pós-Doutorando(a) em Ciências Florestais-PPGCF/UFRPE, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900.

³Graduando em engenharia Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900.

⁴Doutorando em Ciências Florestais-PPGCF/UFRPE, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900.

⁵Professor Associado do Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900.

removal of native vegetation and planting homogeneous influence on species richness of the area and points to a very marked similarity with other surveys conducted in the caatinga.

Keywords: Phytosociology; similarity; natural regeneration

INTRODUÇÃO

Os estudos de regeneração natural devem ser usados como indicadores da capacidade de resiliência de ecossistemas florestais e da qualidade dos reflorestamentos heterogêneos, com base em Barbosa (2006). O estabelecimento dessa vegetação pode partir de diásporos advindos de uma vegetação autóctone vizinha às áreas abandonadas, do banco de sementes presente no solo local ou da brotação de órgãos subterrâneos gemíferos (AUBERT e OLIVEIRA-FILHO, 1994).

Segundo Sampaio (1998) é importante conhecer a capacidade de regeneração da vegetação nativa, para o estabelecimento de um manejo sustentável em longo prazo.

A regeneração natural dos sub-bosques pode apresentar estreita dependência de formações florestais vizinhas, como fonte de diásporos. Outros fatores também podem exercer influência marcante, tais como a ecologia da dispersão de cada espécie regenerante, os efeitos de borda e de clareiras, práticas de manejo, vizinhança de pastagens, sentido predominante dos ventos e possíveis efeitos alelopáticos (AUBERT e OLIVEIRA FILHO 1994).

Apesar dos programas governamentais contemplarem plantios com espécies florestais nativas, a prática limita-se à monocultura de *Eucalyptus* em virtude do próprio interesse dos proprietários. Devido à resistência dos produtores rurais ao plantio de espécies nativas para fins conservacionistas, fica evidente a importância dos estudos de regeneração natural como forma de viabilizar a recuperação da cobertura florestal. Plantios introduzidos por programas de fomento em fase de exploração têm apresentado significativo desenvolvimento de espécies florestais nativas no sub-bosque, sugerindo um processo sucessional favorável à recuperação da biodiversidade (REZENDE *et al.*, 1994).

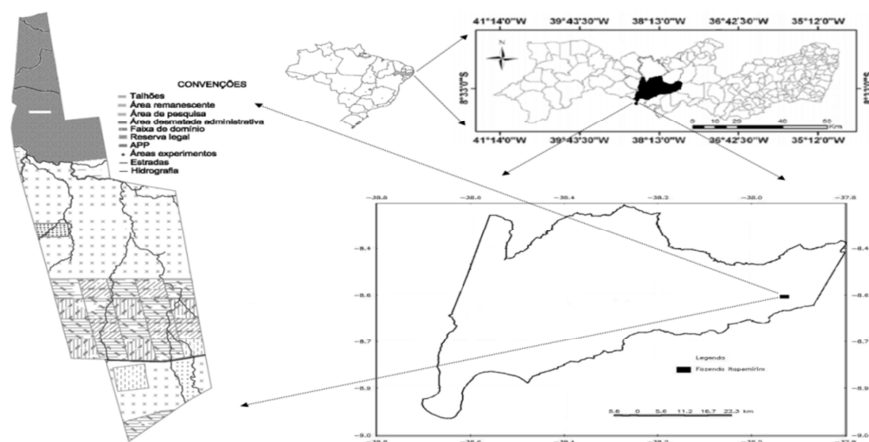
A regeneração natural em áreas abandonadas por agricultura de corte e queima ou plantios florestais de *Eucalyptus* spp. tem se tornado comum no estado de Pernambuco, principalmente em áreas anteriormente ocupadas por Mata Atlântica no litoral. Todavia, no semiárido pernambucano em áreas de vegetação de caatinga, os primeiros experimentos de *Eucalyptus* spp. Foram implantados no final da década de 1980. Devido ao déficit hídrico provocado por uma precipitação média anual de menos de 1000 mm, uma irregularidade na distribuição do regime de chuvas e mais de seis meses secos, os experimentos sofreram alta mortalidade de indivíduos, provocando um desinteresse dos proprietários. A vegetação regenerante nestas condições ainda não é conhecida.

Desta forma o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento fitossociológico da área contendo o plantio abandonado de *Eucalyptus* spp., para fornecer informações que subsidiem pesquisas futuras.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este trabalho foi realizado na Fazenda Itapemirim, de propriedade da Agrimex Agroindustrial Excelsior S.A., localizada no município de Floresta, Pernambuco (Figura 1). O município está localizado na mesorregião do São Francisco, microrregião de Itaparica (IBGE, 2010), com altitude variando de 300 a 1050m.



Fonte: Alves Júnior (2010)

FIGURA 1: Localização da fazenda Itapemirim no município de Floresta-PE.

FIGURE1: Location of the farmin the town offorestItapemirim-PE.

A sede da Fazenda Itapemirim está situada nas coordenadas geográficas 8° 33' 20,9" S de Latitude e 37°56' 27,4" W de Longitude, distando 360 km da cidade do Recife, situada nos limites da bacia sedimentar Tucano-Jatobá (EMBRAPA, 1993), com relevo predominantemente suave-ondulado e pouco dissecado, solos cascalhentos muitos suscetíveis a erosão (ARAÚJO FILHO et al., 2001) e uma vegetação lenhosa caducifólia espinhosa, regionalmente chamada Caatinga (Savana estépica *sensu* Veloso et al. 1991).

A ausência relativa de elevações reduz as influências orográficas, acentuando as condições da semi-aridez do ambiente (MELO, 1988). Pela classificação sistemática de Köppen (BRASIL, 1973), prevalece no município o tipo climático BSs'h', ou seja, muito quente, semiárido, tipo estepe, com estação chuvosa adiantada para o outono, entre janeiro e maio. As precipitações pluviométricas se distribuem com acentuada irregularidade, não só anualmente como também mensalmente, com total médio anual do período de 1912 a 1999 de 505 mm (ARAÚJO FILHO et al., 2001). As temperaturas médias se situam entre 24° e 26° C, o que proporciona um alto índice de evaporação e baixa umidade relativa do ar, com média anual inferior a 70%, não apresentando grandes variações mensais.

O município tem como atividades principais a pecuária, conduzida de forma extensiva; a agricultura de sequeiro, atividade de subsistência e, em algumas áreas, a presença da agricultura irrigada (ARAÚJO FILHO et al., 2001).

Há mais de 20 anos, parte da vegetação de Caatinga da Fazenda Itapemirim (40 ha) foi substituída por *Eucalyptus* spp, plantado no espaçamento de 3 m x 2 m, sendo, posteriormente, abandonado, favorecendo o estabelecimento da regeneração natural.

Amostragem

A amostragem dos indivíduos em regeneração natural foram sistematicamente montadas 20 parcelas de 20 x 20 m, distribuídas a intervalos de 20 m, totalizando 8.000 m², no mês de julho de 2011. Foram registrados os indivíduos vivos de espécies arbóreas com circunferência à altura do peito (CAP) igual ou superior a seis centímetros, exceto indivíduos mortos, sendo as alturas estimadas com auxílio de uma vara retrátil. Para avaliação da similaridade florística entre a área de regeneração e uma área sem histórico de atividades antrópicas, pelo método de Sorensen, foram usados os dados disponibilizados por Ferraz (2011).

Os parâmetros estruturais calculados foram densidade, frequência, dominâncias absoluta e relativa e, a partir dessas, o valor de importância (MUELLER-DOMBOIS e ELLENBERG, 1974). Foram calculados o índice de diversidade de Shannon (H') e a equabilidade (J') para a amostra (PIELOU, 1975), como indicadores de heterogeneidade. Todos os cálculos foram realizados utilizando o software mata Nativa 2.0 (CIENITEC, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados 1.208 indivíduos, sendo reconhecidos 12 espécies dentro do nível de inclusão, distribuídos em 10 gêneros e 2 famílias, dos quais 11 identificados ao nível de espécie e somente um não foi identificado (Tabela 1).

TABELA 1: Famílias, espécies e nomes vulgares da regeneração natural da área com plantio abandonado de *Eucalyptus* spp. no município de Floresta-PE.

TABLE 1: Families, species and common names of natural regeneration of the area with abandoned planting of *Eucalyptus* spp. in the city of Forest-PE.

FAMÍLIA/ESPÉCIE	NOME VULGAR
Euphorbiaceae	
<i>Cnidoscolus bahianus</i> (Ule) Pax & K. Hoffm.	Favela brava
<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	Faveleira
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão bravo
<i>Jatropha mutabilis</i> (Pohl) Baill.	Pinhão manso
Fabaceae	
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Mororó
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	Jurema de embira
<i>Piptadenia stipulaceae</i> (Benth.) Ducke	Jurema branca
<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W. Jobson	Quipembe
<i>Poincianella bracteosa</i> (Tul.) L.P. Queiroz	Caatingueira
<i>Senna spectabilis</i> var. <i>excelsa</i> (Schad.) H.S. Irwin & Barneby	Pau de besouro
Indeterminada	indeterminada
Indeterminada 1	

As duas famílias encontradas no levantamento (Fabaceae com seis espécies e Euphorbiaceae

com 5 espécies) são citadas como mais representativas em trabalhos realizados por Ferraz (2011); Souza et. al., (2010) e Rodal et al., (2008). Tais famílias detêm a totalidade dos indivíduos identificados reforçando a grande importância que as mesmas possuem para o bioma Caatinga.

Se tratando de regeneração, este, em sua maioria apresenta uma diversidade relativamente baixa com um posterior acréscimo em relação ao período intermediário e por fim uma seleção de espécies mais adaptadas ao meio para o estágio de clímax (BEGON et al., 2007). E por sua vez, a composição do repovoamento é proveniente de espécies que já se encontravam presentes no local, da rebrota de tocos, do banco de sementes, das plântulas ou dos indivíduos em estágio juvenil presentes no sub-bosque, da brotação de raízes provenientes dos povoamentos adjacentes e de invasoras que aparecem na área por intermédio de algum agente dispersor, quando a clareira ainda está aberta (FERRAZ, 2011).

O valor do índice de diversidade de Shannon (H') foi de 1,16 nats/ind., estando abaixo dos encontrados por Ferraz (2011) e Calixto Júnior e Drumond (2011) ambos com 2,10 e 1,39 nats/ind. respectivamente trabalhando com caatinga no sertão Pernambucano. Embora seja considerado baixo, justificando-se em parte ao histórico de intervenção antrópica sofrido pela área.

O índice de Equabilidade de Pielou (J') foi de 0,47, indicando que houve predomínio de uma ou de poucas espécies que foi o caso da espécie *Pityrocarpa moniliformis* e da espécie *Croton blanchetianus* (Tabela 2), assemelhando-se ao valor obtido por Calixto Júnior e Drumond (2011) e Almeida Neto et al. (2009).

TABELA 2: Espécies da regeneração natural da área com plantio abandonado de *Eucalyptus* spp. no município de Floresta-PE e seus respectivos parâmetros fitossociológicos. (N= Número de indivíduos; AB= Área basal; FA= Frequência absoluta; FR= Frequência relativa; DA=densidade absoluta; DR= Densidade relativa; DoA= dominância absoluta; DoR= Dominância relativa.

TABLE2: Endangered Species of natural regeneration of the area with abandoned planting of *Eucalyptus* spp. in the city of Forest-PE and their respective phytosociological parameters. (N= Number of individuals; AB= basal area; FA = absolute frequency, RR = relative polled; DA = absolute density, relative density=DR; DoA= absolute dominance, pain = relative dominance.

Nome Científico	N	AB	FA	FR(%)	DA	DR(%)	DoA	DoR(%)
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	722	1,818	100	21,28	902,5	59,77	2,273	62,79
<i>Croton blanchetianus</i>	266	0,683	65	13,83	332,5	22,02	0,853	23,57
<i>Poincianella bracteosa</i>	88	0,208	70	14,89	110	7,28	0,260	7,19
<i>Senna spectabilis</i>	40	0,043	65	13,83	50	3,31	0,054	1,49
<i>Cnidocolus quercifolius</i>	26	0,078	40	8,51	32,5	2,15	0,098	2,69
<i>Cnidocolus bahianus</i>	21	0,018	40	8,51	26,25	1,74	0,023	0,64
<i>Jatropha mutabilis</i>	24	0,020	35	7,45	30	1,99	0,025	0,70
<i>Jatropha mollissima</i>	07	0,013	15	3,19	8,75	0,58	0,016	0,44
<i>Bauhinia cheilantha</i>	06	0,004	15	3,19	7,5	0,5	0,005	0,13
Indeterminada	03	0,008	10	2,13	3,75	0,25	0,010	0,26
<i>Piptadenia stipulaceae</i>	02	0,001	10	2,13	2,5	0,17	0,001	0,04
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	03	0,002	5	1,06	3,75	0,25	0,002	0,06
Total	1208	2,896	470	100	1510	100	3,62	100

A densidade dos indivíduos corresponde a um total de 1.510 ind.ha⁻¹ valor próximo aos encontrados por Calixto Júnior e Drumond, (2011); Ferraz, (2011); Andrade et al., (2005); Araujo, (2007) em ambientes cujo ação humana sofreram perturbações em suas paisagens, ainda assim bem inferior a grande parte dos trabalhos em caatinga *sensu stricto*, isto é verificado pela diversas fisionomias de caatinga e/ou pelos seus diferentes usos e formas de pressões antrópicas. A área basal total foi de 2,896 m².ha⁻¹, um valor extremamente baixo quando comparados ao trabalho de Sampaio (1996) em ambientes de caatinga, em que os valores variam de 4 a 52 m².ha⁻¹. A espécie de maior valor de importância (VI) foi *M. tenuiflora* a qual apresentou densidade de 884,37 ind.ha⁻¹, frequência de 14,49% e dominância absoluta de 5,07 m².ha⁻¹, o que gerou um valor de importância de 149,5, correspondendo a 67,55% da amostra.

As dez espécies de maior valor de importância foram *Pityrocarpa moniliformis*, *Croton blanchetianus*, *Poincianella bracteosa*, *Senna spectabilis*, *Cnidocolus quercifolius*, *Jatropha mutabilis*, *Cnidocolus bahianus*, *Jatropha mollissima*, *Bauhinia cheilantha* e Indeterminada, nesta sequência representadas na Figura 2.

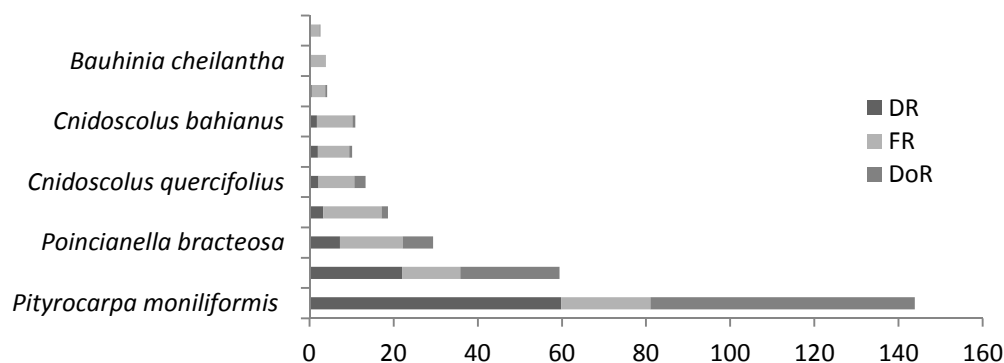


FIGURA 2: Densidades, dominâncias e freqüências relativas das 10 espécies mais importantes em área de caatinga após plantio abandonado de *Eucalyptus spp.*, em Floresta, PE.

FIGURE2: density, dominance and relative frequencies of the 10 most important species in an area of caatinga abandoned after planting of *Eucalyptus spp.* In Forest, PE.

Os maiores valores de área basal foram concentrados nas espécies *Pityrocarpa moniliformis* (62,77%), seguida por *Croton blanchetianus* (23,58%), não coincidindo com a maioria dos trabalhos com ações antrópicas a área semelhantes, juntas superam os 85% do total da área e esse predomínio está inteiramente ligado ao uso e ocupação da área, histórico de degradação e ou proximidade de fontes dispersoras.

CONCLUSÃO

O baixo número de espécies (12) e a concentração da densidade em apenas duas delas é resultado do histórico de perturbação da área que passa por um processo primário de sucessão.

Com índices de diversidade e equabilidade baixos comparados a outras áreas, pode-se observar que mesmo após mais de duas décadas da supressão da vegetação original para o plantio homogêneo e abandono do *Eucalyptus spp.*, esta área não atingiu as expectativas em relação a quantificação de espécies, visto que de acordo com o a instrução normativa nº- 1, de 25 de junho de 2009 do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2009), que prevê um restabelecimento da vegetação da caatinga mesmo após uma ação antrópica drástica, tomando como base o ciclo de corte de 15 anos para o Manejo Florestal Sustentável em mesma área.

A retirada da vegetação original e o plantio homogêneo realizado há mais de 20 anos influência na riqueza florística da área e aponta para uma similaridade pouco acentuada com outros levantamentos realizados em caatinga.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA NETO, J. X. et al.. Composicao floristica, estrutura e analise populacional do Feijao-Bravo (*Capparis flexuosa* L.) no Semiárido Paraibano, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoro, v. 22, n. 4, p. 187-194, 2009.

ANDRADE, L. A. et al. Analise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Revista Cerne**, Viçosa, MG, v. 11, n. 3, p. 253-262, 2005.

ARAÚJO FILHO J.C. et al., **Diagnóstico ambiental do município de Floresta, Pernambuco**. Circular Técnica 10. Rio de Janeiro: Embrapa, 2001.

ARAUJO, L. V. C. **Composição florística, fitossociológica e influência dos solos na estrutura da vegetação em uma área de caatinga no semi-árido paraibano**. 2007. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia)– Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007.

AUBERT, E.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Análise multivariada da estrutura fitossociológica do sub-bosque de Plantios Experimentais de *Eucalyptus spp.* e *Pinus spp.* em Lavras-MG. **Revista Árvore**, n. 18, n. 3, p. 194-214, 1994.

BARBOSA, L. M. (Coord.). **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: matas ciliares do interior paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. 128p.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos ecossistemas**. Porto Alegre:

Artmed, 2007. 752p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: Sudene - DRN, 1973. v.1, 359 p. (MA. DNPEA - DPP. Boletim Técnico, 26; SUDENE - DRN. Série Pedologia, 14).

CALIXTO JÚNIOR, J.T.; DRUMOND, M.A. Estrutura fitossociológica de um fragmento de caatinga sensu stricto 30 anos após corte raso, Petrolina-PE, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoro, v. 24, n. 2, p. 67-74, abr.-jun., 2011

CIENTEC (Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas Ltda.), Mata Nativa – **Sistema para Análise Fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas**. São Paulo, 2002, 126p.

EMBRAPA. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina, 1993. v. 2.

FERRAZ, J.S.F. **Análise da vegetação de caatinga arbustivo-arbórea em Floresta, PE, como subsídio ao manejo florestal**. 2011. 134f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco.

IBGE. **IBGE – Cidades@, 2010**. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidadesat. Acesso em: 16 set. 2011.

MELO, M. L. de. **Áreas de exceção da Paraíba e dos Sertões de Pernambuco**. Recife: SUDENE, 1988. 321 p. (SUDENE. Série Estudos Regionais, 19)

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG. H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley, 1974. 547 p.

PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: Wiley, 1975. 165 p.

REZENDE, M.L.; VALE, A.B.; REIS, M.G.F.; SILVA, A.F.; NEVES, J.C.L. 1994. Regeneração natural de espécies florestais nativas em sub-bosque de *Eucalyptus grandis* e em mata secundária no Município de Viçosa, Zona da Mata, MG, Brasil. Pp. 409-418. In: **Anais do I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas**. Foz do Iguaçu 1994.

RODAL, M. J. N. et al. Levantamento quantitativo das plantas lenhosas em trechos de vegetação de caatinga em Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, p. 192-205, 2008.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fitossociologia. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; MAYO, S. J.; BARBOSA, M. R. V. (Ed.). **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Recife: Sociedade Botânica do Brasil/Seção Regional de Pernambuco, 1996. p. 203-230.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L.; SALCEDO, I.H.; TIESSEN, H. Regeneração da vegetação de caatinga após corte e queima, em Serra Talhada, PE. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 33, p. 621-632. 1998.

SOUZA, J.A.N.; RODAL, M.J.N. Levantamento florístico em trecho de vegetação ripária de caatinga no Rio Pajeú Floresta/Pernambuco-Brasil. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 54-62, 2010.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro. 1991.

CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE ESTRELA VELHA – RS

CLASSIFICATION OF LAND USE AND COVER IN THE COUNTY ESTRELA VELHA – RS

Débora Luana Pasa¹; Mateus Sabadi Schuh²; Ângela Maria Klein Hentz³; Nájila Souza da Rocha⁴; José Américo de Mello Filho⁵

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo verificar a evolução do uso e cobertura do solo do município de Estrela Velha, nas duas últimas décadas, por técnicas de geoprocessamento, com o propósito de gerar base de dados georreferenciada a servir à elaboração de plano de manejo das significativas áreas de florestas naturais que ocupam atualmente mais de 40% da área municipal. Para tanto, foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5, dos anos 1991 e 2011. As imagens foram classificadas no ambiente do sistema SPRING, versão 5.0.6, em quatro tipologias: áreas de florestas, campos, agricultura e área urbana (sede municipal). Posteriormente, as imagens classificadas foram exportadas para o sistema ArcGIS 9.3, para a confecção dos mapas temáticos. Os resultados permitem concluir que, no ano de 1991, havia mais florestas, cerca de 45,68% da totalidade da área do município, principalmente ao longo dos rios e áreas de difícil acesso, impróprias para cultivos agrícolas. Constataram-se, para as áreas agrícolas, campos e área urbana, 32,20%, 22,07%, e 0,05%, respectivamente. Para o ano de 2011, as florestas diminuíram para 41,44% e os campos para 6,9%, por consequência aumentaram-se as áreas de lavouras para 51,51% e área urbana para 0,15%. A diminuição de 4,24% das áreas florestais e a aguda redução de área de campos, de 22,07% para 6,9%, a qual mostra expressiva diminuição das áreas para pecuária, demonstra a opção do município para o crescimento de sua produção de grãos oleaginosos, posto que aproximadamente metade da área do município é destinada a agricultura. Tendo em vista a elevada área do município ocupada por florestas naturais, especialmente na forma de maciços e de vegetação ciliar, os dados gerados nesse trabalho poderão servir como base para possíveis planos de manejo florestal, projeção de corredores ecológicos e monitoramentos urbanos e rurais.

Palavras-chave: planejamento territorial; ocupação do solo; sensoriamento remoto; geoprocessamento.

ABSTRACT

The main objective of this research was evaluate the land use and cover in the county of Estrela Velha, RS, using geotechnologies, in order to generate georeferenced database to serve the development of management plan of significant natural forest areas that currently occupy more than 40% of the municipal area. For this study, were used images of satellite LANDSAT 5, obtained in the years 1991 and 2011. The images were classified into SIG SPRING as: areas of forests, fields, crops and urban areas (municipal seat). Subsequently, the classified images were exported to SIG ArcGIS 9.3, for the preparation of thematic maps. The results indicate that in 1991 there were more forests, 45.68% of all areas of the county, mainly along rivers and areas of difficult access, unsuitable forcrops. It was found to agriculture, fields and urban areas, 32.20%, 22.07% and 0.05% respectively. In 2011, the forests have decreased to 41.44%, fields to 6.9% and consequently increased the areas of crops for 51.51% and the urban area for 0.15%. This 4.24% decrease in the forest areas and the sharp reduction in size of fields, from 22.07% to 6.9%, which shows a significant decrease in livestock areas, demonstrate the option of the county for the growth of oilseed production, since about half of the municipal area is aimed at agriculture. Given the high area of the county occupied by natural forests, especially in the form of massive and riparian vegetation, the data generated in this research can serve as a basis for possible forest management plans, projections and monitoring of ecological urban and rural areas.

Keywords: geotechnologies; land use; territorial planning.

INTRODUÇÃO

O levantamento de uso do solo tornou-se um instrumento importante para a análise da expansão urbana e rural, bem como para o melhor planejamento territorial. Para identificar esse processo de evolução da ocupação do solo, usam-se atualmente geotecnologias, com apoio em imagens de satélite e

¹ Acadêmica dos Cursos de Engenharia Florestal e Tecnol. em Geoprocessamento, UFSM – deborapasa@yahoo.com.br

² Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, UFSM – mateuschuh@gmail.com

³ Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, UFSM – angelahentz@yahoo.com.br

⁴ Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, UFSM – nah_rocha@hotmail.com

⁵ Eng. Florestal, Dr., Professor Titular, Depto. de Engenharia Rural-CCR-UFSM – americo@ccr.ufsm.br

técnicas de sensoriamento remoto. Esta é uma forma mais rápida e econômica de se obter informações de uma região.

“O sistema LANDSAT (LAND SATellite) foi o primeiro a obter, de forma sistemática, imagens terrestres sinópticas de média resolução espacial. Desenvolvida pela NASA, a série de satélites LANDSAT iniciou sua operação em 1972.” (FIGUEIREDO, 2005, p.3). Essa técnica traz inúmeros benefícios e vantagens. “Dentre estas vantagens, destacam-se a visão panorâmica de uma região, característica muito útil para estudos de fenômenos dinâmicos; cobertura global da Terra[...]” (CENTENO, 2003).

Estudos ambientais com a aplicação de geotecnologias são de significativa importância, pois ajudam a organizar, redistribuir e planejar as terras para melhor ocupar uma determinada área. Além disso, o desenvolvimento de áreas agropecuárias e urbanas está totalmente interligado à sustentabilidade do meio ambiente e conservação dos recursos naturais locais. Desta maneira é possível verificarem-se também os impactos causados pela expansão da ocupação ou transformação das áreas de uma determinada região.

Para analisar essas imagens, são necessários sistemas de informações geográficas. Conforme Burrough (1987), os SIG são sistemas computacionais que classificam e estruturam as informações coletadas, verificando os dados sobre a área a ser estudada e, assim, manipulá-los, fazer consultas, mapas e cartas temáticas. Segundo Schneider, Tartaruga (2004), as técnicas computacionais de estudos espaciais começaram a ter muito destaque e importância para se compreender a análise do uso e da ocupação das terras.

Vários trabalhos e pesquisas estão sendo desenvolvidos para verificar os benefícios de se utilizarem técnicas de geoprocessamento e SIG, para qualificar e quantificar a ocupação do solo.

Lopes et al. (2010) utilizaram recursos de SIG e sensoriamento remoto para avaliar as mudanças no uso da terra, decorrentes de atividades antrópicas, na região de Vacaria, RS. Campos et al. (2004) identificaram uso da terra em dez microbacias ocorrentes na bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP, a partir do SIG IDRISI, com a utilização de imagens de satélite LANDSAT 5.

Conforme Destro, Campos (2006), a utilização de programas de sensoriamento remoto, como o SIG SPRING, e imagens de satélites CBERS foi eficiente e adequada fonte de informação para a geração de cartografia temática e, além disso, a gratuidade e facilidade de acesso para a aquisição de imagens e do programa computacional foram incentivadores do trabalho.

Segundo Assumpção (2001),

[...] cerca de 85% de todas as informações da administração de uma prefeitura estão de alguma forma relacionadas à localização geográfica, e que uma parcela expressiva de seus recursos financeiros são provenientes de elementos sobre sua geografia [...], não fica difícil perceber o papel do geoprocessamento na municipalidade.

Nesse contexto, este artigo visa adquirir informações sobre a evolução do uso e ocupação da terra, no município de Estrela Velha, RS, Brasil. As imagens utilizadas tiveram um intervalo de 20 anos (1991 - 2011). Foram classificadas as áreas de florestas, agricultura, campos e área urbana, resultando um mapa temático de cada época analisada. Desta maneira será possível adquirir melhor entendimento sobre o progresso do município, mudanças ocorridas na paisagem, bem como servir de subsídio para as tomadas de decisão por parte de administradores públicos, assim como para ajudar a planejar melhor a distribuição da ocupação de terras e monitorar as que estão em uso, evitando-se a expansão desordenada e o desflorestamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do local

A área em estudo abrange o município de Estrela Velha, localizado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, com sua sede municipal nas coordenadas 29,17° S e 53,15° O. A área é em sua maioria agrícola e tem a maior parte da sua economia voltada à produção de sementes oleaginosas. O município abrange 281 Km², e conta com população de 3.628 habitantes. O setor de Agropecuária é responsável por 31% de seu Produto Interno Bruto, conforme dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) do ano de 2010.

Estrela Velha emancipou-se em 28/12/1995, pela Lei nº 10.644, desmembrando-se do seu município de origem, Arroio do Tigre. Faz limite com os municípios de Ibarama, Arroio do Tigre, Salto do Jacuí, Júlio de Castilhos e Pinhal Grande. É circundado por rios, nos limites das suas regiões leste, oeste e sul.

Metodologia

Para a delimitação do local de estudo, utilizaram-se os limites dos municípios do Rio Grande do Sul, provenientes da malha do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), de 2005.

Foram utilizadas imagens oriundas do satélite Landsat-5, datadas de 21/05/1991 e de

10/04/2011, ambas referenciadas ao Datum WGS84, disponíveis gratuitamente na internet, no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Para o processamento das imagens, utilizaram-se os SIG: Spring 5.0.6 e ArcGis 9.3. O sistema SPRING está também disponível gratuitamente no site do INPE.

As imagens foram importadas no ambiente do SPRING, por meio da criação de um modelo de dados de imagem. Em seguida, as bandas 1,2,3 foram submetidas a uma composição de cores BGR, para adquirir melhor visão da área. O limite também foi importado para o programa e, assim, as imagens foram recortadas através da ferramenta “Recortar plano de informação”. Para isso, foi criado um modelo de dados temático (limite) e um plano de informação (PI)(limite01), conforme a figura 1:

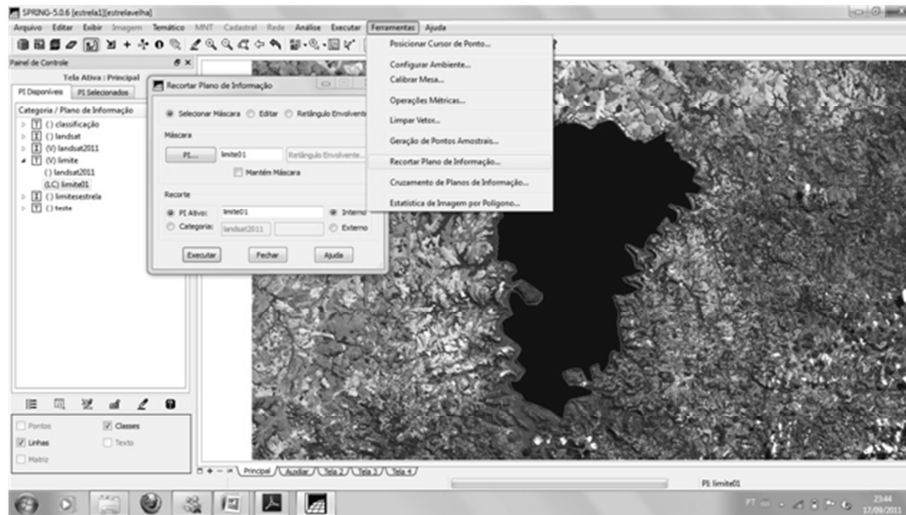


FIGURA 2: Demonstração do recorte da imagem
 FIGURE 1: Demonstration of cutted images

Para a classificação das áreas, as imagens foram segmentadas e classificadas através da similaridade de pixel, por regiões. A similaridade constitui-se de uma ferramenta que agrega os pixels semelhantes, nas áreas de interesse da aplicação. Usou-se o método de segmentação por crescimento de regiões, com similaridade 2 e área 3 (em pixels). A área representa uma região segmentada. Conforme figura 2.

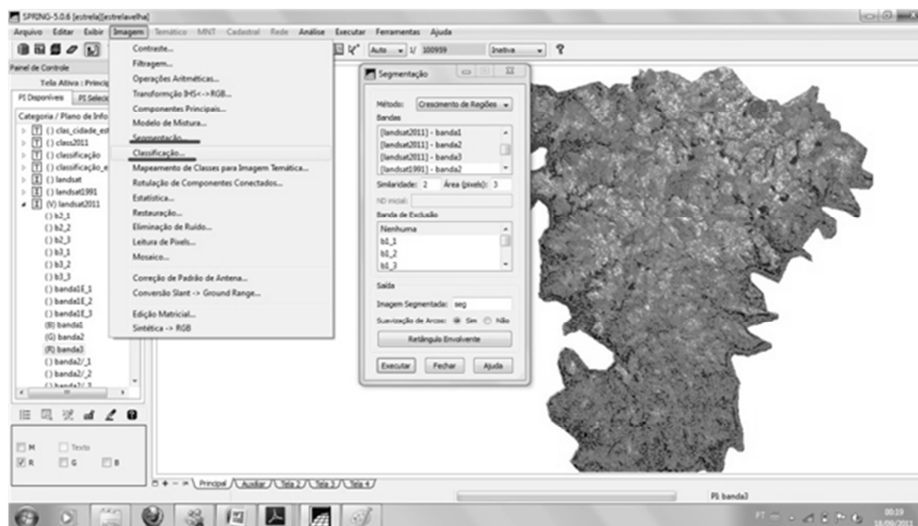


FIGURA 3: Segmentação e classificação da imagem
 FIGURE 2: Segmentation and classification of the image

Para a classificação, foi utilizado o classificador Battascharya. A imagem foi classificada em quatro tipologias: área urbana, florestas, campos e agricultura. Desta maneira adquiriram-se amostras supervisionadas de cada região segmentada correspondentes às áreas em estudo.

Com a classificação executada, as imagens, em forma de classes temáticas, foram e exportadas para o programa ArcGis 9.3. Nesse SIG, as imagens foram moduladas como mapas, com legenda, escala,

e coordenadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da imagem classificada, pode-se verificar que, no ano de 1991, o tema floresta ocupava a maior parte das áreas do município (45,68%), aproximadamente 12.533,13 ha. Este fato deve-se, entre outros motivos, por ser o município rodeado por rios na maior parte de seus limites, e haver sido respeitada a vegetação ciliar (Figura 3). Além desse fator, constatou-se também que as florestas estão em áreas em que o relevo é muito acidentado para agricultura, como na região sul do município. As áreas agrícolas ocupavam 32,20% do terreno, o que mostra a dedicação do município, desde o início de sua emancipação, grande importância à atividade agrícola. Os campos ocupavam 22,07% das áreas. A sede do município, pela exígua porcentagem (0,05%), demonstra a pequena população da época na área urbana, tendo em vista que Estrela Velha ainda não era emancipada, e pertencia ao município de Arroio do Tigre. Desta maneira, não havia um desenvolvimento significativo do comércio, existindo apenas poucas construções em sua sede. Deve-se destacar, entretanto, que havia vários pequenos distritos, localizados no interior do futuro município, mas que não foram classificados nesse estudo.

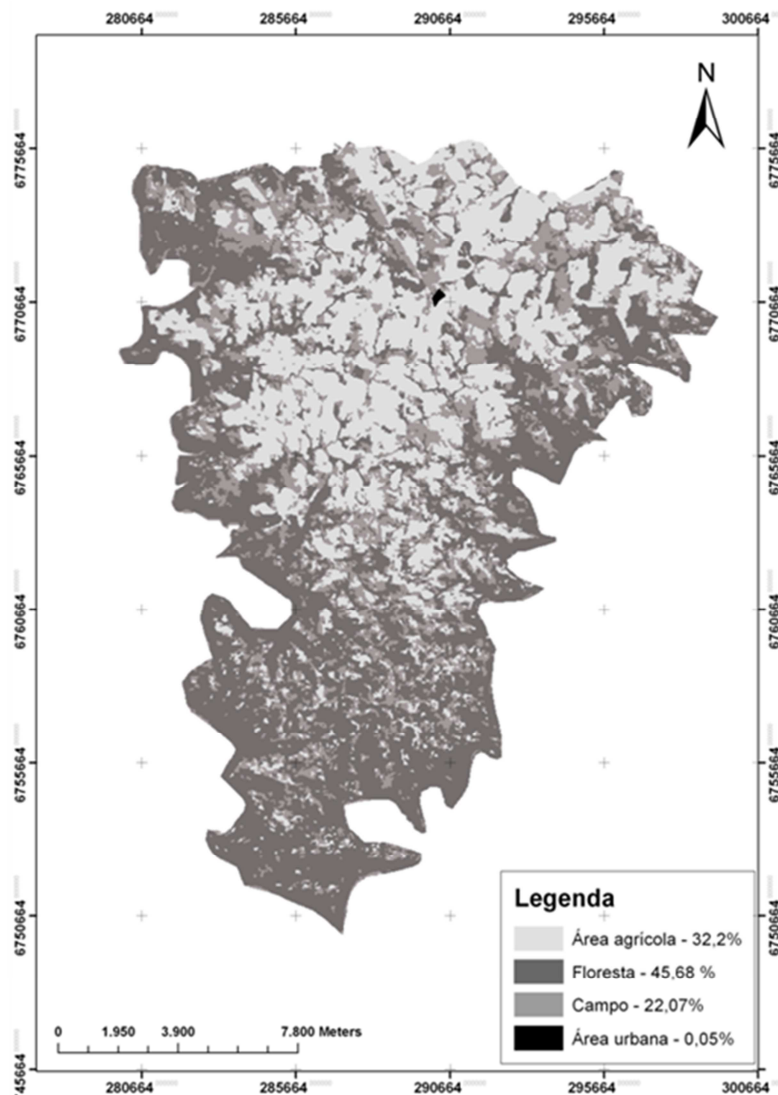


FIGURA 4: Mapa do Uso da Terra do município de Estrela Velha – 1991

FIGURE 3: Land Use Map of the municipality of Estrela Velha – 1991

Com o passar dos anos e após sua emancipação, ocorrida em 1995, o município veio a ser crescentemente povoado. É o que mostra a classificação da imagem do ano de 2011 (Figura 4).

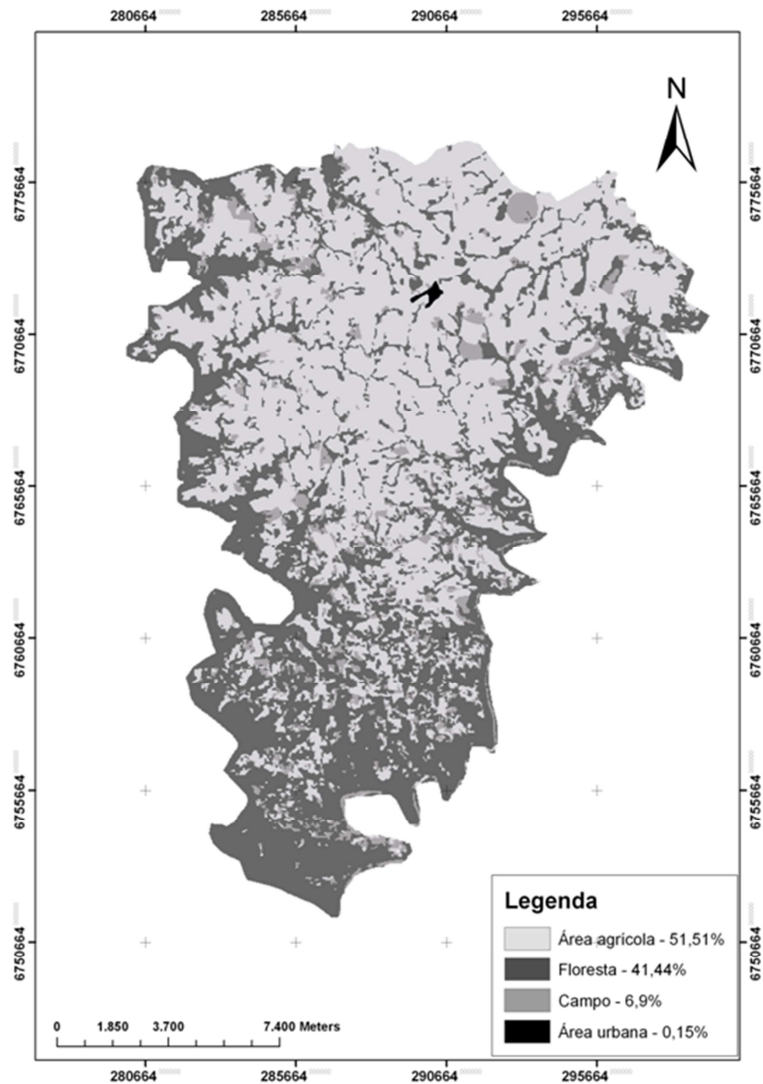


FIGURA 4: Mapa do Uso da Terra do município de Estrela Velha – 2011
 FIGURE 4: Land Use Map of the municipality of Estrela Velha – 2011

A área urbana cresceu cerca de 200%, em relação ao ano de 1991, aproximadamente (0,15%). Evidenciando que foi classificada apenas a área urbana da sede municipal. Desta forma, com o aumento da população, conseqüentemente ocorreu mais intenso uso da terra e a diminuição nos solos com florestas para 41,44% (11.384 ha) e especialmente de áreas de campos, para 6,9%. Com isso, os solos para agricultura aumentaram significativamente para 51,51% das terras do município, o que demonstra que o município é essencialmente agrícola, tendo as culturas de soja, trigo, fumo, feijão e milho, como as principais para economia (Figura 5). Os campos e florestas diminuíram relativamente na parte central do município, nos arredores da sede municipal. Algumas áreas de florestas, localizadas ao longo de rios, constituintes de APP, foram também devastadas, o que caracteriza ainda mais o avanço da agricultura. Destaque-se que o Código Florestal Brasileiro é de 1965, mas a conscientização ambiental não é matéria usualmente praticada pelo setor da agropecuária.

Deve-se levar em consideração que os rios constituem uns dos recursos naturais de maior importância para qualquer região, e desta forma, a devastação nas suas margens produz e colabora para inúmeras conseqüências negativas, como erosões, assoreamentos e enchentes.

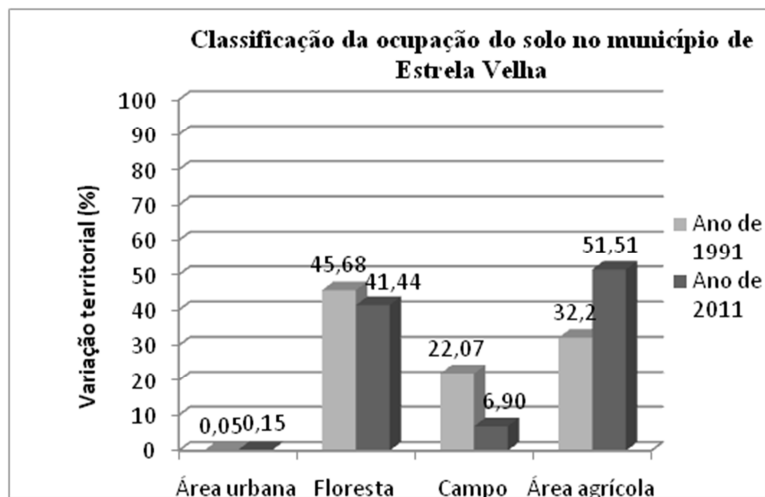


FIGURA 5: Gráfico comparativo dos anos de 1991 e 2011

FIGURE 5: Graph comparing the years 1991 and 2011

CONCLUSÃO

A utilização de imagens do Satélite LANDSAT 5, em conjunto a Sistemas de Informações Geográficas, proporcionaram caracterizar os diferentes usos e ocupação da terra no município de Estrela Velha. Observou-se que, no ano de 1991, a maior parte das áreas do município de Estrela Velha era de florestas, seguida das lavouras, campos e área urbana. Em 2011, os solos dos temas floresta e campo diminuíram, aumentando-se acentuadamente as áreas de lavouras, de 32,2% para 51,51%. A área urbana, da sede municipal, aumentou cerca de 200% em 20 anos. Notou-se que as áreas de maior densidade de florestas estão na região sul do município, e a menor área na região central e norte. Essas informações coadunam-se ao crescimento do município, tanto populacional como econômico. Os dados obtidos podem servir de subsídio para ajudar a melhor planejar a distribuição das terras para agricultura, pastagens, reflorestamento ou áreas urbanas. Além disso, são eficazes para possíveis monitoramentos nas áreas de desflorestamentos e básicos para a elaboração de planos de manejo florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUMPÇÃO, A. **Recado aos prefeitos: Como arrecadar mais com a Geoinformação**. IngoGEO, Curitiba, v.3, n.17, p.40-45, jan/fev. 2001.
- BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment**. Oxford, Oxford University Press, 1989.
- CENTENO, J. S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Ed. UFPR, 2003.210p.
- CAMPOS.S. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.2, p.431-435, maio/ago. 2004
- DÉSTRO G.F.G; CAMPOS S. **SIG Spring na caracterização do uso dos solos a partir de imagens do satélite CBERS**. Energ.Agric., Botucatu, vol.21, n.4, 2006, p.28-35
- FIGUEIREDO D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf>. Acesso em 20 agosto 2011
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>> Acesso em: 19 de setembro de 2010.
- LOPES F; MIELNICZUK J; OLIVEIRA E.S; TORNQUIST C.G. **Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.10, p.1038–1044, 2010.
- SCHNEIDER, S; TARTARUGA, I.G.P. Território e Abordagem Territorial: das referências cognitivas aos aportes aplicados à análise dos processos sociais rurais. **Raízes**. v.23, n.1, p.99- 116, 2004.

ESTRUTURA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E VOLUMETRIA DA *Carapa guianensis* Aubl. EM FLORESTA DE VÁRZEA NO ESTADO DO AMAPÁ, BRASIL

STRUCTURE, SPATIAL DISTRIBUTION AND VOLUMETRIC *Carapa guianensis* Aubl. IN FLOODPLAIN FOREST IN THE AMAPÁ STATE, BRAZIL

Diego Armando Silva da Silva¹; Wegliane Campelo da Silva Aparício²; Perseu da Silva Aparício²; Anderson Pedro Bernardina Batista³; João Ramos de Matos Filho³; Robson Borges de Lima³

RESUMO

A *Carapa guianensis* Aubl. conhecida popularmente como andiroba, pertence a família Meliaceae, é uma espécie abundante nas várzeas Amazônicas, sendo caracterizada principalmente pela qualidade da madeira e pelo óleo extraído das sementes, bastante apreciado na região. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise da estrutura diamétrica, distribuição espacial e volumetria da *Carapa guianensis* Aubl. em uma floresta de várzea no estado do Amapá. O trabalho foi desenvolvido em Macapá/ AP, nas coordenadas 0°02'01,07''S e 51°04'46,66''W. A área possui um clima equatorial super-úmido (Am) com poucas variações de temperatura. Possui uma área formada por Floresta Densa de Planície Aluvial de aproximadamente 11ha, na qual foram distribuídas sistematicamente 28 parcelas permanentes de 250m² (10 x 25m), totalizando uma área amostral de 7000m² (0,7ha). Foram medidos todos os indivíduos da espécie com circunferência a altura do peito (CAP) ≥15cm, bem como foram mensurados a altura comercial com auxílio de hipsômetro. O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita. A análise da distribuição diamétrica foi elaborada por meio de histograma com intervalo de 8cm, com número de indivíduos por centro de classes de diâmetro, e para análise da distribuição volumétrica foi realizada o volume dos indivíduos (m³/ha) por centro de classes de diâmetro. No levantamento foram encontrados 31 indivíduos de *Carapa guianensis* Aubl. de diâmetro variando entre 4,77cm e 67,51cm e a altura comercial entre 1,4 a 19,9m. A distribuição diamétrica seguiu em forma de "J" invertido, ou seja, com elevado número de indivíduos nas primeiras classes de diâmetros. A distribuição volumétrica apresentou crescimento gradativo com o aumento das classes de diâmetro, e o padrão de distribuição espacial encontrado para a espécie na área foi agregado.

Palavras-chave: Florestas de Várzea; Índice de Morisita; Distribuição diamétrica.

ABSTRACT

The *Carapa guianensis* Aubl. popularly known as Andiroba, belongs to the family Meliaceae, is an abundant species in the Amazonian floodplain and is characterized mainly by quality of the wood and the oil extracted from seeds, well appreciated in the region. In this context, the objective of this study was to analyze the diameter structure, spatial distribution and volumetric of *Carapa guianensis* Aubl. in a floodplain forest in the state of Amapá. The study was conducted in Macapá/AP, at coordinates 0°02'01,07''S e 51°04'46,66''S. The area has a super-humid equatorial climate (Am) with little variation in temperature. It has an area formed by dense forests of the alluvial plain of about 11ha, which were systematically distributed in 28 permanent plots of 250m² (10 x 25m) for a total sample area 7000 m² (0,7 ha). Where were measured all individuals of the species with a circumference at breast height (CBH) ≥ 15 cm and height were measured with the aid of commercial hypsometer. The spatial distribution standard was estimated through the Morisita index, analysis of the diameter distribution was prepared by the histogram with an interval of 8 cm, with the number of individuals for center of diameter classes, and volumetric analysis of the distribution volumetric was volume of individuals (m³ / ha) for center of diameter classes. The survey found 31 individuals of *Carapa guianensis* Aubl. diameter ranging from 4,77cm to 67,51 cm and the trade height between 1,4 to 19,9 m. The diameter distribution followed in a "J" turns, in other words, with high numbers of individuals in the first diameter classes. The distribution volumetric showed a gradual growth with the increasing of the diameter classes and the spatial distribution standard was aggregated.

Keywords: Floodplain Forests; Morisita Index; diameter distribution.

¹ Engenheira Florestal, Dra. Professora do curso de Engenharia Florestal/UEAP e do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellcampelo@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical/UNIFAP. Professor do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

³ Graduandos do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). CEP: 68925-000, Macapá (AP). d-armando-silva@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Nas florestas de várzea são encontradas espécies madeireiras e não-madeireiras de grande importância para as populações tradicionais e para o desenvolvimento da região Amazônica. Entre as quais merece destaque a *Carapa guianensis* (andiroba). Segundo Boufleuer (2004), essa espécie, se converge com bastante assiduidade por toda a Amazônia, principalmente nas várzeas mais próximas ao leito dos rios e faixas alagáveis ao longo dos cursos d'água, embora, também seja encontrada em terra firme.

A *Carapa guianensis* pertence à família Meliaceae, possui árvores de 15-20m de altura, ritidoma marrom desprendendo em placas, casca viva vermelha, albúrnio amarelo, cerne marrom, exsudação aquosa, base do tronco com sapopemas com aproximadamente 2m, copa capitata umbeliforme, fuste retilíneo, folhas compostas paripinada, alterna, peciolada, com 4-8 pares de folíolos opostos, ápice agudo, base obtusa, inflorescência axilar, composta em panícula, hermafrodita, com flores brancas a bege (HIURA e SARQUIS, 2008).

Segundo Ferraz et al. (2002) a andiroba é uma espécie de uso múltiplo, sendo que a madeira e o óleo extraído das sementes são os produtos mais importantes. Possui um grande valor madeireiro, sendo de fácil trabalhabilidade, permitindo bom acabamento sendo muito procuradas no mercado interno e externo para a fabricação de móveis, lâminas, compensados e acabamentos internos de barcos e navios. Pinto (2007) menciona que o óleo extraído das sementes dessa espécie é muito utilizado para cosméticos, preparação de sabão, iluminação, anti-inflamatório, cicatrizante e na fabricação de velas repelentes a mosquitos transmissores de malária e dengue.

De acordo com Tonini et al. (2009), a participação dos produtos florestais não-madeireiros (PFNMs) é essencial, pois são componentes importantes do manejo florestal sustentável e é a atividade que subsidia a maioria da população que vive na floresta e áreas próximas.

Sendo assim, estudos da estrutura de populações e comunidades de plantas é fundamental para o entendimento dos padrões de distribuição e ocorrência das espécies, assim como para a elaboração de estratégias de manutenção, recuperação e conservação dos remanescentes florestais (CARVALHO e NASCIMENTO, 2009). Dessa forma, a condução dos estudos estruturais de *Carapa guianensis* Aubl torna-se de importância fundamental para fornecer subsídios dos conhecimentos qualitativos e quantitativos do comportamento dessa espécie.

Diante disto, o trabalho visou aceitar as seguintes hipóteses: Que o comportamento da estrutura diamétrica de *Carapa guianensis* fosse em forma de J invertido, típico de espécie de floresta nativa, que sua distribuição espacial fosse agregada, de acordo com a maioria dos estudos realizados em florestas de várzea, e que a volumetria provavelmente apresentasse um crescimento gradativo de acordo com o aumento das classes de diâmetro.

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo dos aspectos ecológicos da *Carapa guianensis* Aubl, com intuito de caracterizar a estrutura e distribuição espacial da espécie em um ambiente de várzea, no Campus da UEAP, área estuarina do estado do Amapá.

MATERIAL E MÉTODO

Localização e caracterização da área

A área de estudo está localizada no Km 05, no município de Macapá, Amapá, nas coordenadas 0°02'01,07''S e 51°04'46,66''W, com limites ao norte com a rodovia Juscelino Kubitschek, ao oeste com um estabelecimento comercial, ao leste com uma Reserva Particular do Patrimônio Natural e ao sul com Rio Amazonas.

A área possui um clima equatorial super-úmido (Am) com poucas variações de temperatura, o período mais frio apresenta elevados índices de pluviosidade com precipitação anual de cerca de 2.500 mm e temperatura média anual variando de 25 a 27°C. Apresenta a seguinte estrutura geológica: formação curuá, aluviões do quaternário, drenadas pela bacia do rio Amazonas. Possui uma área rica formada por Floresta Densa de Planície Aluvial também chamada de Floresta de Várzea (DRUMMOND, 2004).

Amostragem e coletas de dados

Este estudo foi realizado em uma área de 11ha, na qual foram distribuídos sistematicamente 28 parcelas permanentes de 250m² (10 x 25m), em cinco transectos, posicionadas paralelamente ao rio Amazonas, totalizando uma área amostral de 7000m² (0,7ha). Em cada transecto foram dispostas parcelas distanciadas 25m uma da outra e a distância entre os transectos foi de 72m.

Foram medidos todos os indivíduos de *Carapa guianensis* Aubl. com circunferência a altura do peito (CAP) ≥ 15 cm, bem como foram mensurados a altura comercial dos indivíduos com auxílio do hipsômetro TRUPULSE 360°. Além disso, todas as árvores da espécie foram mensuradas, plaqueteadas, e por meio de uma planilha anotou-se suas características dendrológicas, além disso, foram feitas coletas de material botânico, que posteriormente foram identificados por meio de bibliografia especializada, comparação com material do herbário do IEAP (Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do

Estado do Amapá) e por especialistas. Por conseguinte todos os CAPs foram convertidos para diâmetro a altura do peito (DAP).

Análise dos dados

A análise da distribuição diamétrica foi elaborada por meio de histograma (intervalo 8cm) com número de indivíduos por centro de classes de diâmetro, iniciado pelo diâmetro mínimo de inclusão de 4,77cm (que corresponde ao CAP mínimo de 15 cm), adotado como critério de inclusão no levantamento, e a última classe contemplou os indivíduos com DAP>44,77cm.

Para calcular o número de classes para análise de distribuição diamétrica foi utilizado a fórmula proposta por Higuchi et al. (2008), que considera: $n \text{ classes} = 1 + 3,33 \log N$ (N=número de dados), sendo que o intervalo entre as classes foi ajustado segundo o número de classes.

A análise da distribuição volumétrica foi realizada com o volume dos indivíduos (m³/ha) por cento de classes de diâmetro, sendo que o volume foi calculado utilizando a expressão:

$$V = \frac{\pi DAP^2}{4} \times Hc \times F$$

Em que: V= volume; DAP= diâmetro a 1,30m; Hc=altura comercial da árvore; F= fator de forma=0,7.

O índice que caracteriza a distribuição espacial da espécie e os gráficos de distribuição diamétrica e volumétrica foram gerados com o auxílio do software Microsoft EXCEL for Windows™ 2007.

O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita (Id), conforme recomendações de Brower e Zar (1977):

$$I_d = \frac{n \left(\sum_{i=1}^S X^2 - N \right)}{N(N-1)}$$

Em que: Id: índice de Morisita; n: número total de parcelas amostradas; N: número total de indivíduos por espécies, contidos em n parcelas; X²: quadrado do número dos indivíduos por parcela; s: número de espécies amostradas

A significância dos valores calculados para índice de Morisita (Id) foi obtida mediante o teste do qui-quadrado, para gl= (27) e um nível de significância de 0,05 de probabilidade de erro.

$$\chi^2 = \frac{n \sum_{i=1}^S X^2}{N} - N$$

Em que: X²: valor do qui-quadrado; N, X² e n: já definidos;

A interpretação do valor do qui-quadrado foi baseada no seguinte: se o valor calculado for menor que o valor tabelado, o (Id) não difere significativamente de 1, e a espécie apresentará um padrão de distribuição aleatório. Porém, se o valor do qui-quadrado for maior que o valor tabelado, a espécie tenderá a um padrão de distribuição agregada, se (Id<1), ou uniforme, (Id=1) (BROWER e ZAR,1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura da população

No levantamento realizado foram encontradas 31 árvores, com diâmetro variando entre 4,77cm e 67,51cm e a altura comercial entre 1,4 a 19,9m. A densidade foi de 44,28 (árvores/ha), superior ao encontrado por Tonini et al. (2009), no sul de Roraima 16,1 (árvores/ha) e Carim et al. (2008) em Mazagão/AP24,2 (árvores/ha), porém inferior ao encontrado por Boufleuer (2004) em Seringal Caquetá, na Colocação Limoeiro I no Acre, que encontrou uma densidade média de 46,6 (árvores/ha).

A distribuição diamétrica dos indivíduos de *Carapa guianensis* (Figura 1) seguiu o padrão característico das espécies de florestas nativas, ou seja, distribuição exponencial em forma de “J” invertido, com predominância dos indivíduos nas primeiras classes de diâmetros. Assim observou-se que a primeira classe correspondeu a 54,83% dos indivíduos inventariados, decrescendo na segunda classe para 19,35%. Estrutura diamétrica semelhante foi encontrada por Rabelo et al. (2002), Queiroz (2004) e Tonini et al. (2009). Isso indica possivelmente que a espécie mantém um estoque suficientemente amplo

de árvores finas para substituir as árvores de maior porte que venham a ser eliminadas.

Além disso, observou-se que a espécie *Carapa guianensis* apresentou-se distribuída em todas as classes de diâmetro. Este tipo de comportamento segundo Boufleuer (2004) e Rabelo et al. (2002) é característico de espécies tolerantes à sombra, a qual mantém uma taxa de estabelecimento de plântulas mais ou menos constantes. Denotou-se também que a espécie não foi encontrada com grandes diâmetros na área, isso pode estar relacionado ao grau de antropização, que a área passou a alguns anos atrás.

Entretanto a maior densidade de indivíduos jovens não indica ausência de problemas de regeneração. Sendo assim para uma conclusão mais contundente sobre o comportamento e distribuição diamétrica das espécies, faz-se necessário um estudo de regeneração natural e da etnobotânica para verificar prováveis níveis de exploração dessa espécie pela comunidade local (COSTA JUNIOR et al., 2008).

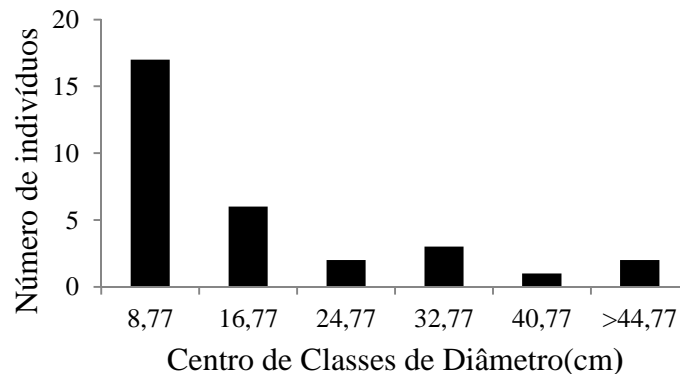


FIGURA 1: Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Carapa guianensis* amostrados em floresta de várzea no Campus da UEAP, Macapá-AP.

FIGURE 1: Diameter distribution of individuals sampled in *Carapa guianensis* floodplain forest on the campus of UEAP, Macapá-AP.

Volumetria

A volumetria da *Carapa guianensis* na área estudada (Figura 2), apresentou crescimento gradativo do volume até o quarto centro de classe de diâmetro. Já no quinto centro de classe observou-se um decréscimo e aumento exponencial no último centro de classe. Isso evidencia que mesmo as primeiras classes de diâmetro possuindo maior número de indivíduos, apresentam geralmente menores alturas e como estão enquadradas nos menores diâmetros, geram conseqüentemente menor volumetria, uma vez que esta variável volume é diretamente proporcional ao quadrado do diâmetro e a altura.

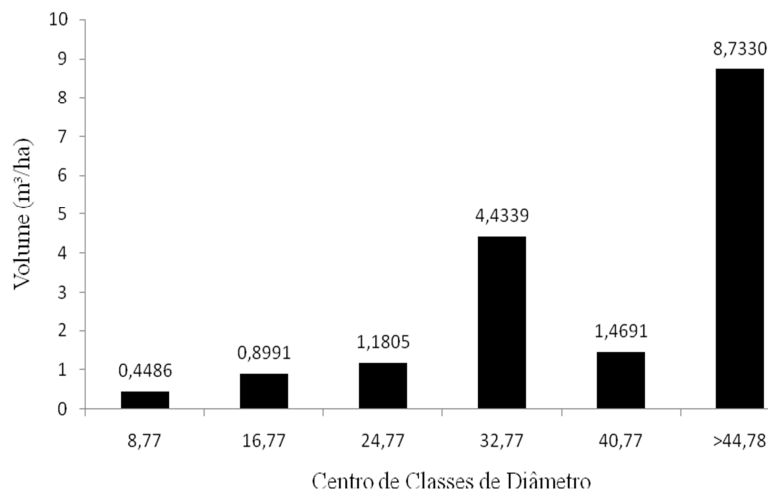


FIGURA 2: Distribuição volumétrica por centro de classes de diâmetro dos indivíduos de *Carapa guianensis* amostrados em floresta de várzea no Campus da UEAP, Macapá-AP

FIGURE 2: Distribution center volumetric diameter classes of *Carapa guianensis* individuals sampled in a floodplain forest on the campus of UEAP, Macapá-AP

A quinta classe apresentou comportamento atípico para florestas ineqüiâneas, ocorrendo a queda brusca do volume (1,4691 m³/ha), o que é explicável, por essa classe de diâmetro apresentar apenas um

único indivíduo e com altura mediana (11,1m), gerando assim, um baixo volume nesta classe. Com esse resultado, pode-se inferir que esta ocorrendo mortalidade de indivíduos com diâmetro variando entre 36,78 a 44,77m, provavelmente por fatores ambientais, ou até mesmo devido a ação antrópica.

O último centro de classe, com indivíduos com DAP>44,77, apresentou crescimento exponencial do volume em relação aos centros de classes anteriores, por conter os indivíduos com maiores DAPs e alturas consideráveis de 10,8 a 19,5. Apenas dois indivíduos foram registrados nesta última classe com DAP de 56,36 e 67,51cm, gerando volume de 8,73m³/ha, correspondendo a 50,88% do volume total.

Distribuição espacial

Como o valor calculado do qui-quadrado (60,22) foi maior do que o valor tabelado (40,11) a um nível de significância de 0,05 e o valor do Índice de Morisita foi 2,1, o padrão de distribuição espacial da *Carapa guianensis* foi agregado na área.

Bentes-Gama et al. (2002) realizando estudo no município de Afuá/ PA, também encontraram distribuição agregada para a população da espécie em estudo, Gama et al. (2003) desenvolvendo pesquisa em floresta de várzea no estado do Pará, encontraram o mesmo padrão de distribuição.

Tonini et al. (2009) relata que, em estudos de distribuição espacial de *Carapa* sp., os resultados têm sido controversos, o que pode indicar comportamento distinto entre diferentes regiões na Amazônia, ou simplesmente refletir o emprego de diferentes metodologias de coleta de dados e análise da distribuição espacial.

A distribuição agregada é verificada quando a tendência dos indivíduos é de ocorrerem em grupos, e a chance de ocorrência de um indivíduo aumenta pela presença de outro se formando verdadeiras manchas vegetais, evidenciando assim, a nítida variação do número de indivíduos de uma parcela para outra que neste estudo foi de 0 a 6 indivíduos por parcela.

Este comportamento pode estar associado ao tipo de ambiente onde as plântulas se desenvolveram, pois o tipo de distribuição espacial que uma espécie apresenta é padrão resultante de vários fatores que interagem entre si (MEIRELLES e LUIZ, 1995). Segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) citado por Miranda (2009) os vegetais normalmente se distribuem de forma agregada, por serem estruturados principalmente pelos fatores abióticos como textura, fertilidade e disponibilidade hídrica do solo, luminosidade, temperatura, dentre outros.

Dessa forma, os organismos se agregam quando e onde encontram condições favoráveis a sua reprodução e a sua sobrevivência, como é o caso da *Carapa guianensis*, que apresentou grande preferência por certos ambientes mais propícios ao seu crescimento e desenvolvimento, dado a elevada variação do número de indivíduos por parcela.

Para o manejo sustentável da espécie seja ele madeireiro ou não madeireiro, a forma de distribuição da espécie é extremamente relevante, pois minimiza os custos tendo em vista que para a colheita do produto não serão desperdiçados muitos gastos com implementação de ramais, no entanto sem o manejo apropriado a retirada principalmente de madeira da espécie pode causar a extinção da mesma.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição diamétrica dos indivíduos de *Carapa guianensis* seguiu o padrão característico das espécies de florestas nativas, apresentando distribuição exponencial em forma de “J” invertido, com predominância dos indivíduos nas primeiras classes de diâmetros.

A volumetria da espécie apresentou um crescimento gradativo de acordo com o aumento das classes de diâmetro, ocorrendo decréscimo somente no penúltimo centro de classe de diâmetro, sendo que a última classe apresentou 50,88% do volume total.

A *Carapa guianensis* apresentou padrão de distribuição espacial agregado, demonstrando ser uma espécie bastante seletiva aos ambientes de sua ocorrência, se instalando somente nos sítios mais favoráveis por ter preferência por certos ambientes mais propícios ao seu crescimento e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R.S.; GAMA, J.R. V.; OLIVEIRA, A.D. Estrutura e Valoração de uma Floresta de Várzea Alta na Amazônia. *Cerne*, v.8, n.1, 2002. p.088-102.

BOUFLEUER, N. T. **Aspectos ecológicos da andiroba (*Carapa guianensis* Aublet. Meliaceae) subsídios para o manejo.** 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology.** 2. ed. Dubique: Win. C. Brown Publishers, 1977. 226 p.

CARIM, M. J. V.; JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição florística e estrutura de Floresta de Várzea no município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil. Piracicaba: **Ciência Florestal**, v.

36, n. 79, set. 2008. p. 191-201.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de uma remanescente de floresta atlântica submontana (Silva Jardim - RJ, Brasil) **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.2, p.327-337, 2009.

COSTA JUNIOR, R. F.; FERREIRA, R. L. C.; RODAL, M. J. N.; FELICIANO, A. L. P.; MARAGON, L. C.; SILVA, W. C. Estrutura Fitossociológica do Componente Arbóreo de um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n. 2, 2008. p.173-183.

DRUMMOND, J.A. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. IBAMA; SEMA-AP, Macapá, 2004.

FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C.; SAMPAIO, P. T. B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera*, D.C): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta Amazônica**, Manaus v. 32, n. 4, abr. 2002. p.647-66.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S.A; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro da regeneração natural de uma floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. **Ciência Florestal**, 2003. 71 a 82 p.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A.J.N. **Biometria Florestal**. INPA, Manaus-AM, 2008. p.14

HIURA, A.; SARQUIS, R.S.F.R. Características morfológicas de espécies arbóreas na floresta de várzea da APA da Fazendinha, Macapá/AP In: **V Seminário de Iniciação Científica do IEPA Amapá. Revista: Pesquisa e Iniciação Científica Amapá**. n.1. 2008. p.50.

MIRANDA, Z. P. **Aspectos Morfofisiológicos e Ecológicos de *Mora paraensis* Ducke (Leguminosae-Caesalpinioideae)**. Amapá, 2009, 88p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) Universidade Federal do Amapá.

MEIRELLES, M. L.; LUIZ, A. J. B. Padrões espaciais de árvores de um cerrado em Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica** 18(2): 185-189.1995.

PINTO, A. A. **Avaliação de danos causados por insetos em sementes de andiroba [(*Carapa guianensis* Aubl.) e *Andirobinha* (*C. procera* DC.) (Meliaceae)] na Reserva Florestal Adolpho Ducke em Manaus, AM, Brasil**. Dissertação (mestrado) – INPA/UFAM. Manaus, 2007. 60p.

QUEIROZ, J.A.L.de. **Fitossociologia e Distribuição Diamétrica em Floresta de Várzea do Estuário do Rio Amazonas no Estado do Amapá**. Dissertação de Mestrado – Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFPR. Curitiba, 2004. 101p.

RABELO, F.G.; ZARIN, D.J.; OLIVEIRA, F.A.; JARDIM, F.C.S. Diversidade, composição florística e distribuição do povoamento com DAP ≥ 5 cm em região do estuário do Amapá. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.37, n.37, 2002, p.91-112.

TONINI, H.; COSTA, P.; YKAMISKI, P.E.; Estrutura, Distribuição Espacial e Produção de Sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) No Sul do Estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v.19.2009.

SISTEMA DE ANÁLISE DA DINÂMICA E ESTRUTURA DE FLORESTAS NATURAIS

DYNAMICS AND STRUCTURE ANALYSIS SYSTEM FOR NATURAL FORESTS

Edson Gardin¹; Luciano Farinha Watzlawick²; Henrique Soares Koehler³; Solon Jonas Longhi⁴

RESUMO

O Sistema de Análise da Dinâmica e da Estrutura de Florestas Naturais (SADEF) é um *Software* desenvolvido para auxiliar as atividades de processamento e análise de dados coletados de inventários florestais, gerando informações a respeito da estrutura e dinâmica dessas florestas. No desenvolvimento do SADEF foi utilizada a ferramenta de desenvolvimento *Borland Delphi 7.0*. Para armazenar os dados coletados é utilizado o banco de dados *Postgresql 8.4*. As funcionalidades do sistema foram divididas nos seguintes módulos: módulo de entrada de dados, módulo de cálculos, módulo de relatórios, módulo de importação e módulo de segurança. O módulo de entrada de dados fornece uma interface padronizada para alteração, consulta, exclusão e inclusão dos dados armazenados no banco de dados. Por meio do módulo de cálculo pode-se realizar as análises da estrutura horizontal e vertical, dinâmica de crescimento e análise da estrutura balanceada da floresta pela equação de Meyer. O módulo de relatório permite visualizar e imprimir as informações armazenadas e processadas. Para tornar mais ágil a entrada de dados no sistema está disponível o módulo de exportação e importação, que permite a entrada de grande volume de dados a partir de arquivos no formato de planilha eletrônica. O módulo de exportação e importação também permite extrair informações armazenadas no sistema. O módulo de segurança controla quem pode utilizar o sistema e quais as funcionalidades que lhe são permitidas. Com a disponibilização do SADEF pretende-se fornecer uma ferramenta que economize tempo para a análise dos dados e evite erros comumente encontrados nos processamentos de dados realizados manualmente.

Palavras-chave: fitossociologia; dinâmica de floresta; SADEF; inventário florestal.

ABSTRACT

Dynamics and Structure Analysis System for Natural Forests (DSASNF) is a program designed to assist the activities of processing and analyzing data collected from permanent plot forest inventories, generating information about the structure and dynamics of natural forests. In developing DSASNF it was used Borland 7.0 Delphi development tool. To store the data collected it was used PostgreSQL 8.4 database. The functionality of the system was divided into the following modules: input module, calculations module, printing module, import module and security module. The input module provides a standardized interface to edit, consult, include and exclude data stored in the database. The calculation module can perform the analysis of horizontal and vertical forest structure, growth dynamics and balanced analysis of the forest structure by the Meyer equation. The printing module allows the user to view and print the information stored and processed. To become the system more flexible, data entry in the system is available in the import and export module allowing the entry of large volumes of data from files in a spreadsheet format. The export and import module also allow extract information stored in the system. The security module controls who can use the system and what features are allowed. The release of DSASNF aims to provide a tool that saves time for data analysis and avoid mistakes commonly found in data processing.

Keywords: phytosociology; forest dynamics; DSASNF; permanent plot forest inventories.

INTRODUÇÃO

A atividade de conservação e manejo em florestas naturais não pode ser realizada sem um profundo conhecimento das florestas. O responsável pelo manejo desses recursos precisa conhecê-los profundamente para tomar decisões, para utilizá-los racionalmente e, principalmente para planejar as necessidades futuras. Dessa forma, inventários devem ser executados periodicamente, para permitir o

¹ Mestre em Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Rua Salvatore Renna - Padre Salvador, 875 - Santa Cruz - CEP 85015-430, Guarapuava - PR, e-mail: gardin@unicentro.br.

² Pós-Doutor em Engenharia Florestal; Professor do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO; Rua Camargo Varela de Sá, 03, Vila Carli - CEP 85040-080, Guarapuava - PR; e-mail: farinha@unicentro.br.

³ Dr., Professor, Depto. de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, koehler@ufpr.br.

⁴ Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria - RS, longhiso@ccr.ufsm.br.

acompanhamento da dinâmica das mudanças que ocorrem na floresta (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Os dados coletados dos inventários devem ser armazenados e analisados para poder fornecer detalhes e melhor entendimento da floresta e suas relações ambientais. Nesse contexto, as unidades amostrais permanentes são utilizadas para fornecer informações da estrutura da floresta e de sua dinâmica. Quanto mais tempo as unidades e subunidades amostrais forem monitoradas mais dados serão coletados, fornecendo um conjunto de informações mais abrangentes da floresta.

Antes de iniciar o processo de coleta de dados das unidades amostrais permanentes devem ser definidos quais os dados que se desejam coletar, como esses dados serão armazenados e manipulados. Esse processo é chamado de projeto do modelo de dados. O projeto do modelo de dados deve ditar os requisitos dos dados de modo que o trabalho de campo possa fornecer as informações necessárias e suficientes de forma eficiente. O ciclo de vida dos dados abrange a definição, coleta, validação, análise, armazenamento e síntese. Todas as etapas são igualmente importantes, e um sistema de gerenciamento de dados eficiente requer um equilíbrio entre eles. O primeiro passo é definir as necessidades de informação e a elaboração de um procedimento de coleta de dados para satisfazer essas necessidades (VANCLAY, 1994).

A coleta dos dados geralmente é feita com o uso de fichas de campo confeccionadas de acordo com o que se deseja saber da floresta. Os dados a serem coletados podem ser o diâmetro, altura total, altura do ponto de inversão morfológica, qualidade do fuste, condição da copa, entre outros. A validação e análise podem ser feitas por meio de programas que são desenvolvidos para tal procedimento, produzindo uma série de relatórios que fornecem variáveis quantitativas e qualitativas da floresta (BARTH FILHO, 2002).

Segundo Koehler (2002), trabalhos com instalação de parcelas permanentes para coleta de dados de crescimento em florestas naturais iniciaram-se somente há poucas décadas em nosso país. Com isso, os dados disponíveis, que formam a base inicial para trabalhos de modelagem de crescimento e produção, estão limitados aos recentes anos mensurados.

Para que os dados coletados possam ser utilizados, armazenados e analisados sob diferentes aspectos é necessária a utilização de ferramentas computacionais para auxiliar nessas tarefas. Embora seja possível realizar as análises dos dados sem o auxílio da computação, a utilização de *softwares* específicos possibilita muitas vantagens tais como: ganho de tempo no processamento das informações; eliminação de erros comumente encontrados em análises manuais de dados; possibilidade de análises de diferentes aspectos, que manualmente devido à complexidade não são realizados; possibilidade de armazenamento permanente dos dados, constituindo assim uma base histórica para futuros estudos e comparações; fácil compartilhamento e recuperação desses dados, entre outras vantagens.

Diante do exposto e com uma lacuna ainda em aberto nas alternativas de *software* disponíveis para análise de dinâmica e estrutura de florestas naturais, o Sistema de Análise da Dinâmica e da Estrutura de Florestas Naturais –SADEF (GARDIN, 2011) é uma alternativa para auxiliar nas tarefas de processamento de dados oriundos de inventários de parcelas permanentes.

MATERIAL E MÉTODO

Ferramenta de desenvolvimento e sistema gerenciador de banco de dados utilizado

A ferramenta de desenvolvimento escolhida para o desenvolvimento do SADEF foi o *Borland Delphi7*. A escolha por essa ferramenta considerou a grande quantidade de desenvolvedores e as suas principais características, que são (CANTU, 2005):

- a) Possui suporte para conexão a uma ampla categoria de sistemas gerenciadores de banco de dados;
- b) Permite o desenvolvimento de aplicações para o sistema operacional *Windows*;
- c) Ferramenta RAD (Desenvolvimento Rápido de Aplicação - *Rapid Application Development*) que permite ao desenvolvedor a construção visual da interface, o que facilita o desenvolvimento de sistemas.

Para suportar o armazenamento permanente dos dados coletados na área de estudo optou-se por utilizar o gerenciador de banco de dados *Postgresql 8.4*. A escolha desse sistema gerenciador de banco de dados foi feita devido a ele ser um software livre, podendo ser utilizado, modificado e distribuído por qualquer pessoa ou empresa para qualquer finalidade, sem encargo, em quaisquer dos sistemas operacionais suportados; suportar grandes bases de dados, não possuindo limite de tamanho e por trabalhar eficientemente em ambientes multiusuários, suportando milhares de transações simultaneamente.

Etapas do desenvolvimento do Sistema de Análise da Dinâmica e da Estrutura de Florestas Naturais - SADEF

O desenvolvimento da aplicação SADEF esta resumidamente representada no fluxograma da

Figura 1.

O objetivo de segmentar o desenvolvimento foi definir pontos intermediários que permitem a validação do desenvolvimento do *software*, isto é, a conformidade do que está sendo desenvolvido com as necessidades expressas, e a verificação do processo de desenvolvimento (SCHACH, 2009).

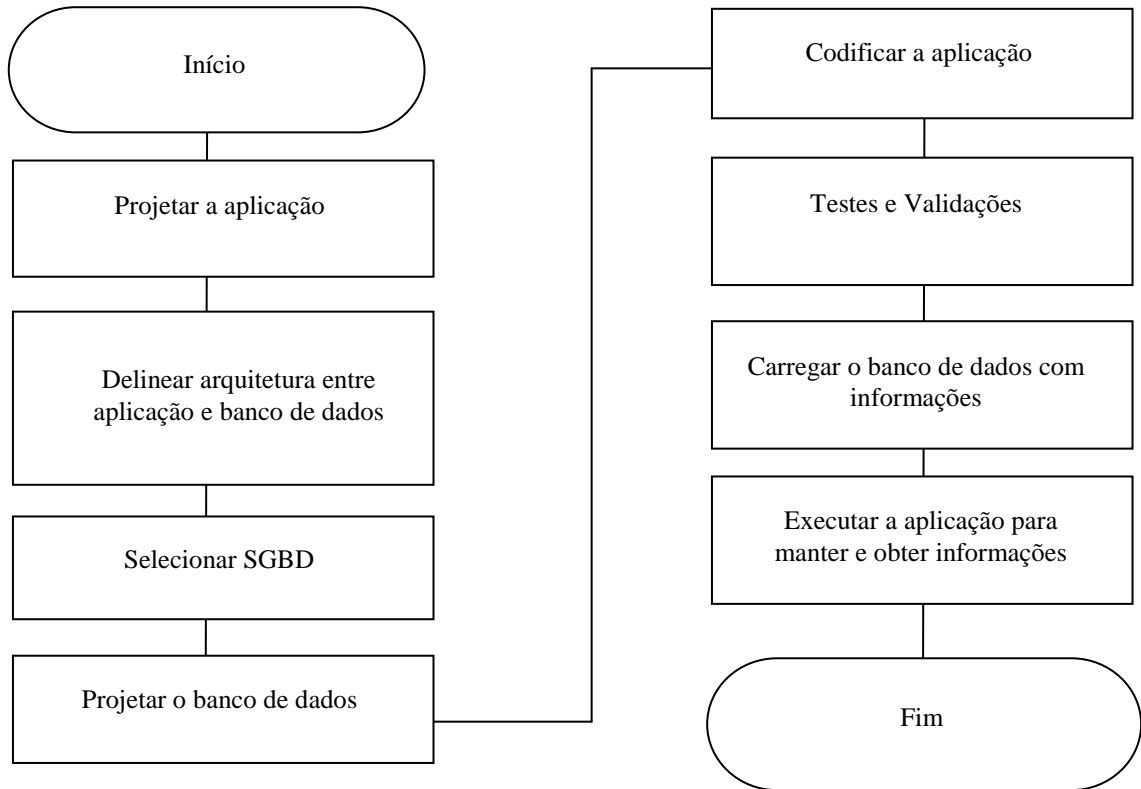


FIGURA 1: Fluxograma do ciclo de vida da maioria das aplicações computacionais.

FIGURE 1: Flowchart of the life cycle of most computer applications.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do SADEF resultou em uma ferramenta informatizada para armazenamento, análise e processamento de dados fitossociológicos da estrutura horizontal – frequência, dominância, densidade, valor de importância e valor de cobertura, distribuição espacial – índice de Morisita, estrutura vertical – diagrama *h-M*, dinâmica de crescimento pelo método da matriz de transição e análise do estado balanceado da floresta com o uso da equação de Meyer.

O SADEF, segundo as suas funcionalidades, foi estruturado em cinco módulos:

- d) Módulo de entrada de dados: permite realizar operações de entrada e manutenção dos dados;
- e) Módulo de cálculos: disponibiliza uma interface para processamento dos cálculos;
- f) Módulo de relatórios: permite a visualização de dados armazenados no sistema;
- g) Módulo de exportação e importação de dados: disponibiliza uma interface para entrada de dados em lote, bem como para exportar os dados armazenados no banco de dados;
- h) Módulo de segurança: permite gerenciar quem e o quê pode ser acessado no SADEF pelos usuários habilitados.

Cada um desses módulos apresenta funções específicas que permitem a execução das diversas operações disponíveis no sistema. De forma geral, o fluxo de trabalho utilizando esses módulos, pode ser resumido no fluxograma da Figura 2.

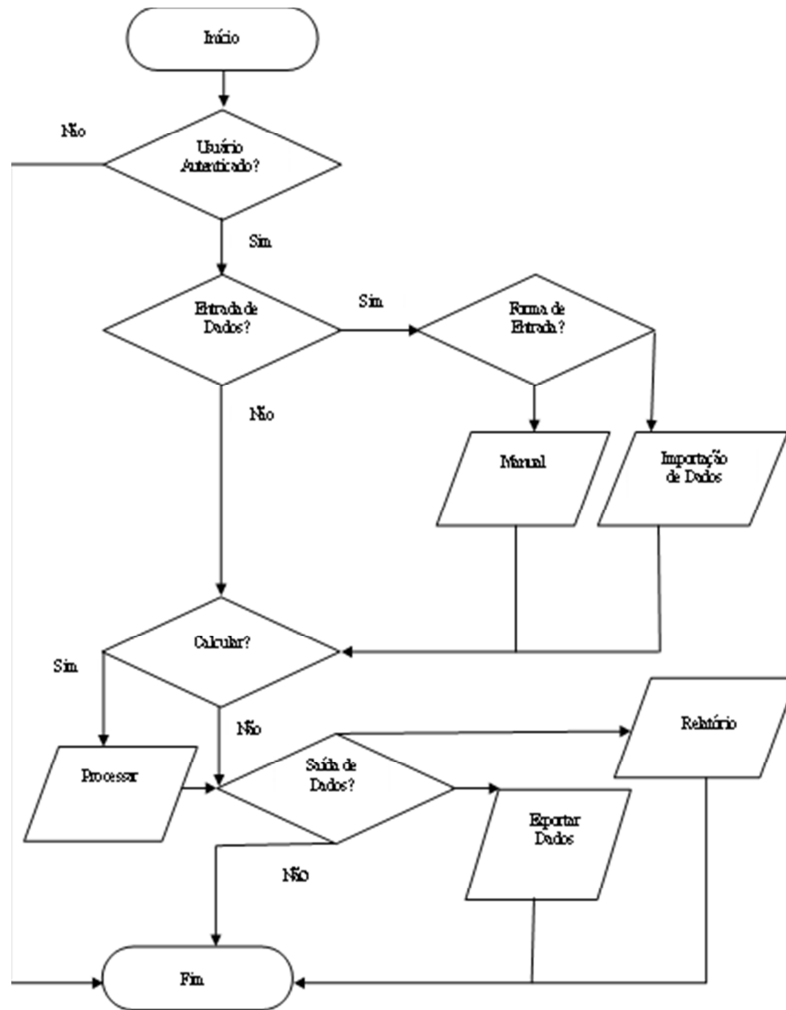


FIGURA 2: Fluxograma resumido das operações disponíveis no SADEF.
 FIGURE2: Flowchartsummaryof theoperations available inSADEF.

Módulo de entrada de dados

Esse módulo fornece uma interface padronizada para alteração, consulta, exclusão e inclusão dos dados. Todas as interfaces com o usuário (telas) deste módulo oferecem a mesma forma de interação com os dados, que está disponível por meio de uma barra de ferramentas, conforme a Figura 3, localizada sempre na parte superior das telas.



FIGURA 3: Barra de ferramentas para manipulação e acesso a dados do SADEF da tela de cadastro das famílias botânicas.
 FIGURE3: Toolbar for manipulation and data access SADEF screen registry of botanical families.

Essa barra de ferramentas é formada por vários botões que permitem as seguintes operações (a sequência citada dos botões é da esquerda para direita):

- i) Alteração: permite alterar as informações armazenadas;

- j) Limpa Formulário: exclui os dados correntes e deixa pronta a tela para uma nova entrada de dados;
- k) Cópia registro corrente: insere um novo registro com base no registro atual;
- l) Novo registro: insere um novo registro;
- m) Exclui registro corrente: exclui do banco de dados o registro corrente;
- n) Pesquisa registro: localiza registro tendo como critérios de pesquisa os campos da tela atual;
- o) Imprime registro: gera relatório dos registros da tela em questão;
- p) Registro anterior e próximo registro: permitem consultar os registros armazenados;
- q) Cancela alteração: desfaz a alteração e/ou inclusão realizada nos dados;
- r) Confirma alteração: confirma as alterações realizadas nos dados correntes;
- s) Atualiza formulário: como esse sistema foi projetado para ser multiusuário, várias inclusões e alterações podem estar ocorrendo simultaneamente e, por meio desse botão, atualizam-se na tela os dados que estão sendo exibidos;
- t) Sair da tela: permite fechar a tela em uso.

Deve ser notado que determinadas funções serão habilitadas e/ou desabilitadas conforme a operação que está sendo realizada. Por exemplo, quando se insere um registro novo somente as funções de excluir registro, confirmar ou cancelar as alterações estarão disponíveis. Quando uma determinada função não está disponível para uso, o respectivo botão da barra de ferramentas aparecerá desabilitado na cor cinza, conforme Figura 4.



FIGURA 4: Barra de ferramentas para manipulação e acesso a dados do SADEF, com alguns botões desabilitados.

FIGURE4: Toolbar for manipulation and data access SADEF, with some buttons disabled.

Pertencem a esse módulo as seguintes telas de entrada de dados:

- u) Municípios: usada para gerenciamento dos dados dos municípios que podem ser utilizados nos demais cadastros;
- v) Espécies: permite o gerenciamento de dados das espécies arbóreas;
- w) Famílias: permite a entrada de dados das famílias botânicas;
- x) Grupo ecológico: permite o cadastramento dos grupos ecológicos;
- y) Catálogo de herbários: permite o cadastro de herbários onde foram depositadas as amostras colhidas.
- z) Projeto – Inventário: permite a entrada de dados referentes ao inventário florestal que será gerenciado pelo sistema. Dados das unidades e subunidades amostrais são cadastros no projeto;
 - aa) Propriedade: cadastro da(s) propriedade(s) que constituem o inventário florestal, um inventário pode englobar várias áreas em propriedades distintas;
 - bb) Lançamento do Indivíduo Vegetal: permite o cadastro dos diversos indivíduos que constituem as parcelas permanentes pertencentes ao inventário florestal. Dados como período da floração, frutificação, local de ocorrência, fotos podem ser cadastrados;
 - cc) Lançamento Medições: permite o cadastro dos dados colhidos em campo, permitindo a entrada das seguintes informações: DAP, CAP, altura total, altura comercial, ponto de inversão morfológica, condição da copa, qualidade do fuste, estado de existência (viva, morta ou ingresso), data da medição e uma descrição de fato(s) relevante(s) ocorrido(s) na medição;

Módulo de cálculos

Esse módulo fornece uma interface para processamento e exibição dos resultados dos cálculos realizados com os dados coletados e armazenados no banco de dados. Por meio desse módulo pode-se realizar o cálculo das estimativas dos parâmetros fitossociológicos (DA, DR, DoA, DoR, FA, FR, VI, VC, PI e PC), diagrama *h-M*, índice de distribuição espacial de Morisita, análise e prognose da dinâmica florestal pelo uso da matriz de transição, os índices de diversidade de Shannon-Weaver e de Simpson, índice de Uniformidade de Pielou, índice de Berger-Parker, índice Similaridade de Jaccard, incremento periódico, curva espécie-área e ajuste balanceado da distribuição dos diâmetros pela equação de Meyer.

No caso do diagrama *h-M*, curva espécie-área e ajuste balanceado da distribuição dos diâmetros pela função de Meyer, o sistema gera as respectivas representações gráficas. Para o ajuste pela distribuição de Meyer também é exibido o número de árvores, observadas e estimadas, nas classes de diâmetros sendo analisadas.

Módulo de relatórios

O módulo de relatórios foi desenvolvido para permitir que os dados armazenados no banco de

dados, ou que são resultados dos processamentos, sejam impressos ou transportados para outros *softwares* como planilhas eletrônicas, processadores de texto ou programas de manipulação de imagens.

Existem três maneiras distintas de utilizar as funcionalidades desse módulo, conforme segue:

- Botão de impressão: com a utilização desse botão, cujo ícone é uma impressora presente na barra de ferramentas das telas de cadastros, conforme Figura 5, pode-se gerar um relatório contendo todas as informações dos dados da tela de cadastro em uso. Esse relatório pode tanto ser impresso quanto pode ser salvo para uso futuro.

- Opção “copiar”: essa opção está disponível ao se pressionar o botão direito sobre os resultados gerados pelo módulo de cálculo ou sobre as representações gráficas da Curva Espécie/Área, Diagrama *h-M* e das classes de diâmetro observadas e ajustadas pela equação de Meyer. Com essa opção os dados podem ser transportados diretamente para uma planilha eletrônica ou processador de texto para realizar outras manipulações ou formatações. Além dessa opção também está disponível nas representações gráficas a opção “salvar” que permite armazenar em um arquivo a imagem dos respectivos gráficos.

- Menu “Relatórios”: no menu “Arquivo”, *submenu* “Relatórios” tem-se acesso a relatórios específicos dos inventários que o usuário tem permissão de utilizar. Esses relatórios trazem informações que resumizam os dados coletados dos inventários ou das unidades amostrais.



FIGURA 5: Barra de ferramentas do SADEF com o botão de geração de relatório circulado.

FIGURE5: SADEFtoolbarbuttonwith thegeneration ofreport circulated.

Módulo de Exportação e Importação de dados

O SADEF permite que os dados coletados dos inventários florestais sejam cadastrados no banco de dados de duas formas:

dd) Modo individual: os dados são inseridos individualmente, onde devem ser cadastrados um de cada vez. Para fazer uso dessa forma de entrada de dados são utilizadas as interfaces de cadastros descritas no item 2.5.1, desse capítulo;

ee) Modo em lote: permite a entrada de grande quantidade de dados de uma única vez. Os dados devem estar previamente armazenados em arquivo texto ou em planilha eletrônica e então utilizando o módulo de Exportação e Importação, esses dados poderão ser inseridos no sistema;

Outro objetivo desse módulo é permitir a extração de dados para outros arquivos externos ao SADEF, que podem ser utilizados por planilhas eletrônicas e/ou servir de cópia de segurança dos dados.

Módulo de segurança

O SADEF foi desenvolvido para trabalhar em ambiente de rede, com múltiplos usuários simultaneamente conectados. Os usuários podem estar acessando um mesmo conjunto de dados ou cada um trabalhando com dados de inventários específicos. Dessa forma para garantir que somente os usuários autorizados possam utilizar determinadas funcionalidades e ter acesso somente aos seus dados, foi desenvolvido o módulo de segurança.

Para utilizar o sistema é necessário possuir a conta de um usuário e uma senha de acesso. Quando o SADEF é carregado, a primeira tela que surge solicita a identificação do usuário e a respectiva senha. A partir desse ponto, todos os dados do inventário corrente pertencem a esse usuário. Para que outro usuário possa acessar essas informações é necessário que esse usuário “dono” atribua tal permissão. Isso garante que somente tenham acesso aos dados as pessoas autorizadas. Todos os módulos do SADEF antes de realizar qualquer procedimento verificam as permissões do usuário. Nesse contexto aparece o que é chamado administrador do SADEF. O administrador é um usuário que tem controle total sobre o sistema.

Testes e validações realizados no SADEF

Após o desenvolvimento do SADEF foram realizados testes para validar os cálculos e os processamentos realizados. Para a validação foram utilizados os dados previamente coletados das unidades amostrais permanentes instaladas pela equipe de pesquisadores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, pertencentes ao projeto PELD – “Conservação e Manejo Sustentável de Ecossistemas Florestais” – Subprojeto Floresta Nacional de São Francisco de Paula, nos anos de 2000 a 2009. Para validação dos processamentos, os mesmos cálculos realizados pelo sistema foram refeitos no *software* Mata Nativa 2, comparando-se os resultados. Tanto no SADEF quanto no Mata Nativa 2 os valores resultantes não divergiram.

CONCLUSÕES

O SADEF permite a realização de qualquer das análises disponíveis no sistema baseado em toda a área de estudo ou somente em uma unidade amostral específica. Com isso, características específicas de determinada unidade amostral podem ser detectadas nas análises.

Os resultados encontrados nos processamentos realizados pelo SADEF e pelo programa Mata Nativa 2, durante a fase de teste e validação não divergiram, mostrando a eficácia dos cálculos efetuados pelo SADEF.

Novas implementações podem ser adicionadas ao *software* para permitir um conjunto maior de funcionalidades que não foram abrangidas neste trabalho, como por exemplo: análise e estimativas de biomassa de carbono, estimativas volumétricas, análise de tronco, análise dendrocronológica, outros métodos de prognose e análise da regeneração natural, entre outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTH FILHO, N. **Monitoramento do crescimento e da produção em Floresta Ombrófila Mista com uso de parcelas permanentes**. 2002. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.

CANTU, M. **Dominando o Delphi 7 – A bíblia**. São Paulo: Makron, 2005, 998p.

GARDIN, E. **Desenvolvimento e aplicação de software para análises da estrutura e dinâmica em florestas naturais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, 2011.

KOEHLER, H. S. **Sistema computacional de dinâmica para florestas naturais**. 2002. 192p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

NIST - National Institute of Standards and Technology. Integration Definition for Information Modeling (IDEF1X). **Federal Information Processing Standards Publication**, Gaithersburg, MD (USA), 184, 1993.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Editorado pelo autores, 1997. 316p.

SCHACH, S. R.. **Engenharia de Software: Os Paradigmas Clássico e Orientado a Objetos**. São Paulo: McGraw-Hill, p.644, 2009.

TAKAI, O. K.; ITALIANO, I.C.; FERREIRA, J.E. **Introdução a Banco de Dados**. São Paulo: USP, Instituto de Matemática e Estatística. 2005. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~jef/apostila.pdf>>. Acesso em 06 mar 2010.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield: Applications to Mixed Tropical Forests**, CAB International, 1994, 312p.

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA ARRANJO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NA ILHA DE SANTANA, AMAPÁ.

FLORISTIC COMPOSITION OF FOREST FRAGMENT ARRANGEMENT FOR AGROFORESTRY ON THE ISLAND OF SANTANA, AMAPÁ.

João da Luz Freitas¹; Erick Silva dos Santos²; Raullyan Borja Lima e Silva³; Taline de Lima Silva⁴

RESUMO

Para a análise dos ecossistemas florestais de terra firme e várzea do Distrito de Ilha de Santana, Santana (Amapá) foram inventariadas 12 unidades de amostras do ecossistema de terra firme, correspondendo a 41% das propriedades amostradas e 13 unidades de amostras do ecossistema de várzea, equivalendo a 36% das propriedades, cada unidade amostral com dimensões de 10 X 50 m, sorteada aleatoriamente no fragmento florestal previamente demarcado. Todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 15 cm foram mapeados. Durante o inventário foi coletado material botânico que por sua vez foi identificado e as exsicatas depositadas em herbários (IEPA e MPEG). A distribuição diamétrica, para ambos os ecossistemas estudados, apresentou o padrão característico das florestas tropicais, ou seja, "J-invertido". A composição florística e a análise dos parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal foram avaliados através da densidade, frequência, dominância e valor de importância. Nos fragmentos florestais de terra firme foram encontrados 874 indivíduos, distribuídos em 37 famílias, 73 gêneros e 102 espécies. Das 37 famílias amostradas, 54% estão representadas por menos de 10 indivíduos, sendo que, as quatro famílias mais importantes (Arecaceae, Bignoniaceae, Lecythidaceae e Myrtaceae), nessa ordem, contribuem com mais de 60% das árvores amostradas. Nos fragmentos florestais de várzea foram levantados 903 indivíduos, distribuídos em 19 famílias, 50 gêneros e 60 espécies. Dessas famílias, 42% estão representadas por menos de 10 indivíduos. As famílias Arecaceae, Fabaceae, Meliaceae e Clusiaceae, contribuem com mais de 80% das árvores amostradas. Nos fragmentos florestais de terra firme as espécies com maior densidade foram: *Astrocaryum munbaca*, *Jacaranda copaia*, *Oenocarpus bacaba*, *Myrciaria sp.*, *Lecythis usitata* e *Holopyxidium jarana*, enquanto que, nos fragmentos florestais de várzea as espécies com maior densidade foram: *Euterpe oleraceae*, *Astrocaryum murumuru*, *Mora paraensis* e *Carapa guianensis*. O índice de diversidade de Shannon-Weaver foi de 3,59 para os fragmentos de terra firme e 2,76 para os fragmentos de várzea. O índice de uniformidade de Pielou foi de 0,94 para terra firme e 0,87 para várzea. Os índices de dominância de Simpson para os fragmentos de terra firme e várzea foram de 0,78 e 0,67, respectivamente. As análises dos índices de diversidade demonstram que os dois fragmentos florestais estudados apresentam uma elevada diversidade florística; o coeficiente de mistura, embora tenha demonstrado o domínio de algumas espécies, principalmente, *Astrocaryum munbaca* na terra firme, *Euterpe oleracea* e *Astrocaryum murumuru* na várzea, apresentou uma elevada diversidade dos fragmentos.

Palavras-chave: terra firme; várzea; análise fitossociológica; composição florística; estrutura horizontal;

ABSTRACT

For the analysis of the highland and floodplain forest ecosystems of the Santana Island District, Santana (Amapá State) 12 highland ecosystem sample units, were inventoried, corresponding to 41% of the properties surveyed and 13 floodplain ecosystem sample units, being equal to 36% of the properties, each sample unit surveyed with dimensions of 10 X 50 m, randomly raffled (random) in the forest fragment demarcated previously. All individuals with diameter to the breast height (DBH) larger or equal to 15 cm were mapped. During the inventory botanical material was collected and, subsequently, identified, the exsicatas were deposited in herbaria (IEPA and MPEG). Diametric distribution, for both studied ecosystems, presented the tropical forests pattern characteristic, in other words, "J-inverted". Floristic composition and the phytosociological parameters analysis of the horizontal structure were assessed through the density, frequency, dominance and value of importance. In the forest fragments of lowland 874 individuals were found, distributed in 37 families, 73 genera and 102 species. From 37 families

¹ Engenheiro Florestal, Dr., Professor do curso de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá, Av. Presidente Getúlio Vargas, 650, Macapá (AP).

² Engenheiro Florestal, Universidade do Estado do Amapá, Av. Presidente Getúlio Vargas, 650, Macapá (AP). ericks_santos@hotmail.com

³ Biólogo, Dr., Professor, Universidade do Estado do Amapá, Av. Presidente Getúlio Vargas, 650, Macapá (AP).

⁴ Estudante do curso de Engenheiro Florestal, Universidade do Estado do Amapá, Av. Presidente Getúlio Vargas, 650, Macapá (AP).

sampled, 54% are represented for less than 10 individuals, and, the four more important families (Arecaceae, Bignoniaceae, Lecythidaceae and Myrtaceae), in that order, have contributed with more than 60% of the sampled trees. In the forest fragments of lowland were surveyed 903 individuals, distributed in 19 families, 50 genera and 60 species. Of those families, 42% are represented for less than 10 individuals. The families Arecaceae, Fabaceae, Meliaceae and Clusiaceae, contribute with more than 80% of the sampled trees. In the highland forest fragments the species with larger density were: *Astrocaryum munbaca*, *Jacaranda copaia*, *Oenocarpus bacaba*, *Myrciaria* sp, *Lecythis usitata* and *Holopyxidium jarana*, while, in the floodplain forest fragments the species with larger density were: *Euterpe oleracea*, *Astrocaryum murumuru*, *Mora paraensis* and *Carapa guianensis*. Shannon-Weaver index diversity was 3,59 for the lowland fragments and 2,76 for the floodplain fragments. The Pielou uniformity index was 0,94 the highland and 0,87 for floodplain. The Simpson dominance indexes for the fragments of highland and floodplain were of 0,78 and 0,67, respectively. The of the diversity indexes analyses demonstrate that the two studied forest fragments present a high floristic diversity; the mixture coefficient, although it has demonstrated the domain of some species, mainly, *Astrocaryum munbaca* in the highland, *Euterpe oleracea* and *Astrocaryum murumuru* in the floodplain, presented a high diversity in the fragments.

Keywords: Highland; floodplain; phytosociological analysis; floristic composition; horizontal structures;

INTRODUÇÃO

A região amazônica experimentou ao longo das últimas quatro décadas (1960-2000) profundas mudanças nos seus padrões biofísicos e sócio-econômicos, provocadas pela ocupação humana do espaço geográfico. A partir dos anos setenta, estabeleceu-se na Amazônia um extenso e desordenado processo de ocupação, tendo como base a utilização da floresta como geradora de emprego e renda pela atividade madeireira, bem como, a implantação de projetos agropecuários, que em sua maioria tem mostrado baixo nível de sustentabilidade.

A aplicação de técnicas adequadas ao uso dos recursos florestais de um ecossistema passa, sobretudo, pelo conhecimento dos componentes formadores do mesmo e suas interações. Para tanto várias técnicas de levantamento da flora e fauna são amplamente conhecidas. No caso específico da flora uma das ferramentas mais utilizadas é o estudo da composição florística ou inventário florestal, que é a parte da ciência florestal que visa avaliar as variáveis qualitativas e quantitativas da floresta e suas interações. Assim como dinâmicas de crescimento e sucessão florestal, servindo de base para a formulação de planos de utilização de recursos madeireiro e não madeireiros; manejo integrado da floresta, além de embasar propostas de desenvolvimento e política florestal.

Apesar do esforço de pesquisa no Estado do Amapá, muitas questões sobre a composição e estrutura de suas vegetações permanecem desconhecidas. Até a presente data muito pouco pode ser dito quanto às composições florísticas dos ecossistemas de terra firme e várzea, no que diz respeito à diversidade, composição e estrutura vegetacional.

Dessa forma, o estudo teve como objetivo analisar a estrutura e a composição florística de fragmentos florestais de terra firme e várzea, visando à indicação de espécies florestais para composição de sistemas agroflorestais para agricultores da Ilha de Santana.

MATERIAL E MÉTODOS

Estimativas de parâmetros florísticos e seleção das áreas inventariadas

Foi feito um levantamento da composição florística, da similaridade e da diversidade dos dois principais ecossistemas presentes na área de estudo, ou seja, terra-firme e várzea em unidades de exploração agrícola que apresentam características de vegetação primária.

De acordo com o levantamento preliminar foram identificadas 65 propriedades (72,22%), que mantêm unidades de área com características de vegetação natural, principalmente, de terra firme (32,22%) e de várzea (40%).

Inicialmente as propriedades foram separadas nos dois principais ecossistemas naturais de ocorrência na área de estudo, ou seja, de terra firme (TF) e de várzea (Vz). A escolha desses dois ambientes foi baseada em dois critérios: primeiramente levou-se em consideração a participação percentual desses ambientes na área total das 90 propriedades levantadas, sendo 19,72% para a presença do ecossistema de terra firme e 26,70% para o ecossistema com presença de várzea. Em segundo, levou-se em consideração o interesse e a motivação do proprietário com relação ao uso da floresta.

Amostragem e coleta de dados

As propriedades apresentaram variação no tamanho de área, assim destas serem agrupadas por classe de tamanho, utilizando-se o tamanho mínimo de 0,25 hectares e uma amplitude de classe de três hectares baseado no valor modal de tamanho das propriedades.

O mapa com as coordenadas geográficas de locais referidos nesta pesquisa tais como, as propriedades em que foram identificadas as áreas com fragmentos florestais, foi confeccionado a partir

das coordenadas registrados nos pontos selecionados, no campo, com o auxílio de GPS 12 XL – Garmin. A seguir, estes pontos foram localizados e plotados no mapa do distrito da Ilha de Santana, obtido por processamento do programa TrackMaker 13.1 (Figura 1).

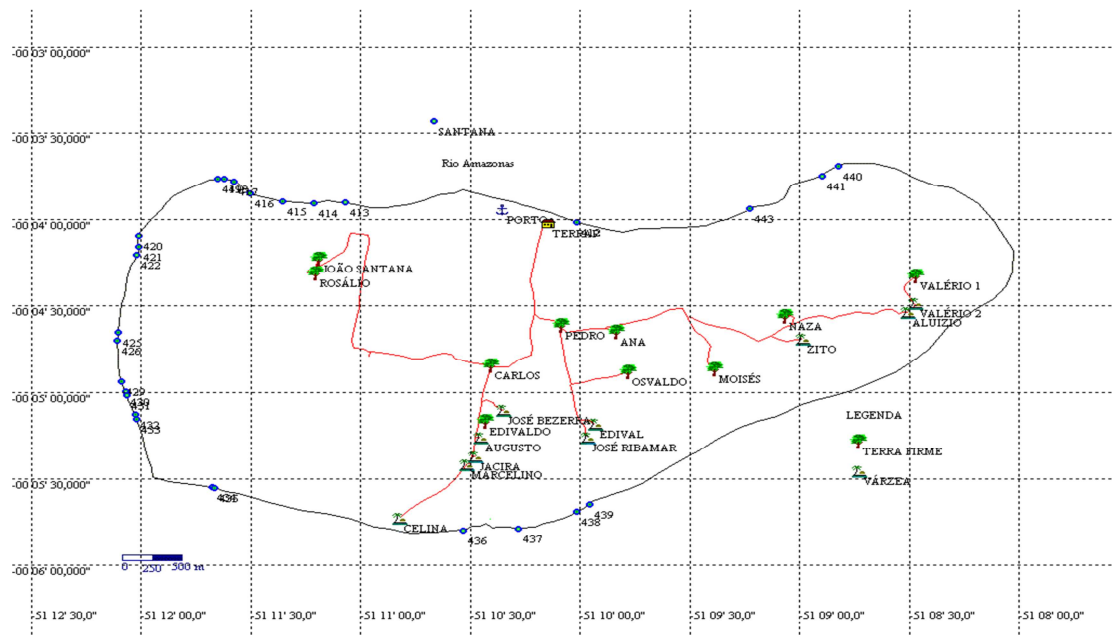


FIGURA 1: Distribuição das propriedades inventariadas por ambiente na área de estudo.
FIGURE 1: Distribution of properties inventoried by the environment in the study area.

O processo de amostragem usado foi o da amostragem simples aleatória. O número de unidades de amostras correspondeu ao percentual equivalente da representatividade das propriedades para os ecossistemas de terra firme e várzea, dentro de cada classe. Foram identificadas 65 propriedades (amostras), sendo que 29 com características de fragmentos de terra firme e 36 com características de várzea. Foram utilizadas 12 unidades de amostras/propriedade para o ecossistema de terra firme correspondendo a 41% das propriedades amostradas e 13 unidades de amostras/propriedade para o ecossistema de várzea correspondendo a 36% das propriedades amostradas.

Cada unidade amostral teve dimensão de 10m de largura por 50m de comprimento, correspondendo a 0,05 ha/unidade de amostra, perfazendo um total de 3ha amostrados, dos quais, 1,45ha, pertencente ao ecossistema de terra firme e 1,55 ha correspondendo ao ecossistema de várzea.

Nestas unidades, foram anotados os seguintes dados: identificação botânica dos indivíduos a partir do nome vernacular, estimativa da altura comercial, qualidade de fuste e contagem da presença de palmeiras. Assim, as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) \geq a 30 cm foram consideradas como árvore adulta. Para avaliar a regeneração natural em cada unidade, será considerada a primeira parcela de 10 m X 10 m, com as mesmas anotações da unidade de 10 m X 50 m, para todos os indivíduos com 15 cm \leq DAP < 30 cm.

Análise da Diversidade, Uniformidade e Dominância de Espécies

A análise da diversidade de espécies visa estabelecer referências que permitam avaliar o quanto um povoamento florestal é importante neste estudo. Para a análise de diversidade foram utilizados os índices de Shannon-Weaver (H'), Uniformidade de Pielou (C) e dominância de Simpson (J), como descritos abaixo:

$$H' = \frac{1}{N} \ln(N) - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln\left(\frac{n_i}{N}\right) \quad C = H' / H_{\max} \quad J = \frac{1}{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}$$

N

N (N - 1)

em que: H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver; C = índice de equabilidade; N = número total de indivíduos amostrados; n_i = número de indivíduos amostrados da i -ésima espécie; S = número de espécies amostradas; Ln = logaritmo de base neperiana (e); $H_{\max} = \ln(S)$ = diversidade máxima. Quanto maior for o valor de H' , maior será a diversidade florística da população em estudo. Por sua vez, o índice de uniformidade pertence ao intervalo [0,1], onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

Estimativas dos parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal

Os dados coletados em campo foram analisados pelo software Mata nativa segundo as fórmulas definidas em Mueller-Dubois e Ellenberg (1974); Martins, (1993) e reforçadas pelas expressões de Curtis e Cottam (1956); Lamprecht (1990) e Mori et al. (1983) e descritas a seguir:

Densidade(D)

Este parâmetro informa a densidade em número de indivíduos por unidade de área, com que a espécie ocorre no povoamento. Assim, maiores valores de DA_i e DR_i indicam a existência de um maior número de indivíduos por hectare da espécie no povoamento amostrado.

$$DA_i = n_i / A \quad DR_i = (DA_i / DT) \times 100 \quad DT = N / A$$

em que: DA_i = densidade absoluta da *i*-ésima espécie, em número de indivíduos por hectare; n_i = número de indivíduos da *i*-ésima espécie na amostragem; N = número total de indivíduos amostrados; A = área total amostrada, em hectare; DR_i = densidade relativa (%) da *i*-ésima espécie; DT = densidade total, em número de indivíduos por hectare (soma das densidades de todas as espécies amostradas).

Frequência(F)

Este informa com que frequência, a espécie ocorre nas unidades amostrais. Assim, maiores valores de FA_i e FR_i indicam que a espécie está bem distribuída horizontalmente ao longo do povoamento amostrado.

$$FA_i = (u_i / u_t) \times 100 \quad FR_i = (FA_i / \sum_{i=1}^P FA_i) \times 100$$

em que: FA_i = frequência absoluta da *i*-ésima espécie na comunidade vegetal; FR_i = frequência relativa da *i*-ésima espécie na comunidade vegetal; u_i = número de unidades amostrais em que a *i*-ésima espécie ocorre; u_t = número total de unidades amostrais; P = número de espécies amostradas.

Dominância (Do)

Este parâmetro também informa a densidade da espécie, porém em termos de área basal, indicando sua dominância sob esse aspecto. Assim, maiores valores de DoA_i e DoR_i indicam que a espécie exerce dominância no povoamento amostrado em termos de área basal por hectare.

$$DoA_i = AB_i / A \quad DoR = (DoA_i / DoT) \times 100 \quad DoT = ABT / A \quad ABT = \sum_{i=1}^S AB_i$$

Em que: DoA_i = dominância absoluta da *i*-ésima espécie, em m^2 /hectare; AB_i = área basal da *i*-ésima espécie, em m^2 , na área amostrada; A = área amostrada, em hectare; DoR_i = dominância relativa (%) da *i*-ésima espécie; DoT = dominância total, em m^2 /hectare.

Valor de importância das espécies (VI_i)

Este parâmetro é a somatória dos parâmetros relativos de densidade, dominância e frequência das espécies amostradas, informando a importância ecológica da espécie em termos de distribuição horizontal.

$$VI_i = DR_i + DoR_i + FR_i \quad VI_i (\%) = VI_i / 3$$

Distribuição espacial das espécies (agregação)

Foi analisado por meio da estimativa de índices de agregação por dois métodos: I) Índice de MacGuinnes e II) Índice de Payandeh.

Índice de Agregação de MacGuinnes

Este índice estima o grau de agregação da espécie, em termos das densidades observada (D_i) e esperada (d_i), da seguinte forma:

$$IGA_i = D_i / d_i \quad D_i = n_i / u_t \quad d_i = - \ln (1 - f_i) \quad f_i = u_i / u_t$$

em que: IGA_i = índice de MacGuinnes para a *i*-ésima espécie; D_i = densidade observada da *i*-ésima espécie; d_i = densidade esperada da *i*-ésima espécie; f_i = frequência absoluta da *i*-ésima espécie; n_i = número de indivíduos da *i*-ésima espécie; u_i = número de unidades amostrais em que a *i*-ésima espécie ocorre; u_t = número total de unidades amostrais.

Sua classificação obedece a escala: $IGA_i < 1$: distribuição uniforme; $IGA_i = 1$: distribuição aleatória; $1 < IGA_i \leq 2$: tendência ao agrupamento; $IGA_i > 2$: distribuição agregada ou agrupada.

Índice de Payandeh

Este índice determina o grau de agregação da espécie por meio da relação entre a variância do número de árvores por parcela e a média do número de árvores, sendo obtido pela expressão:

$$P_i = S_i^2 / M_i$$

em que: P_i = Índice de Payandeh para i -ésima espécie; S_i^2 = variância do número de árvores da i -ésima espécie; M_i = média do número de árvores da i -ésima espécie.

A classificação do padrão de distribuição espacial dos indivíduos das espécies obedece a seguinte escala: $P_i < 1$: distribuição aleatória ou não-agrupamento; $1 \leq P_i \leq 1,5$: tendência ao agrupamento; $P_i > 1,5$: distribuição agregada ou agrupada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição florística dos fragmentos florestais de várzea e terra firme

Para análise da composição florística e estrutural dos ambientes de várzea e terra firme foram considerados 1777 indivíduos, sendo 903 indivíduos (407 arbóreos e 496 palmeiras) do ambiente de várzea e 874 indivíduos (616 arbóreos e 258 palmeiras) do ambiente de terra firme. A distribuição do número de indivíduos por classe de diâmetro segue uma função clássica de uma distribuição normal negativa, com concentração elevada de indivíduos nas classes menores de DAP e poucos nas classes maiores (Figura 2).

A distribuição diamétrica em forma de “J” invertido parece ser uma característica das florestas tropicais, onde a maioria dos indivíduos ocorre nas primeiras classes de diâmetro, diminuindo nas classes seguintes. Seguindo, portanto, à tendência de florestas tropicais multiâneas (JARDIM, 1995; OLIVEIRA, 1997; RABELO, 1999; ROSA, 2002). No presente estudo, apesar da pouca presença de árvores com diâmetros acima de 100 cm (5 árvores), a distribuição diamétrica mostrou uma estrutura primária (PASCAL e PELISSIER, 1996).

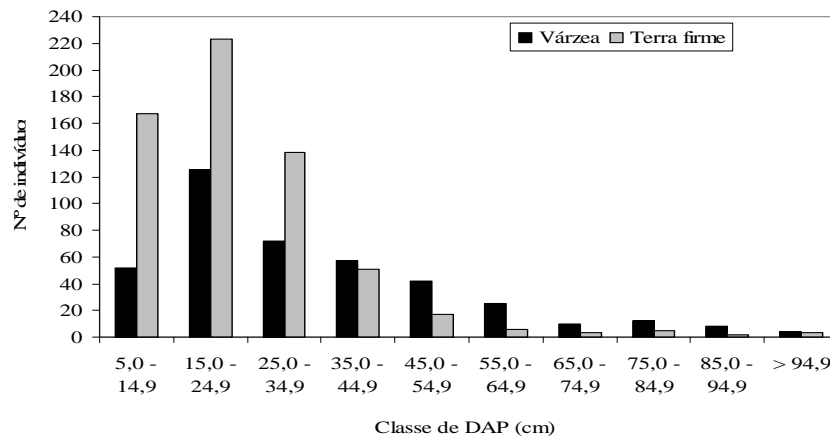


FIGURA 2: Distribuição do número de indivíduos por classe de diâmetro, exceto palmeiras, encontradas nos fragmentos florestais de várzea e terra firme, Ilha de Santana, Amapá.

FIGURE 2: Distribution of the number of individuals per diameter class, except palm trees, found in forest fragments of floodplain and mainland, Ilha de Santana, Amapá.

Espécies e famílias

Os 1777 indivíduos amostrados nos 3 hectares estudados dos ambientes de várzea (1,55 hectares) e terra firme (1,45 hectares) pertencem a 37 famílias, 50 gêneros e 60 espécies. Apenas 20 espécies (33%) foram identificadas somente até o nível genérico. O ambiente de terra firme totalizou 874 indivíduos pertencendo a 37 famílias, 73 gêneros e 102 espécies. Somente 30 espécies (29%) foram identificadas apenas até o nível genérico.

TABELA 1: Número de indivíduos e táxons nos ambientes de várzea e terra firme presente no inventário florístico na Ilha de Santana, Santana, Amapá.

TABLE 1: Number of individuals and taxa in environments of floodplain and mainland present in the floristic inventory in Ilha de Santana, Santana, Amapá.

	Várzea	Terra Firme	Total
Nº. de indivíduos	903	874	1777
Nº. de espécies	60	102	159
Nº. de gêneros	50	73	105
Nº. de famílias	19	37	41
Nº. spp exclusivas	57 (95%)	99 (98%)	156
Nº. spp raras ¹	18 (30%)	35 (34%)	52 (33%)

¹ espécies que apresentam densidade absoluta ≤ 1 indivíduo por hectare. species with absolute density ≤ 1 individual per hectare.

Muitas espécies ocorrem exclusivamente em um dos ambientes, 57 (95%) para várzea e 99 (98%) para terra firme. No total, as espécies que ocorrem em apenas um dos ambientes representam 98% do total de espécies amostradas nos dois ambientes. Aproximadamente 1/3 das espécies (30-34%) apresentou apenas um indivíduo por hectare e poucas espécies contribuem com mais de 10 indivíduos por hectare (Figura 3), mostrando a baixa densidade das populações de indivíduos adultos e uma porcentagem relativamente alta (42%) de espécies com distribuição agregada para a escala de um hectare.

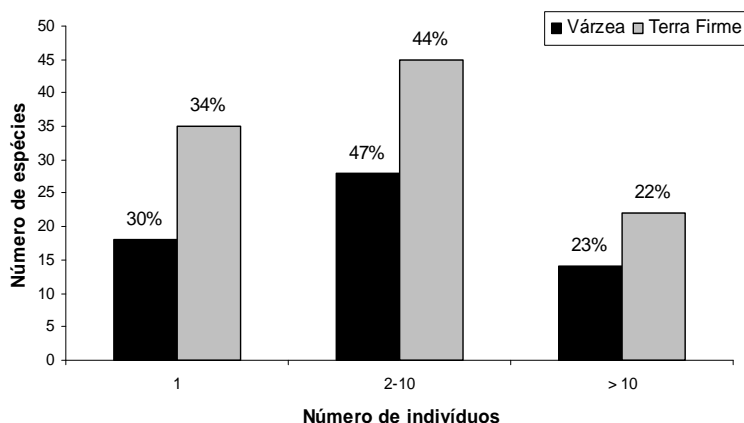


FIGURA 3: Distribuição do número de espécies em função do número de indivíduos amostrados em cada um dos ambientes (várzea e terra firme) na Ilha de Santana, Santana, Amapá.

FIGURE 3: Distribution of the number of species depending on the number of individuals sampled in each environment (floodplain and mainland) on the island of Santana, Santana, Amapá.

Para o ambiente de várzea os demais 407 (45%) indivíduos arbóreos foram distribuídos em 18 famílias, 42 gêneros e 53 espécies. A família Fabaceae (leguminosas) foi a que apresentou o maior número de espécies 15 (28%), sendo composta por 164 indivíduos (40%) seguida da família Meliaceae com 52 indivíduos. As famílias Acanthaceae, Anacardiaceae, Apocynaceae, Celastraceae, Combretaceae, Melastomataceae e Myristicaceae foram representadas por apenas uma espécie.

Das 19 famílias amostradas 42% estão representadas por menos de dez indivíduos e as 4 (21%) famílias melhor representadas (Arecaceae, Fabaceae, Meliaceae e Clusiaceae) contribuem com 81,4% dos indivíduos amostrados.

Da mesma forma para o ambiente de terra firme a família Arecaceae apresentou o maior número de indivíduos com 258 (29%), distribuídos em quatro espécies com destaque para *Astrocaryum mumbaca* Mart. e *Oenocarpus bacaba* Mart. com 188 e 50 indivíduos respectivamente. O ambiente de terra firme totalizou 616 (71%) indivíduos arbóreos pertencendo a 98 espécies e distribuídos em 36 famílias. As famílias Fabaceae e Myrtaceae apresentaram na suas composições os maiores números de espécies, 14 e 10 respectivamente. Lecythidaceae (105) e Myrtaceae (102) tiveram os maiores números de indivíduos presentes no ambiente de terra firme.

Para o ambiente de terra firme, do total de 37 famílias amostradas 20 (54%) são compostas por menos de 10 indivíduos, sendo que as 4 famílias mais bem representadas (Arecaceae, Lecythidaceae, Myrtaceae e Bignoniaceae) contribuem com 61,1% dos indivíduos amostrados.

Análise da diversidade dos fragmentos florestais de várzea e terra firme

Os dois ambientes estudados mostram padrões semelhantes para as curvas do índice de Shannon-Weaver (H') pela área (Figura 4). O padrão de semelhança entre as curvas por unidade de amostra acumulativa indica que os ambientes estudados apresentam um comportamento homogêneo no incremento de diversidade por unidade de área sendo que em qualquer ambiente na região, em mesmas condições, provavelmente terá um desempenho semelhante quanto à diversidade. A curva do índice de Shannon-Weaver, acumulativa para os dois ambientes, parece haver apenas uma tendência assintótica, variando muito pouco a partir da unidade 10 para o ambiente de várzea e da unidade 15 para o ambiente de terra firme.

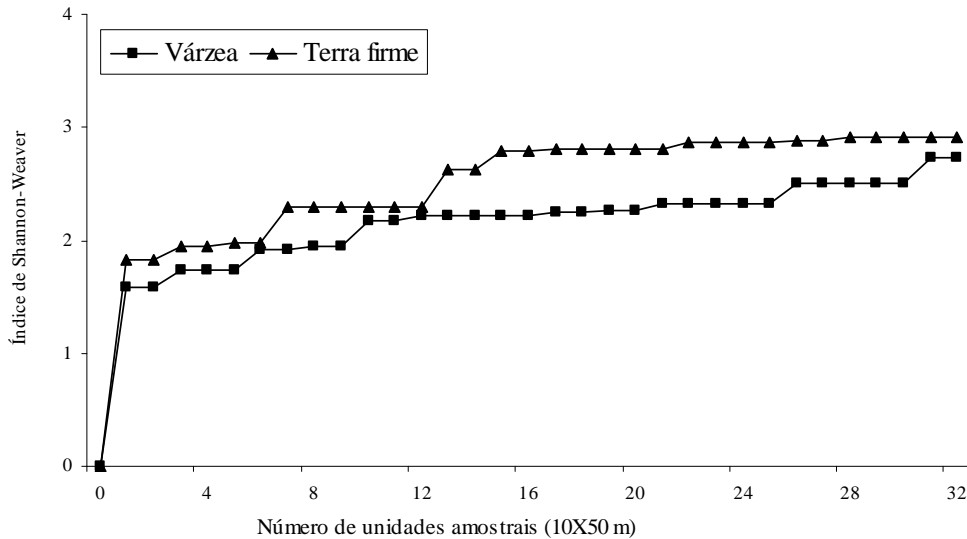


FIGURA 4: Desempenho do índice de Shannon-Weaver, em relação ao incremento de área amostral para os ambientes de várzea e terra firme na Ilha de Santana, Santana, Amapá.

FIGURE 4: Performance of the Shannon-Weaver index, increased over the sampling area for environments of floodplain and mainland on the island of Santana, Santana, Amapá.

Os índices de diversidade, dominância e uniformidade mostrados na Tabela 2, indicam que os fragmentos florestais de várzea e terra firme apresentam expressiva diferença na sua composição florística, o que já era de se esperar, uma vez que são ambientes com características estruturais muito diferentes. A composição florística do ambiente de terra firme foi superior do que a composição florística do ambiente de várzea em todos os parâmetros analisados.

Considerando as áreas totais amostradas de cada fragmento florestal em estudo, os índices de Shannon-Weaver encontrados nos ambientes de várzea e terra firme foram: 2,76 e 3,59, respectivamente. A diversidade encontrada pelo índice de Shannon-Weaver na área de estudo, que também expressa a riqueza e a uniformidade florística da população, está dentro dos padrões encontrados em trabalhos realizados na Amazônia brasileira (YARED, 1996; RABELO, 1999; ROSA, 2002). O valor do índice de diversidade de Shannon-Weaver para a vegetação, normalmente oscila entre 1,5 e 3,5, raramente ultrapassando 4,5 (MARGALEF, 1972).

Observa-se que os índices mais elevados relacionam-se com os fragmentos florestais de terra firme quando comparados com os fragmentos de várzea, mostrando que ambos os ambientes são bastante diversificados. O índice de dominância de Simpson indica que os ambientes apresentam elevada dominância, ficando entre 59% e 86% para o ambiente de várzea e 65% e 91% para o ambiente de terra firme a probabilidade de amostrar dois indivíduos ao acaso que pertençam à mesma espécie. A uniformidade também é muito alta, indicando que os valores gerais de diversidade de Pielou são muito próximos ao máximo esperado para o número de espécies em ambos os ambientes.

TABELA 2: Número de indivíduos, número de espécies, índices de diversidade de Shannon-Weaver (H'), uniformidade de Pielou (C) e dominância de Simpson (J), calculado por parcelas.

TABLE 2: Number of individuals, number of species, diversity indices of Shannon-Weaver (H'), Pielou uniformity (C) and Simpson dominance (J), calculated by installments.

Fragmentos de várzea						Fragmentos de terra firme					
Parcelas	Nº de indivíduos	Nº de espécies	H'	C	J	Parcelas	Nº de indivíduos	Nº de espécies	H'	C	J
1	58	16	2,25	0,86	0,81	1	48	22	2,62	0,91	0,85
2	76	19	1,94	0,72	0,66	2	64	22	2,80	0,94	0,91
3	70	15	1,59	0,63	0,59	3	36	10	1,95	0,82	0,85
4	75	24	2,73	0,92	0,86	4	54	14	1,82	0,70	0,69
5	92	11	1,73	0,76	0,72	5	65	16	1,98	0,76	0,71
6	55	12	1,91	0,80	0,77	6	64	25	2,88	0,94	0,89
7	62	18	2,27	0,85	0,79	7	85	23	2,81	0,93	0,89
8	61	16	2,17	0,83	0,78	8	183	35	2,92	0,93	0,82
9	106	20	2,22	0,82	0,74	9	191	33	2,29	0,75	0,65
10	124	26	2,50	0,88	0,77	10	84	31	2,87	0,92	0,84
11	124	26	2,32	0,83	0,71	—	—	—	—	—	—
Geral	903	60	2,76	0,87	0,67	Geral	874	102	3,59	0,94	0,78

Análise dos parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal

Na Tabela 3 apresenta-se as dez espécies com os maiores valores de importância (VI). Ressalta-se, que as espécies *Astrocarym munbaca* e *Oenocarpus bacaba* (terra firme) e *Euterpe oleracea* e *Astrocarym murumuru* (várzea) pertencentes à família *Arecaceae*, apesar de não possuírem dominância registrada, estão entre as dez espécies mais importantes ecologicamente de seus ambientes.

TABELA 3: Valores relativos de densidade, frequência, dominância e valor de importância (VI) entre as dez espécies mais importantes dentro de cada um dos ambientes.

TABLE 3: Relative values of density, frequency, dominance and importance value (VI) among the ten most important species in each environment.

Terra firme					Várzea				
Espécie	DR	FR	DoR	VI	Espécie	DR	FR	DoR	VI
<i>Astrocarym munbaca</i>	21,51	3,03	—	24,54	<i>Mora paraensis</i>	6,87	3,94	23,11	33,92
<i>Lecythis usitata</i>	3,89	3,46	15,81	23,16	<i>Euterpe oleracea</i>	25,5	5,42	—	31
<i>Jacaranda copaia</i>	7,09	3,9	11,59	22,58	<i>Astrocarym murumuru</i>	22,1	4,93	—	27,07
<i>Dipterix odorata</i>	0,92	0,43	9,27	10,62	<i>Carapa guianensis</i>	5,54	4,43	7,55	17,52
<i>Holopyxidium jarana</i>	3,78	3,03	3,05	9,86	<i>Virola surinamensis</i>	4,54	3,45	8,87	16,86
<i>Eschweilera ovata</i>	3,09	3,03	2,59	8,71	<i>Spondias mombin</i>	2,66	1,97	10,2	14,82
<i>Myrciaria sp</i>	4	3,46	0,99	8,45	<i>Pentaclethra macroloba</i>	3,65	4,93	3,45	12,03
<i>Oenocarpus bacaba</i>	5,72	1,73	—	7,45	<i>Swartzia cardiosperma</i>	2,1	3,45	3,5	9,05
<i>Campomanesia sp</i>	1,72	2,6	2,98	7,3	<i>Hura crepitans</i>	0,33	1,48	6,36	8,17
<i>Didymopanax morototoni</i>	1,95	1,3	3,25	6,49	<i>Pterocarpus amazonicus</i>	1,33	3,45	2,84	7,62

— Dados numéricos não disponíveis devido à espécie não apresentar medição de altura e DAP. Numerical data not available due to species not present measurement of height and DBH.

No ambiente de terra firme essas espécies correspondem a mais da metade (54%) do número total de indivíduos registrados e a 49% da área basal estimada. As espécies *Jacaranda copaia* (90%), *Myrciaria sp* e *Lecythis usitata* (80%) apresentaram as melhores regularidades em termos de distribuição espacial.

No ambiente de várzea as dez espécies mais importantes respondem por 75% do número de indivíduos e também por 66% da área basal. A *Euterpe oleracea* foi a única espécie que apresentou 100% de densidade absoluta, ou seja, apresenta regularidade em termos de distribuição espacial, seguida de *Astrocarym murumuru* e *Pentaclethra macroloba* ambas com 90,91% de presença nas unidades amostrais.

Observando-se as estruturas horizontais dos ambientes estudados, nota-se que o número de indivíduos (n_i) muito elevado para as espécies da família *Arecaceae*, favoreceu de sobre maneira os valores finais de densidade absoluta, de modo que em termos finais do valor de importância (VI), mesmo não sendo computados os valores de dominância das espécies.

Curva espécie/área

Analisando-se a curva espécie/área, a qual relaciona o aparecimento de novas espécies em função da área acumulada das unidades amostradas (Figura 5), verifica-se o surgimento de novas espécies à medida em que se aumenta o número de unidades de amostra. No que se refere às amostras do ambiente de várzea (Figura 5A), a distribuição do número de espécies por unidade amostral, que segue uma função clássica de potenciação, tendeu a estabilizar-se em três momentos: (14, 18 e 20 espécies), em dimensões de áreas menores do que as utilizadas na amostragem para as espécies arbóreas com $5 \text{ cm} \geq \text{DAP} \leq 15 \text{ cm}$., parecendo haver uma leve tendência assintótica da curva ao eixo do x a partir da unidade de amostra número 29, ou seja, estabilizando-se em dimensões de área menores do que as utilizadas no ambiente estudado.

No que se refere à construção da curva espécie/área para o ambiente florestal de terra firme (Figura 5B), a mesma tendeu a estabilizar-se, a partir da amostra 29, demonstrando: que o ponto de interseção das duas linhas, oscila à medida que é aumentada a área amostral com o surgimento de poucas espécies novas, o que não deverá alterar expressivamente os valores encontrados.

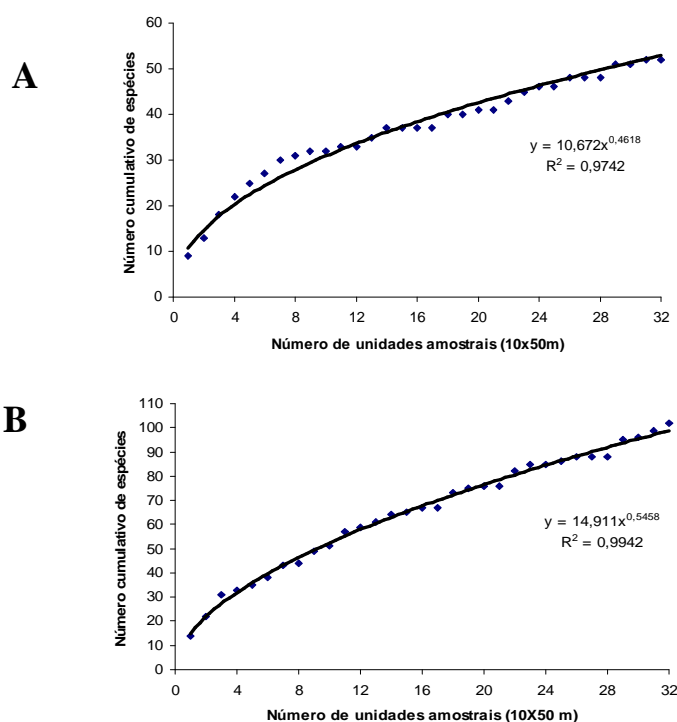


FIGURA 5: Curva espécie/área para árvores com $\text{DAP} \geq 15 \text{ cm}$ encontradas na área amostral do ambiente de várzea (A) e ambiente de terra firme (B).

FIGURE 5: Curvespecies/area fortrees with $\text{DAP} \geq 15 \text{ cm}$ foundin the sampled areaof thefloodplain environment(A) and mainlandenvironment(B).

Distribuição espacial das espécies (agregação)

Nos valores obtidos para os índices do ecossistema de várzea, observa-se que a distribuição espacial para o índice de MacGuinnes indicou que a maioria (30 espécies) apresentaram padrão de distribuição uniforme ou regular ($\text{IGA}_i < 1$), enquanto que 19 espécies apresentaram tendência ao agrupamento ($1 < \text{IGA}_i \leq 2$). 11 espécies tiveram distribuição agregada ($\text{IGA}_i > 2$). Para o índice de Payandeh o maior número de espécies (29) seguiu o padrão de distribuição não aleatório ou não agrupado, enquanto que 25 espécies mostraram distribuição do tipo agregada ou agrupada e finalmente 6 espécies mostraram tendência ao agrupamento.

Os resultados obtidos por ambos os índices evidenciam, que os padrões de distribuição espacial das espécies independentemente do índice aplicado são muito próximos para a maioria das espécies estudadas no ecossistema de várzea.

O índice de MacGuinnes para a maioria das espécies (46) foi do tipo uniforme, seguido da distribuição agregada com 30 espécies e finalizando com 26 espécies que mostraram distribuição com tendência ao agrupamento. Com relação ao índice de Payandeh foi evidenciado que a distribuição

espacial das espécies ficou restrita aos dois extremos da classificação. Sendo, que a distribuição agregada ou agrupada foi verificada em 52 espécies, enquanto que a distribuição não agrupada ou aleatória foi evidenciada em 46 espécies, e somente 4 espécies indicaram seguir a distribuição tendência ao agrupamento.

Os resultados de distribuição espacial encontrados para as espécies nos dois ecossistemas, alternaram-se entre distribuição desde uniforme até agrupada, tal alternância podem estar refletindo a ocorrência de perturbações (clareiras) naturais ou de ação antrópica de diferentes intensidades nas áreas levantadas. Dessa forma, a presença de uma ou mais árvores porta sementes próxima a uma pequena área perturbada proporcionaria uma distribuição aleatória ou regular, enquanto que áreas maiores ou pequenas áreas muito próximas permitiriam a formação de agrupamento da espécie.

CONCLUSÃO

Os resultados das análises realizadas permitiram concluir que:

a) A composição florística dos ecossistemas é bastante heterogênea, o que sugere a indicação de muitas espécies para o arranjo de sistemas agroflorestais, embora a diversidade florística do ecossistema de terra firme é bem mais expressiva do que na várzea;

b) A composição florística do fragmento florestal de várzea está representada por 19 famílias, 50 gêneros e 60 espécies, sendo *Arecaceae*, *Fabaceae* (*Leguminosae*), *Meliaceae* e *Clusiaceae* as famílias com maior quantidade de espécies;

c) A composição florística do fragmento florestal de terra firme está representada por 37 famílias, 73 gêneros e 102 espécies, as famílias *Arecaceae*, *Lecythydaceae*, *Myrtaceae* e *Bignoniaceae*, são as que apresentaram o maior número de indivíduos;

d) As espécies e as famílias de maior importância fitossociológica no ecossistema de várzea foram: *Mora paraensis* (*Fabaceae*), *Euterpe oleracea* (*Arecaceae*), *Astrocaryum murumuru* (*Arecaceae*), *Carapa guianensis* (*Meliaceae*), *Virola surinamensis* (*Myristicaceae*), *Spondias mombin* (*Anacardiaceae*), *Pentaclethra maculosa* (*Fabaceae*), *Swartzia cardiosperma* (*Fabaceae*), *Hura crepitans* (*Euphorbiaceae*) e *Pterocarpus amazonicus* (*Fabaceae*);

e) As espécies (família) de maior importância fitossociológica para o ecossistema de terra firme foram: *Astrocaryum munbaca* (*Arecaceae*), *Lecythis usitata* (*Lecythydaceae*), *Jacarandá copaia* (*Bignoniaceae*), *Dipterix odorata* (*Fabaceae*), *Holopyxidium jarana* (*Lecythydaceae*), *Eschweilera ovata* (*Lecythydaceae*), *Myrciaria* sp (*Myrtaceae*), *Oenocarpus bacaba* (*Arecaceae*), *Campomanesia* sp (*Myrtaceae*) e *Didymopanax morototoni* (*Araliaceae*);

f) Apesar da forte pressão antrópica exercida sobre a vegetação nativa ainda é possível observar que os fragmentos florestais estudados apresentaram uma elevada heterogeneidade florística, indicando que muitas espécies são responsáveis pela manutenção da fisionomia estrutural da vegetação nos ecossistemas estudados;

g) Torna-se necessário desenvolver estratégias relacionadas à implementação do manejo florestal sustentado das espécies nativas, tais estratégias, devem estar direcionadas, sobretudo, para a silvicultura e agrofloresta, visando minimizar a pressão da atividade agrícola sobre os fragmentos florestais;

h) A elaboração de um plano de expansão e comercialização de produtos florestais não madeireiros poderia estimular de forma decisiva o cultivo de espécies florestais nas UEA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CURTIS, J.T. COTTAM, G, The use of distance measure in phytosociological sampling. **Ecology**, v. 37,1956. p. 451-460.

JARDIM, F. C. S. **Comportamento da regeneração natural de espécies arbóreas em diferentes intensidades de desbastes por anelamento, na região de Manaus-AM**. 1995. 169 f. (Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschbom: GTZ, 1990. 343 p.

MARGALEF, R. Homage to Evelyn Hutchinson, or why there an upper limit to diversity. **Trans. Connect. Acad. Arts Sci.**, v. 44, 1972. p. 211-235.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**.Campinas: UNICAMP, 1993. 246p.

MORI, S.A.; BOOM, B.M.; CARVALHO, A.M.; SANTOS, T. S. Ecology importance of Myrtaceae in an Eastem Brazilian wet forest. **Biotropica**, v. 15, n. 1, 1983. p. 68 – 70.

MUELLER DUBOIS. D, ELLEMBERG. H. **Aims and methods vegetation ecology**.New York: John

Wiley & Sons, 1974. 547p.

OLIVEIRA, A. A. **Diversidade, estrutura e dinâmica do componente arbóreo de uma floresta de terra firme de Manaus, Amazonas.** 1997. 198 f. Tese (Doutorado em Ciências – Área Botânica). Universidade de São Paulo, São Paulo.

PASCAL, J. P.; PELISSIER, R, Structure and floristic composition of a tropical evergreen forest in south-west India, **Journal Tropical Ecology**, v. 12, 1996. p. 191-213.

RABELO, F. G. **Composição florística, estrutura e regeneração de ecossistemas florestais na região estuarina do rio Amazonas, Amapá, Brasil.** 1999. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal Pará, Belém.

ROSA, L. S. **Limites e possibilidades do uso sustentável dos recursos madeireiros e não madeireiros na Amazônia brasileira:** o caso dos pequenos agricultores da Vila Boa Esperança, em Moju, no Estado do Pará. 2002. 304 f. (Tese (Doutorado) – Universidade Federal Pará, Belém.

YARED, J. A. G. **Efeitos de sistemas silviculturais na florística e na estrutura de florestas secundária e primária, na Amazônia Oriental.** 1996. 179 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MODELAGEM DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA DE VÁRZEA NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ-AP

MODELING THE STRUCTURE DIAMETER OF FLOODPLAIN FORESTS IN THE CITY OF MACAPÁ-AP

Jadson Coelho de Abreu¹; José Antonio Aleixo da Silva²; Perseu da Silva Aparício³; Gabriel Paes Marangon⁴; Moises Silva dos Santos⁵; Thyêgo Nunes Alves Barreto⁶

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar a estrutura diamétrica da floresta de várzea do campus da Universidade Estadual do Amapá (UEAP) no município de Macapá-AP utilizando as funções de densidade probabilística. Foram locadas de forma aleatória 12 parcelas de 10x10 m (100 m²), adotando-se como critério de inclusão o Diâmetro à Altura do Peito (DAP) ≥ 10 cm. O número de classes diamétricas foi definido de acordo com a fórmula $[K = 1 + 3,33 \cdot \log(n)]$, em que K = número de classes e n = número de indivíduos amostrados. Para a comunidade estudada foram ajustadas e testadas as funções de densidade e probabilidade de Weibull 3 parâmetros, Normal, Log normal e Gama. No sentido de escolher a função de melhor descrição a respeito da distribuição diamétrica da comunidade estudada, aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov a um nível de 5% de probabilidade. Também se calculou o coeficiente de determinação ajustado para verificar o melhor modelo. Calculou-se a análise de variância considerando a frequência observada como testemunha para verificar se houve diferença significativa entre essa e as frequências geradas pelos modelos. Dos 81 indivíduos amostrados foram geradas sete classes diamétricas com amplitude de 14 cm. Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a função normal difere da frequência observada, já pela análise de variância não há diferença significativa entre as funções e a frequência observada. A estrutura diamétrica mostra que a comunidade em questão não está senescente, com maior abundância de indivíduos jovens do que adultos.

Palavras-chaves: Densidade probabilística, diâmetro, várzea, amazônia.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the diameter structure of floodplain forest on the campus of State University of Amapá (UEAP) in the city of Macapá-AP using the probability density functions. Were located randomly 12 plots of 10x10 m (100 m²), was adopted as inclusion criteria to the diameter at breast height (DBH) ≥ 10 cm. The number of diameter classes was defined according to the formula $[K = 1 + 3.33 \cdot \log(n)]$, where K = number of classes and n = number of individuals sampled. For the community study were tested and adjusted the density functions and probability of three parameters Weibull, Normal, Log Normal and Gama. In order to choose the function better description about the diameter distribution of the population studied, it was applied the Kolmogorov-Smirnov test at 5% level of probability. Also it was calculated the adjusted coefficient of determination to select the best model. It was calculated the analysis of variance considering the observed frequency as a control to verify that there were significant difference among the control and the frequencies generated by the models. Of the 81 individuals sampled seven diameter classes were generated with an amplitude of 14 cm. By the Kolmogorov-Smirnov test, the normal function differs from the observed frequency. Using the analysis of variance no statistical

¹Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N. Dois irmãos, CEP: 52.171-800. Recife (PE). Bolsista do CNPq/PROCAD. jadsoncoelhoabreu@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor do Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos CEP: 52.171-900, Recife (PE). jaaleixo@uol.com.br

³Engenheiro Florestal, MSc., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Avenida. Presidente Vargas, nº 650, Centro. CEP: 68.906-970. Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

⁴Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria – Avenida Roraima, 1000 Cidade Universitária Bairro Camobi CEP: 97105-900 Santa Maria (RS). gabrimarangon@yahoo.com.br

⁵Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N. Dois irmãos, CEP: 52.171-800. Recife (PE). Bolsista do CNPq/PROCAD. moises.florestal@gmail.com

⁶Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N. Dois irmãos, CEP: 52.171-800. Recife (PE). Bolsista do CNPq/PROCAD. thyego_nunes@hotmail.com

difference among the functions and the observed frequency were found. The diameter structure shows that the community in question is not senescent, with greater abundance of young individuals than adults.

Keywords: Probability density, diameter, floodplains, amazon.

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais nativas da Amazônia possuem elevada diversidade de espécies e estrutural, com indivíduos de diferentes idades e tamanhos e, sobretudo características ecofisiológicas distintas, o que torna o seu manejo uma tarefa muito complexa (SOUZA e SOUZA, 2005).

Uma das características da floresta Amazônia é a diversidade de ecossistemas, entre eles estão as várzeas, cuja importância ecológica e socioeconômica para a região é marcante. Desde o processo de ocupação inicial até os dias de hoje, as várzeas mantêm populações ribeirinhas que praticam agricultura, pesca, e extrativismo de madeira e produtos florestais não madeireiros. O ecossistema várzea se localiza em áreas inundáveis da bacia amazônica, cujos solos são constantemente renovados por causa da sedimentação natural que ocorre durante o período em que permanecem submersos. Nesse ambiente, desenvolvem-se plantas adaptadas fisiologicamente e morfológicamente, que apresentam como característica marcante a madeira mais leve que as de espécies de terra firme (GAMA *et al.*, 2003).

As várzeas são ambientes frágeis, com origem e funcionamento ligados à deposição de sedimentos geologicamente recentes, profundamente influenciados pelos regimes de marés e de águas pluviais. São as chamadas planícies de inundação, planícies quaternárias e planícies aluviais. A essas mesmas condições se deve a formação de solos com bons níveis de nutrientes e estoques biológicos ainda precariamente conhecidos (QUEIROZ *et al.*, 2007).

As maiores florestas de várzea do Estado do Amapá ocorrem ao longo da orla amazônica, adentrando pelos estuários e baixos cursos dos inúmeros rios que aí deságuam (AMAPÁ, 2002).

Devido à importância desse ambiente é fundamental a realização de um manejo adequado, mantendo assim a floresta em pé e sua capacidade produtiva, minimizando os impactos ao ambiente.

O uso de modelos de crescimento e produção é uma técnica usada para prognosticar a dinâmica de um povoamento, e independentemente da complexidade estrutural que possam apresentar, todos os modelos de crescimento e produção têm um propósito em comum, que é o de apresentar estimativas das características do povoamento de um ponto específico no tempo (AUSTREGÉSILO *et al.*, 2004)

A distribuição diamétrica baseia na distribuição do número de árvores em classes de diâmetro. Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos para estimativas das distribuições diamétricas em florestas naturais (CORAIOLA e NETO, 2003).

A análise da distribuição em diâmetros é uma ferramenta que pode ser utilizada para se inferir sobre o passado e o futuro das comunidades vegetais, sob o ponto de vista de produção, a estrutura diamétrica de uma floresta permite caracterizar o estoque de madeira disponível antes de uma exploração, além de fornecer informações que auxiliam na tomada de decisões sobre a necessidade de reposição florestal (SANTANA, 2009).

O conhecimento da distribuição de diâmetros por classe é necessário em decisões de manejo florestal sustentável, tanto em povoamentos de estrutura equiânea como naqueles de estrutura multiânea. Entre as técnicas para a representação dessas distribuições, a mais comum é o emprego de funções matemáticas (CAMPOS e LEITE, 2009).

O estudo da distribuição diamétrica é de suma importância tanto na estatística teórica como na aplicada, já que muitas variáveis na natureza se comportam de modo aproximadamente simétrico (BOTREL e VIEIRA, 2005).

Atualmente, a melhor forma de descrever a estrutura diamétrica de uma floresta ou de uma espécie é por meio do emprego de funções de densidade probabilística (FDP). Essas funções vêm sendo utilizadas para a realização de diversas análises acerca da estrutura de variáveis das florestas como distribuição de frequências por classe de diâmetro para diferentes idades, sítios e densidades de povoamentos (MACHADO *et al.*, 2009).

Sendo assim o objetivo deste trabalho foi analisar a estrutura diamétrica da floresta de várzea do campus de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP) no município de Macapá-AP, utilizando as funções de densidade probabilística.

MATERIAL E METODOS

Caracterização da Área

O trabalho foi desenvolvido no campus de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Amapá (UEAP) que ocupa uma área de 11 ha localizada na Zona Sul do município de Macapá-AP com coordenadas geográficas de (0°01'55,02"S e 51°04'42,39" O) (Figura 1). Possui limites ao norte com a uma reserva particular, sul com uma área pertencente a um estabelecimento comercial, leste com o rio Amazonas e a oeste com a rodovia Juscelino Kubitschek.

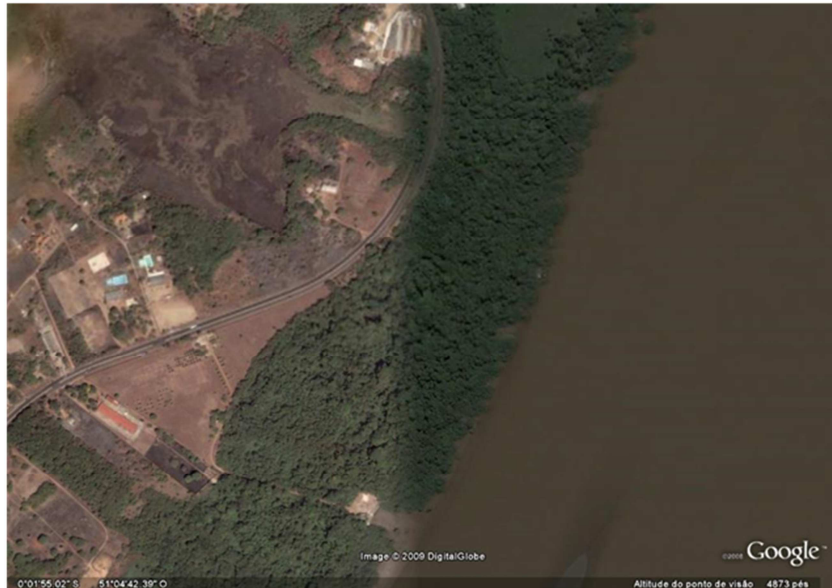


FIGURA 1: Vista aérea da floresta de várzea do campus de Engenharia Florestal da UEAP localizada no município de Macapá-AP (Fonte: LANDSAT7 ETM).

FIGURE 1: Aerial view of the floodplain forest on the campus of Forest Engineering UEAP located in the city of Macapá-AP (Source: LANDSAT7 ETM).

O clima dominante de acordo com a classificação de Köppen é da categoria Ami, com precipitação excessiva durante os meses de janeiro a julho, e um período seco caracterizado por precipitações abaixo de 60 mm nos demais meses do ano. A precipitação média anual é de 2100 mm, com insolação total anual no Estado variando de 1800 a 2200 horas, e déficit hídrico de 353 a 470 mm/ano. A temperatura média gira em torno de 27°C e os valores da umidade média mensal relativa do ar máxima (87%) e mínima (78%) coincidindo, respectivamente, com a estação chuvosa e o período seco de verão (INMET, 2011). O solo da área é do tipo hidromórfico, devido às constantes inundações pelas marés, que mantêm o solo saturado de água e também trazem sedimentos que conferem elevada fertilidade às várzeas.

Amostragem e coleta de dados

Foram locadas de forma inteiramente aleatória 12 parcelas de 10x10 m (100 m²), adotando-se como critério de inclusão para compor a amostragem todas as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) \geq 10 cm e alturas correspondentes.

Análise dos dados

O número de classes diamétricas foi definido pela fórmula utilizada por Higuchi *et al.* (2008) [$K = 1 + 3,33 \cdot \log(n)$], em que K = número de classes e n = número de indivíduos amostrados. Para a comunidade estudada foram ajustadas e testadas às funções de densidade e probabilidade de Weibull 3 parâmetros, Normal, Log normal e Gama (Tabela 1).

No processamento dos dados, utilizou-se o *Software* Microsoft Office Excel (2007). Os parâmetros da distribuição Weibull 3P foram estimados pelo Método dos Mínimos Quadrados, usando a ferramenta Solver, que utiliza o algoritmo linear de gradiente reduzido generalizado (GRG) na interação dos parâmetros. A distribuição Gama foi estimada com o Método dos Momentos. Já a distribuição Normal ficou definida com a média aritmética, variância e o desvio-padrão dos dados originais e a distribuição LogNormal por meio da média aritmética e da variância dos logaritmos neperianos dos dados.

TABELA 1: Funções de densidade probabilística ajustadas para a floresta de várzea do campus de Engenharia Florestal da UEAP, Macapá-AP.
 TABLE1: Adjusted probability density functions for the floodplain forest of the campus of Forest Engineering UEAP, Macapá-AP.

Função	Fórmula	Condições
Weibull 3 parâmetro	$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma}$	Em que: $\alpha, \beta, \gamma =$ parâmetros de localização (α), escala (β) e forma (γ) da distribuição a serem estimados; $X =$ variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (diâmetro em cm);
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$	Em que: $X =$ variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (diâmetro em cm); $\mu =$ média aritmética da variável aleatória x (diâmetro médio em cm); $\sigma =$ desvio padrão da variável aleatória x ; $\sigma^2 =$ é a variância da variável aleatória x ; $e =$ indica a constante “e” de Euler (2,718...); $\pi =$ constante “pi” (3, 1416...).
Log Normal	$f(x) = \frac{1}{X\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln x - \mu)^2}$	Em que: $X =$ variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (diâmetro em cm); $\mu =$ média aritmética da variável aleatória x (diâmetro médio em cm); $\sigma^2 =$ é a variância da variável aleatória x ; $e =$ indica a constante “e” de Euler (2,718...); $\pi =$ constante “pi” (3, 1416...).
Gama	$f(x) = \frac{(X - X_{min})^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{1}{\beta}\right)(x-x_{min})}}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha}$	Em que: $X =$ variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (diâmetro em cm); $\alpha, \beta =$ parâmetros de forma (α) e escala (β) da distribuição a serem estimados; $\Gamma =$ função Gama caracterizada pela seguinte expressão (para qualquer $\alpha \leq 0$): $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty u^{\alpha-1} e^{-u} du$

Validação das funções

No sentido de escolher a função de melhor descrição a respeito da distribuição diamétrica da comunidade estudadas, aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov a um nível de 5% de probabilidade.

$$D_{calc} = \frac{SUP. |F_{o(x)} - F_{e(x)}|}{n}$$

Em que: F_o é a frequência acumulada observada e F_e a frequência estimada pela função densidade de probabilidade.

Calculou-se o Coeficiente de determinação ajustado para verificar qual função melhor se ajustou aos dados de distribuição diamétrica conforme Schneider *et al.* (2009).

$$R^2_{aj} = R^2 - \left[\frac{K - 1}{N - K} \right] \cdot (1 - R^2)$$

Em que $K =$ número de variáveis independentes do modelo, $N =$ número de observações e $R^2 =$ coeficiente de determinação.

Além do teste de Kolmogorov-Smirnov também foi feita a análise da variância, considerando a frequência observada como testemunha, sendo que se F calculado não for significativo, a frequência observada não se difere das frequências estimadas pelas funções.

Calculou-se a intensidade amostral e o erro de amostragem, obtidos conforme as expressões a seguir (SANQUETA *et al.*, 2009):

a) Intensidade amostral:

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 S^2}{E^2}$$

Em que n= Número de unidades amostrais, t_{α}^2 = valor tabelado ao quadrado, S^2 = variância da frequência de indivíduos nas unidades amostrais, E^2 = limite de erro admissível no inventário.

b) Erro de amostragem:

$$E(\%) = \frac{t_{\alpha} S_{\bar{X}}}{\bar{X}} \cdot 100$$

Sendo que E(%)= erro de amostragemem percentagem, t_{α} = valor tabelado, $S_{\bar{X}}$ = erro padrão, \bar{X} = média aritmética do número de indivíduos nas unidades amostrais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do cálculo de intensidade amostral com um erro admissível de 20% se obteve o resultado de 11 parcelas, sendo que a amostragem com 12 parcelas realizada para este trabalho foi mais que suficiente para estimar a variável de interesse para a população estudada. O erro de amostragem foi 18%, portanto abaixo do admissível. Na floresta de várzea estudada, foram amostrados 81 indivíduos com uma área basal de 10,01 m²/ha, distribuídos em 14 famílias botânicas, 27 espécies. A riqueza de espécies (27) foi inferior ao encontrado por Queiroz *et al.* (2007) em área de várzea no estado do Amapá e por Gamaet *al.* (2002) em floresta explorada de várzea baixa localizada no município de Afuá, no norte do Estado do Pará. Nos Estudos de Oliveira e Amaral (2004), em área de várzea na Amazônia central de Abreu *et al.* (2008), com regeneração natural, foram encontradas mais de 100 espécies

O cálculo do número de classes diamétricas, que considera o número de indivíduos amostrados, gerou sete classes de diâmetro com amplitude de 14 cm, como pode ser visto na Figura 2.

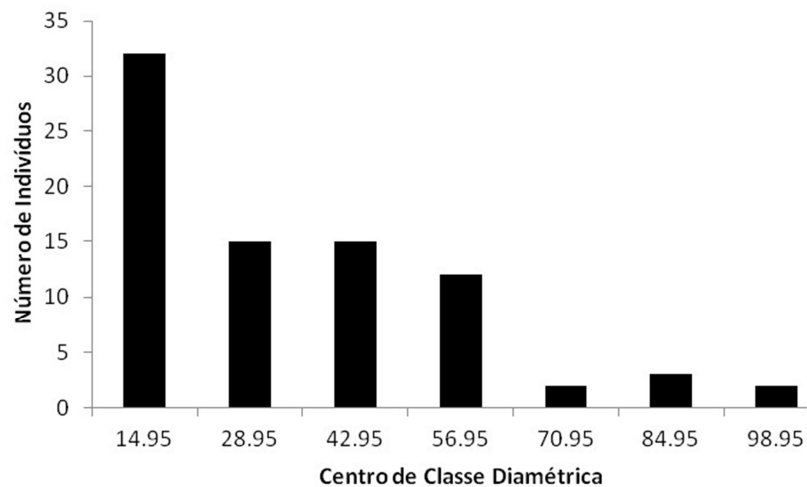


FIGURA 2: Histograma de distribuição de frequência de número de indivíduos por centro de classes diamétricas, na floresta de várzea do campus de Engenharia Florestal da UEAP, Macapá-AP.

FIGURE2: Histogram offrequency distribution of number of patients per center class diamétricas na floodplain forest of the campus of Forest Engineering UEAP, Macapá-AP.

A distribuição diamétrica se comportou na forma de J invertido que segundo Alves Junior *et al.*, (2009) é o previsto para florestas inequínêas. Araújo *et al.*, (2006) afirmaram que quando o histograma do “J invertido” se aproxima das classes superiores, há um decréscimo no número de indivíduos, refletindo em um estande florestal composto, em sua maioria, por populações jovens, em pleno desenvolvimento. Já para Machado *et al.*, (2004) a grande quantidade de indivíduos nas classes de menor diâmetro pode indicar que o regime de perturbação é relativamente intenso e contínuo.

Para estimar as funções de distribuição diamétrica, seguem os parâmetros estimados (coeficientes) na tabela 1 obtidos pelos ajustes dos modelos, em questão representados os valores dos

coeficientes utilizados nas funções de densidade probabilística para a área de estudo.

TABELA2: Parâmetros estimados das funções de densidade probabilística para a floresta de várzea do campus de Engenharia Florestal da UEAP, Macapá-AP.

TABLE 2: Estimated parameters of the probability density functions for the floodplain forest of the campus of Forest Engineering UEAP, Macapá-AP.

Função	Coeficientes
Weibull 3P	a= 7,95 b= 29,45 c= 0,97
Normal	$s^2 = 522,62$ s= 22,86 $\bar{X} = 34,16$
LogNormal	$s^2 = 0,445$ $\bar{X} = 3,31$
Gama	a= 1,31 b= 19,94 $\hat{\gamma} = 0,89$

Na tabela 3, estão representados os valores calculados para o teste de Kolmogorov-Smirnov, nos quais ocorre aceitação da hipótese de nulidade quando os mesmos são inferiores aos valores tabelados, provando que o modelo delineia de forma adequada o conjunto de dados. Já quando os valores calculados são superiores aos tabelados, apresentando significância, faz-se a idéia de que os mesmos não descrevem o conjunto de dados.

Diante das estatísticas das distribuições estudadas, verificam-se que as funções LogNormal e Weibull 3 parâmetros, foram as que melhor descreveram a distribuição diamétrica da comunidade estudada, já a função Normal verificou-se que seu Dcal foi superior ao tabelado, mostrando que essa função não conseguiu descrever a estrutura diamétrica da comunidade.

TABELA 3: Teste de Kolmogorov-Smirnov, coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) para a floresta de várzea do campus de Engenharia Florestal da UEAP, Macapá-AP

TABLE3: Kolmogorov-Smirnov test, coefficient of determination (R^2_{aj}) for the floodplain forest of the campus of Forest Engineering UEAP, Macapá-AP

Função	Parâmetros
Weibull 3P	Dtab=0,15 Dcal=0,08 $R^2_{aj}=0,91$
Normal	Dtab=0,15 Dcal=0,22 $R^2_{aj}=0,48$
LogNormal	Dtab=0,15 Dcal=0,07 $R^2_{aj}=0,86$
Gama	Dtab=0,15 Dcal=0,09 $R^2_{aj}=0,90$

Com relação ao coeficiente de determinação ajustado a função Weibull foi a que melhor se ajustou aos dados de distribuição diamétrica, seguida da função Gama e Log normal, a função Normal foi a que menos se ajustou aos dados.

Já pela análise de variância (Tabela 3) considerando a frequência observada como testemunha, o valor de F calculado não foi significativo, inferindo-se que as frequências geradas pelos modelos não são diferentes da frequência real, mostrando que não se rejeita a hipótese de nulidade, sendo todas as frequências semelhantes estatisticamente.

TABELA 4: Análise de variância (ANOVA) para a frequência real e as frequências geradas pelos modelos de densidade probabilística na floresta de várzea do campus de Engenharia Florestal da UEAP, Macapá-AP.

TABLE 4: Analysis of variance (ANOVA) for the actual frequency and the frequencies generated by the probabilistic density models in floodplain forest of the campus of Forest Engineering UEAP, Macapá-AP.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Tratamentos	10,8348	4	2,708699	0,024717	0,998744	2,689628
Erro	3287,659	30	109,5886			
Total	3298,494	34				

Na Figura 3, seguem as distribuições diamétricas, nas quais foram representadas as funções de densidade probabilística que descreveram os dados nas classes diamétricas.

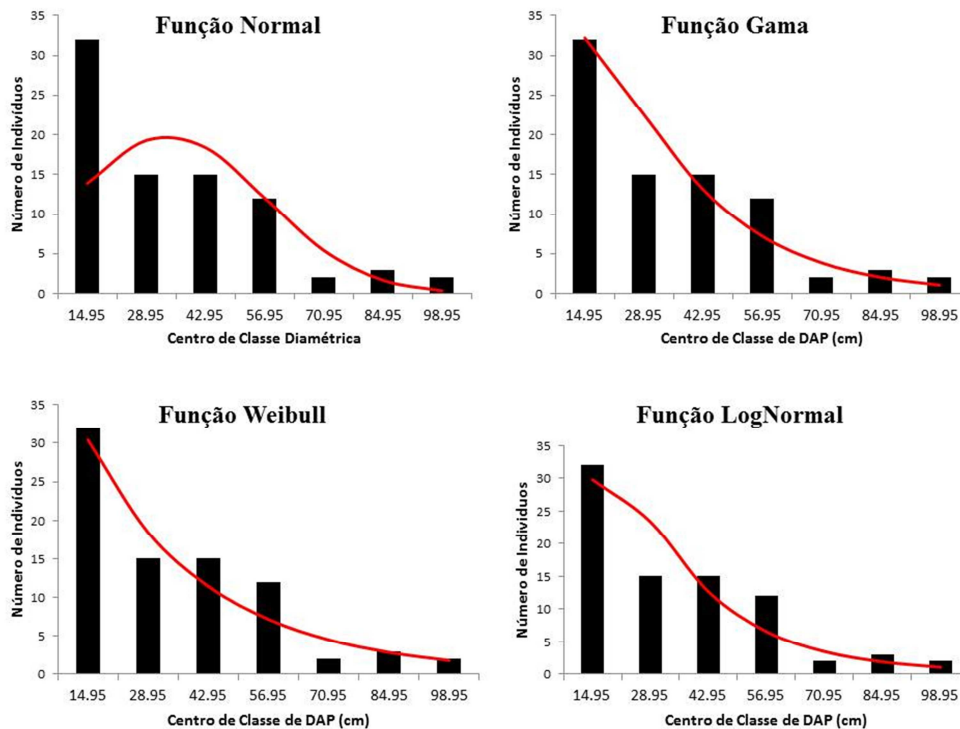


FIGURA 3: Funções ajustadas com suas curvas de distribuições diamétricas em uma floresta de várzea do campus de Engenharia Florestal da UEAP, Macapá-AP.

FIGURE 3: Adjusted functions with their curves of diameter distributions in a floodplain forest on the campus of Forest Engineering UEAP, Macapá-AP.

CONCLUSÃO

A função que melhor se ajustou aos dados foi a função Weibull, e a que menos se ajustou foi a função Normal.

Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a distribuição gerada pela função Normal difere estatisticamente da frequência observada.

Pela análise de variância observou-se que não há diferença estatística entre a frequência observada e as frequências geradas pelas funções.

A estrutura diamétrica mostra que a comunidade em questão não está senescente, com maior abundância de indivíduos jovens do que adultos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. C.; LIRA, A. C. S.; APARICIO, P. S.; SILVA, W. C.; SANTOS, V. S. Regeneração arbórea de uma área de mata ciliar no município de Macapá-AP, In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEAP, 1, 2008, Macapá, *Anais...* Macapá, 2008.

ALVES JUNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; COSTA JUNIOR, R. F. Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende,

- Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.13, n.3, p.328-333, 2009.
- AMAPÁ. Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá. **Macrodiagnóstico do estado do Amapá**: primeira aproximação do zoneamento ecológico econômico. Macapá: IEPA – ZEE, 2002. 140 p.
- ARAÚJO, F.S.; MARTINS, S.V.; MEIRA NETO, J.A. A; LANI, J.L; PIRES, I.E. Estrutura da Vegetação Arbustivo-Arbórea Colonizadora de uma Área Degradada por Mineração de Caulim, Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.107-116, 2006.
- AUSTREGÉSILO, S. L; FERREIRA, R. L. C; SILVA, J. A. A; SOUZA, A. L; MEUNIER, I. M. J; SANTOS, E. S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.227-232, 2004
- BOTREL, M. C. G.; VIEIRA, F. A. Análise da distribuição diamétrica de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Shillex maiden* cultivadas em lavras – MG. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.3, n.6, 2005.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 3ªed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 470p. 2006.
- CORAIOLA, M.; NETTO, S. P. Análise da estrutura dimensional de uma floresta estacional semidecidual localizada no município de cássia-mg: estrutura diamétrica, **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba-PR, v.1, n.3, p. 11-24, 2003.
- GAMA, J. R. V; BOTELHO, S. A; BENTES-GAMA, M. M; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, estado do Pará. **Revista Ciências Florestais**, Santa Maria-RS. v.13, n.2, p.71-82, 2003.
- GAMA, J. R. V; BOTELHO, S. A; BENTES-GAMA, M. M. Composição Florística e Estrutura da Regeneração Natural de Floresta Secundária de Várzea Baixa no Estuário Amazônico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.5, p.559-566, 2002.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N. **Biometria Florestal**. Instituto nacional de pesquisas da Amazônia coordenação de pesquisas em silvicultura tropical laboratório de manejo florestal – Imf. Manaus-AM. 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-NHMET. **Climas**, Disponível em <http://www.inmet.gov.br>. Acessado dia 05 de setembro de 2011.
- MACHADO, E. L. M; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; BORÉM, R. A. T.; BOTEZELLI, L. Análise comparativa da estrutura e flora do compartimento arbóreo-arbustivo de um remanescente florestal na fazenda Beira Lago, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.4, p.499-516, 2004.
- MACHADO, S. A; AUGUSTYNICZIK, A. L. D; NASCIMENTO, R. G. M; TEO, S. J; MIGUEL, E. P; FIGURA, M. A; SILVA, L. C. R. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2428-2434, 2009
- OLIVEIRA, A. N. e AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia central, Amazonas, Brasil. **Revista Acta Amazônica**, v.34, n.1, p.21-34, 2004.
- QUEIROZ, J. A. L; MACHADO, S. A; HOSOKAWA, R. T; SILVA, I. C. Estrutura e dinâmica de floresta de várzea no Estuário amazônico no estado do Amapá. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v.37, n.3, set/dez 2007.
- SANQUETA, C. R; WATZLAWICK, L. F; CÔRTE, A. P. D; FERNANDES, L. A. V; SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 2.Ed. Curitiba-PR: Multh-graphic gráfica e editora, 2009
- SCHNEIDER, P. R; SCHNEIDER, P. S. P; SOUZA, C. A. M. S. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2.ed. Santa Maria: UFSM/FACOS, 2009. 293p.
- SANTANA, J. A. S. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *cróton sonderianus* muell. arg. (marmeleiro) na caatinga da estação ecológica do Seridó. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v.4, n.3, p. 85 - 90, 2009.
- SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. Emprego do método *bdq* de seleção após a exploração florestal em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia oriental, **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.617-625, 2005.

DINÂMICA DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA FLORESTA DE VÁRZEA NO ESTADO AMAPÁ, BRASIL

DYNAMICS OF TREE SPECIES IN A FLOODPLAIN FOREST IN AMAPÁ STATE, BRAZIL

João Ramos de Matos Filho¹; Wegliane Campelo da Silva Aparício²; Perseu da Silva Aparício³; Vanesa Silva dos Santos⁴; Anderson Pedro Bernardina Batista¹; Diego Armando Silva da Silva¹

RESUMO

Estudos de dinâmica correspondem à compreensão do comportamento das taxas de crescimento, recrutamento e mortalidade de um povoamento florestal. Neste sentido este trabalho teve como objetivo avaliar o incremento diamétrico das espécies arbóreas presentes em uma floresta de várzea, inferindo sobre sua taxa de crescimento periódico anual. O estudo foi desenvolvido em uma área pertencente à Universidade do Estado do Amapá, denominada Campus III, localizada no município de Macapá. O inventário contínuo foi desenvolvido sobre vinte oito unidades amostrais medindo 10 x 25m, distribuídas sistematicamente e paralelas ao rio Amazonas, equidistantes 25m entre si. Nessas unidades foram remensurados todos os indivíduos arbóreas com CAP \geq 15 cm. Com os dados de monitoramentos efetuados em nível de árvore individual no período de 2009 e 2010, foram obtidas, por espécie e por classe de diâmetro, estimativas de ingresso e mortalidade, do incremento periódico médio anual. No segundo monitoramento (2010), foram registrados 431 indivíduos, pertencentes a 20 famílias botânicas, 30 gêneros e 38 espécies, sendo que 4 táxons não foram determinados, não sendo encontrada nenhuma nova espécie diferente do primeiro monitoramento. Dentre as dez classes diamétricas, a taxa de ingresso total foi de 3,248%, com taxa de mortalidade total de 1,174% e as classes diamétricas apresentaram o valor de incremento em torno da média de 0,099cm/ano. Estudando o incremento das dez espécies com maior valor de importância, observou-se que as espécies *Calycophyllum spruceanum* e *Spondias mombin* foram as que apresentaram maior incremento 0,042 e 0,035 cm, respectivamente. Os gráficos de área basal por centro de classe de diâmetro demonstraram que a área basal pouco se altera ou mantém-se inalterada, quando comparadas as classes de 2009 e 2010, pois o incremento total em área basal foi de apenas 0,5 m²/ha.

Palavras-chave: Incremento; recrutamento; mortalidade.

ABSTRACT

Dynamic studies correspond to understand the behavior of growth rates, recruitment and mortality of a forest stand. In this sense this study was as objective evaluates the increased diameter of the tree species present in a floodplain forest, inferring on their regular annual growth rate. The study was conducted in an area belonging to the University of the State of Amapá, called Campus III, located in the city of Macapá. The continuous inventory was developed over twenty eight sampling units measuring 10 x 25m, systematically distributed and parallel to the Amazon River, 25 m equidistant from each other. In these units were remeasured all trees with CAP \geq 15 cm. With data from monitoring conducted in individual tree level in the period 2009 and 2010 were obtained, by species and diameter class, estimates of entrance and mortality, the average annual increment periodic. In the second monitoring (2010) were registered 431 individuals belonging to 20 botanical families, 30 genera and 38 species, of which four taxa were not determined, it is not found no new species different from the first monitoring. Of the ten diameter classes, the total entrance rate was 3,248%, with total mortality rate of 1,174% and the diameter classes showed the increment value for the mean of 0,099 cm / year. Studying the increment of ten species with the highest importance, it was observed that the species *Calycophyllum spruceanum* and *Spondias mombin* showed the largest increment 0,042 and 0,035 cm, respectively. The graphics in the center of basal area per diameter class showed that the basal area only slightly altered or remained unchanged when compared to the classes of 2009 and 2010 because the increment in total basal area was only 0,5 m²/ha.

Keywords: Increment; recruitment; mortality.

INTRODUÇÃO

¹Acadêmicos do Curso de Engenharia Florestal, da Universidade do Estado do Amapá. Rua dos Imigrantes, 41, Santana, AP, CEP 68925-000. E-mail: joamatos_ap@hotmail.com

²Engenheira Florestal, Dra. Professora do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). CEP: 68903-410, Macapá(AP).wellaparicio@unifap.br

³Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical/UNIFAP. Professor do curso do Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). CEP: 68900-000, Macapá(AP).perseu_aparicio@yahoo.com.br

⁴Engenheira Florestal, Graduado pela Universidade do Estado do Amapá (UEAP). CEP: 68900-000, Macapá(AP). van.s.silva@bol.com.br

As florestas tropicais são de grande importância para a sociedade, principalmente quando são utilizados planos de manejo que possibilitem a exploração sustentável de seus recursos madeireiros e não-madeireiros, de modo que continuem desempenhando o seu papel nos ciclos hidrológicos e do carbono, bem como na manutenção da biodiversidade (HIGUCHI et al., 2006).

Neste sentido é que a ciência florestal está preocupada com a constante redução da diversidade natural das áreas verdes sem um manejo adequado. Desse modo, buscamos fundamentar ações voltadas para a conservação dos ecossistemas florestais, e orientar as decisões de sustentabilidade, em que a intervenção humana não provoque uma profunda perturbação do biótopo natural (SILVA et al., 2007).

Tendo em vista toda a relevância dessas discussões sobre o manejo é que se destaca a floresta amazônica, fonte de maior biodiversidade do mundo, no qual abrange estados como o Amapá, que se encontram em alto nível de conservação, no entanto com uma baixa produção científica, principalmente em se tratando de ecossistemas mais complexos como os de várzea e terra firme.

As florestas de várzea do Estado do Amapá ocupam cerca de 4,85% de sua cobertura vegetal e aproximadamente 15,46% do setor costeiro estuarino. São ecossistemas abertos, associados às planícies de inundações dos rios e igarapés de água branca do estuário amazônico, submetidos a um ciclo diário de enchentes e vazantes por água doce represada pelas marés (ALMEIDA et al., 1996).

As várzeas alcançam importância especial pela sua biodiversidade, constituindo-se como pólo genético ímpar. Infelizmente, o seu equilíbrio ecológico está muito sensível. Devido a pressão da exploração convencional realizada pelos ribeirinhos, que não põe somente em perigo a diversidade biológica, mas também seu meio de subsistência.

Dessa maneira, torna-se de grande importância o estudo de dinâmica que corresponde ao comportamento das taxas de crescimento, recrutamento e mortalidade de um povoamento florestal. O crescimento das árvores ou do povoamento é um fenômeno importante que ocorre na floresta, sendo definido como o alongamento e engrossamento das raízes, troncos e galhos, influenciando diretamente o peso, volume e forma de cada árvore e, conseqüentemente, do povoamento (SCOLFORO, 1998). Recrutamento refere-se ao número de novas árvores que atingiram e/ou ultrapassaram um tamanho mínimo mensurável no inventário (REZENDE, 2002). E mortalidade refere-se ao número de árvores que foram mensuradas inicialmente, que não foram cortadas, e morreram durante o período de crescimento (SANQUETTA, 1996).

A dinâmica das florestas naturais depende, sobretudo, dos fatores ecológicos que contribuem durante o seu desenvolvimento, tais como a sucessão, a competição, a exposição, o sítio natural e a luminosidade. Esses fatores influem diretamente sobre o crescimento e desenvolvimento de todas as árvores que formam o povoamento (MOSCOVICH, 2006).

Dessa forma, a dinâmica de uma floresta corresponde à compreensão do comportamento das espécies, sob condições naturais ou forma de manejo. Essas informações podem auxiliar na definição do ciclo de corte do manejo florestal, e fornecerão dados que servirá de subsídio para a adoção de técnicas adequadas que visem minimizar os impactos ambientais possibilitando a conservação e manutenção destes locais. Nesse contexto, estudos em formações florestais de várzea se fazem necessários, principalmente para subsidiar a construção de políticas públicas de gestão ambiental correta que visem à conservação e manutenção dos recursos naturais, pois com a intensificação da ação antrópica, ocorrem profundas modificações ambientais que comprometem as florestas influenciando na preservação dos recursos naturais e na qualidade de vida da população local.

Dessa maneira, o objetivo do trabalho visa avaliar o incremento diamétrico de espécies arbóreas presentes em uma floresta de várzea, inferindo sobre sua taxa de crescimento periódico anual, além de estudar o comportamento das espécies arbóreas quanto ao crescimento, ingresso e mortalidade por classes diamétricas e analisar as alterações na composição florística das espécies arbóreas ao longo de 1 (um) ano.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo foi desenvolvido em uma área pertencente à Universidade do Estado do Amapá, denominada Campus III, situada na região estuarina do Amapá, localizada no Km 05 (Figura 1). Limita-se ao norte com a rodovia Juscelino Kubitschek, ao oeste com uma área pertencente a um estabelecimento comercial, ao sul com o Rio Amazonas e ao leste com uma Reserva Particular do Patrimônio Natural, no município de Macapá. A área possui um clima equatorial super-úmido (Am) com poucas variações de temperatura, o período mais frio apresenta elevados índices de pluviosidade com precipitação anual de cerca de 2.500mm e temperatura anual variando de 25 a 27°C. Apresenta a seguinte estrutura geológica: formação curuá, aluviões do quaternário, drenadas pela bacia do rio Amazonas. Possui uma área rica formada por Floresta Densa de Planície Aluvial também chamada Floresta de Várzea (DRUMMOND, 2004).

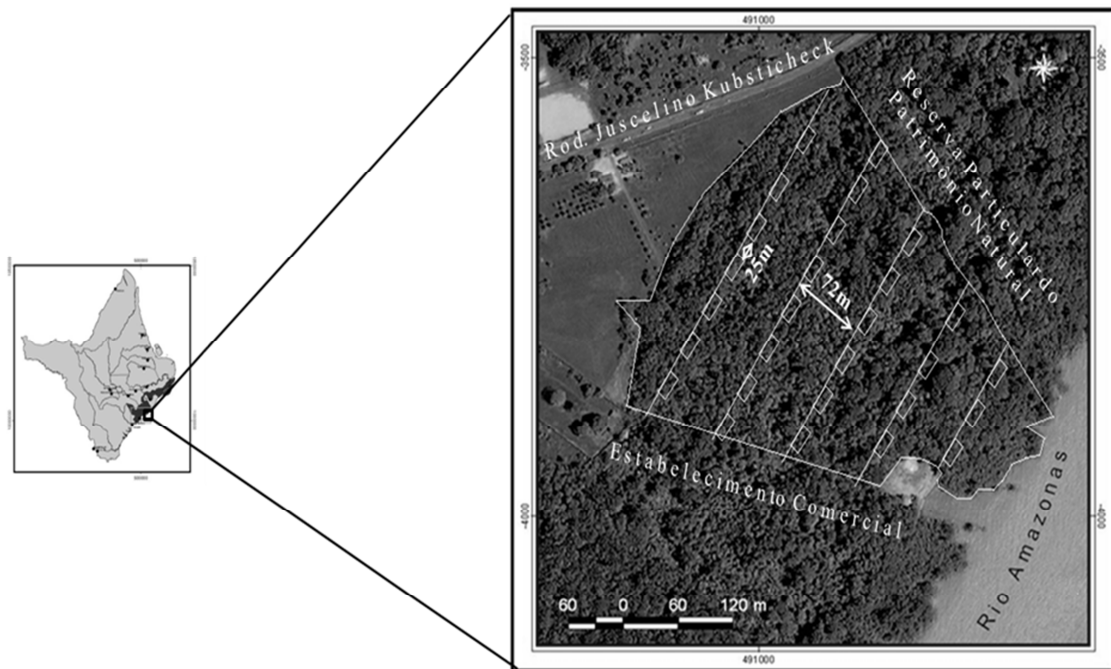


FIGURA 1: Representação da área de estudo, com os cinco transectos e as parcelas permanentes de fitossociologia, em um trecho de floresta de várzea na área da UEAP, Macapá-AP.

FIGURE 1: Representation of the study area, with five transects and permanent plots of phytosociology in a stretch of floodplain forest in the area of UEAP, Macapá-AP.

Sistema de amostragem

Foi realizado um inventário contínuo sobre vinte oito (28) unidades amostrais de 10x25m (250m²), distribuídas sistematicamente e paralelas ao curso do Rio Amazonas e equidistantes em 25m entre si, para estudo da fitossociologia arbórea adulta. Nessas unidades amostrais foram remensurados todos os indivíduos arbóreos com CAP \geq 15cm. A obtenção do CAP foi realizada com auxílio de trena de bolso, com posterior conversão para DAP (diâmetro à altura do peito).

Coleta e análise dos dados

Nas vinte e oito parcelas permanentes alocadas dentro da área de estudo, avaliou-se a taxa de crescimento em DAP, mortalidade, ingresso e florística, de todos os indivíduos com o diâmetro mínimo de inclusão, segundo Ferreira (1997), e adaptada para esta ocasião.

Com os dados de monitoramento efetuados em nível de árvore individual de 2009 e 2010, foram obtidas por espécie e por classe de diâmetro, estimativas de ingresso e mortalidade; do incremento periódico médio anual em diâmetro; e do incremento periódico em área basal. As análises foram realizadas nas mesmas classes diamétricas construídas na primeira coleta de dados em 2009.

Em relação ao Ingresso das árvores, será considerada a árvore viva que apresentava DAP na classe diamétrica R_i , na ocasião da primeira coleta (2009), e que no monitoramento se apresentar na classe diamétrica sucessiva R_{i+1} . A partir das estimativas do número de árvores ingressas, por área e por classe de diâmetro, será estimada a taxa de ingresso, da seguinte forma:

$$i = \left(\frac{n_i}{N_i} \right) \cdot 100$$

Em que: n_i = número de árvores ingressas na i -ésima classe de DAP, no final do monitoramento; N_i = número de árvores vivas na i -ésima classe de DAP, no final do monitoramento.

Em relação ao número de árvores consideradas “mortas”, será contabilizada a árvore viva na ocasião da coleta R_i e que na ocasião de monitoramento R_{i+1} não apresentar características vitais. A partir das estimativas do número de árvores mortas irá se estimar a taxa de mortalidade:

$$M(\%) = \left(\frac{n_i}{N_i} \right) \cdot 100$$

Em que: n_i = número de árvores mortas na i -ésima classe de DAP, no final do monitoramento; N_i = número de árvores vivas na i -ésima classe de DAP, no início do monitoramento.

As estimativas de incremento periódico médio anual (IPA), em diâmetro, por classe de DAP será obtida da seguinte forma:

$$IPA_i = \left[\sum_{k=1}^K (D_{k,i,j+1} - D_{k,i,j}) / K \right] / 10T$$

Em que: D = diâmetro de tronco à altura de 1,30 m do solo (DAP); i = classe de DAP, i = 1, 2, ..., I; k = número de árvores na classe de DAP, k = 1, 2, ..., K; j = ocasião de monitoramento, j = 1, 2, ..., J; T = intervalo de tempo, em anos, entre as ocasiões.

A análise da distribuição diamétrica e área basal foi elaborada por meio de gráficos com intervalo de 8,0 cm entre as classes diamétricas relacionando número de indivíduos por centro de classes de diâmetro, iniciado pelo diâmetro mínimo de inclusão de 4,77cm (que corresponde ao CAP mínimo de 15 cm), adotado como critério de inclusão no levantamento, e a última classe contemplou os indivíduos com DAP > 76,77cm.

Para calcular o número de classes para análise de distribuição diamétrica foi utilizado a fórmula que considera: n classes = $1 + 3,33 \log N$ (N = número de dados), sendo que o intervalo entre as classes foi ajustado segundo o número de classes. Todos os cálculos foram realizados utilizando-se o software Microsoft Excel 2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição florística

Por meio do inventário contínuo nas parcelas permanentes no ano de 2010, foram registrados 431 indivíduos, pertencentes a 20 famílias botânicas, 30 gêneros e 38 espécies, sendo que 4 táxons não foram determinados (Anexo A). Foi observado também que não houve a inserção de nenhuma nova espécie no segundo monitoramento e que o número de indivíduos variou de 426 em 2009 para 431 em 2010, indicando uma diferença de apenas 5 indivíduos.

Na ocasião do segundo monitoramento (2010) foram encontrados 10 novos indivíduos que atingiram o diâmetro mínimo para inclusão no inventário, além da constatação de morte de apenas 5 indivíduos. Esse resultado indica a ausência de alteração significativa na floresta estudada, devido à mesma permanecer com a sua composição florística inalterada. E mesmo com a inserção de apenas alguns indivíduos, a floresta está conseguindo se manter e se desenvolver naturalmente.

Ingresso, mortalidade e incremento periódico anual

Pela análise da tabela 1, foi observado que dentre as dez classes diamétricas, houve recrutamento em apenas quatro delas (1, 2, 4 e 6), sendo que a classe 1 apresentou valor considerável de ingresso (4,651%) devido esta classe apresentar 10 novos indivíduos que atingiram o diâmetro mínimo para inclusão no inventário no segundo monitoramento, não sendo um valor alto devido a maior quantidade de indivíduos presentes nesta classe (215) em relação às outras classes, representando mais de 50% dos indivíduos inventariados. Em contraste a este fato, pode-se analisar que a classe 6 mesmo apresentando apenas 1 indivíduo recrutado, apresentou o valor mais elevado (7,143%), por esta classe apresentar um menor número de indivíduos (14).

A taxa de ingresso total foi de 3,248%, indicando a presença de poucos indivíduos ingressando para classes posteriores, sendo que as classes 3, 5, 7, 8, 9 e 10 não apresentaram taxas de recrutamento, devido os indivíduos das classes antecessoras não terem crescido o suficiente para ultrapassar para a classe posterior.

A floresta estudada apresentou mortalidade apenas nas duas primeiras classes de diâmetro, que são as menores, com 3 indivíduos mortos na classe 1 e 2 indivíduos na classe 2, representando em termos de porcentagem de 1,402% e 2,222%, respectivamente. A taxa de mortalidade total apresentou um valor muito baixo de 1,174%, indicando que esta área provavelmente não está sofrendo ação antrópica, pois apenas 5 indivíduos com DAP ≤ 20,77 cm pertencentes as classes 1 e 2 morreram, não sendo constatado a mortalidade ou supressão de indivíduos nas demais classes, que possuem espécies com diâmetros maiores que podem ser comercializadas ou utilizadas para uso próprio.

TABELA 1: Composição florística do ano de 2010, em uma floresta de várzea, Macapá-AP.
 TABLE 1: Floristic composition of the year 2010 in a floodplain Forest, Macapá-AP.

Família	Espécie	Total
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	63
Annonaceae	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	10
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	28
Bombacaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	1
Caesalpinhiaceae	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	9
	<i>Mora paraensis</i> Ducke	10
Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusa</i> Trécul	10
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	7
Euphorbiaceae	<i>Sapium prunifolium</i> Klotzsch	9
	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	20
	<i>Hura crepitans</i> L.	13
Fabaceae	<i>Swartzia polyphylla</i> A.DC.	4
	<i>Sapium prunifolium</i> Klotzsch	2
	<i>Dussia discolor</i> (Benth.) Amshoff	4
	<i>Swartzia racemosa</i> Benth.	1
Flacourtiaceae	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	9
Lauraceae	<i>Licaria mahuba</i> Kosterm	2
Lecythidaceae	<i>Gustavia hexapetala</i> (Aubl.) Sm.	2
Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	32
Mimosaceae	<i>Inga negrensis</i> Bentham	2
	<i>Inga gracilifolia</i> Ducke	7
	<i>Inga brevense</i> Aublet	1
Moraceae	<i>Ficus maxima</i> Mill.	6
	<i>Maquira coriacea</i> (Karst.) C.C.Berg	11
Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	47
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	37
	<i>Psidium guajava</i> L.	1
Rubiaceae	<i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth.	56
	<i>Genipa americana</i> L.	2
Sapotaceae	<i>Pouteria bilocularis</i> (H. Winkl.) Baehni	2
	<i>Pouteria spruceana</i> (Mart. & Miq.)	1
Sterculiaceae	<i>Herrania mariae</i> Goud.	6
	<i>Sterculia pilosa</i> Ducke	6
Tiliaceae	<i>Apeiba burchelii</i> Sprague.	1
Indeterminada 1	Indeterminada 1	5
Indeterminada 2	Indeterminada 2	1
Indeterminada 3	Indeterminada 3	2
Indeterminada 4	Indeterminada 4	1
Total		431

TABELA 2: Ingresso (%), Mortalidade (%) e Incremento Periódico Anual (cm) em dez Classes Diamétricas no período de 2009/2010, em um trecho de floresta de várzea na área da UEAP, Macapá – AP.

TABLE 2: Entrance (%), Mortality (%) and Periodic Annual Increment (cm) diameter classes in ten in the period 2009/2010, in a stretch of lowland forest in the area of UEAP, Macapá - AP.

	Classes Diamétricas										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ingresso (%)	4.651	2.174	-	2.564	-	7.143	-	-	-	-	3.248
Mortalidade (%)	1.402	2.222	-	-	-	-	-	-	-	-	1.174
IPA (cm)	0.068	0.115	0.066	0.084	0.123	0.126	0.081	0.213	0.050	0.064	0.099

Com relação ao incremento periódico anual, a classe 8 com apenas 3 indivíduos apresentou maior incremento de 0,213 cm, fato que pode ser explicado por um erro de medição, tendo em vista que 1 indivíduo presente nesta classe apresentou crescimento de 5,5 cm CAP (circunferência a altura do peito).

As demais classes apresentaram valores em torno da média total, que mostra um valor de crescimento de aproximadamente 0,099 cm/ano para as espécies estudadas nesta região de várzea. Deve-se destacar a classe 9 foi a que apresentou menor incremento de aproximadamente 0,05cm, demonstrando

a variabilidade de crescimento dos indivíduos nas diferentes classes diamétricas.

Nesse sentido, Teixeira et al. (2007) afirmam que o entendimento do comportamento das taxas de crescimento, recrutamento e mortalidade, em condições naturais ou sob manejo, são importantes para definir quanto tempo uma espécie, ou um grupo de espécies demora em atingir uma determinada dimensão.

Além disso, Mendonça (2003), afirma que o entendimento nos processos dinâmicos (crescimento e produção, mortalidade e ingresso) de uma floresta é de grande importância, visto que o estudo destes parâmetros indica o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura.

Incremento periódico anual (ipa) para as espécies de maior valor de importância

Foram utilizadas as dez espécies de maior valor de importância do inventário florestal de 2009, as quais em ordem decrescentes são: *Spondias mombin*, *Virola surinamensis*, *Calycophyllum spruceanum*, *Hura crepitans*, *Carapa guianensis*, *Eugenia* sp., *Hevea brasiliensis*, *Xylopia aromatica*, *Maquira coriácea*, *Cecropia obtusa*, que teoricamente são as mais adaptadas as condições locais.

No período de avaliação, o crescimento médio destas espécies em 2010 foi de 0,015 cm/ano. Em relação às classes diamétricas, as que apresentaram maiores IPA (cm/ano) foram às classes 8 (0,071), 10 (0,036) e 6 (0,024), respectivamente, valendo ressaltar que apenas nas classes 1 e 2 todas as dez espécies se fizeram presentes (Tabela 3).

TABELA 3: Incremento Periódico Anual (IPA), do DAP médio (cm), das dez espécies que apresentaram em 2009 o maior Valor de Importância no período de (2009- 2010), em um trecho de floresta de várzea na área da UEAP, Macapá - AP.

TABLE 3: Periodic Annual Increment (IPA), the DBH (cm) of ten species in 2009 showed the highest importance value in the period (2009 - 2010), in a stretch of floodplain forest in the area of UEAP, Macapá - AP.

Espécies	Classes Diamétricas (cm)										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Spondias mombin</i>	0.006	0.022	0.023	0.044	0.040	0.077	0.036	-	-	-	0.035
<i>Virola surinamensis</i>	0.019	0.013	0.014	0.019	0.010	0.003	0.033	0.017	0.017	0.049	0.019
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	0.011	0.038	0.017	0.001	0.031	0.014	-	0.183	-	-	0.042
<i>Hura crepitans</i>	0.003	0.005	-	0.003	-	-	-	-	-	0.023	0.008
<i>Carapa guianensis</i>	0.006	0.012	0.003	0.002	0.005	-	0.007	0.013	-	-	0.007
<i>Eugenia</i> sp.	0.015	0.012	-	-	-	-	-	-	-	-	0.014
<i>Hevea brasiliensis</i>	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.017	0.002	-	-	-	0.002
<i>Xylopia aromatica</i>	0.010	0.010	0.001	0.001	-	-	-	-	-	-	0.005
<i>Maquira coriácea</i>	0.012	0.0004	0.0004	-	0.010	0.003	-	-	0.027	-	0.009
<i>Cecropia obtusa</i>	0.003	0.001	0.001	0.011	0.014	-	0.004	-	-	-	0.006
Total	0.009	0.011	0.008	0.010	0.016	0.024	0.020	0.071	0.022	0.036	

Sendo que as espécies *Calycophyllum spruceanum* e *Spondias mombin* foram as que apresentaram maior valor de crescimento 0,042 e 0,035 cm, respectivamente, indicando que essas espécies possuem um crescimento bem mais acelerado em relação às outras. Em contraste, as espécies *Hevea brasiliensis*, *Xylopia aromatica* e *Cecropia obtusa* foram as que apresentaram os menores incrementos, sendo os quais 0.002, 0.005 e 0.006 cm, respectivamente. Observa-se que a *Virola surinamensis* foi a única espécie que se apresentou distribuída em todas as classes de diâmetro, ou seja, possui indivíduos tanto jovens como adultos.

Distribuição diamétrica

A distribuição de diâmetros (Figura 2) apresentou curva tipo exponencial com grande número de indivíduos nas classes inferiores, com progressiva diminuição à medida que ocorreram indivíduos com maior área basimétrica. Pode-se observar que a primeira classe apresentou maior frequência correspondendo a 50,23% dos indivíduos inventariados, decrescendo na segunda classe para 21,12% para a ocasião do primeiro monitoramento no ano de 2009. Estrutura diamétrica semelhante foi encontrada por Rabelo (1999) e Queiroz (2004).

A distribuição diamétrica das árvores para 2010 apresentou a forma de “J” invertido, apresentando pequeno ingresso de indivíduos em algumas classes diamétricas, ou seja, migração de indivíduo de uma classe para outra (classe diamétrica 1, 2, 4 e 6), embora permanecendo constante em outras (classe diamétrica 3, 5, 7, 8, 9, e 10).

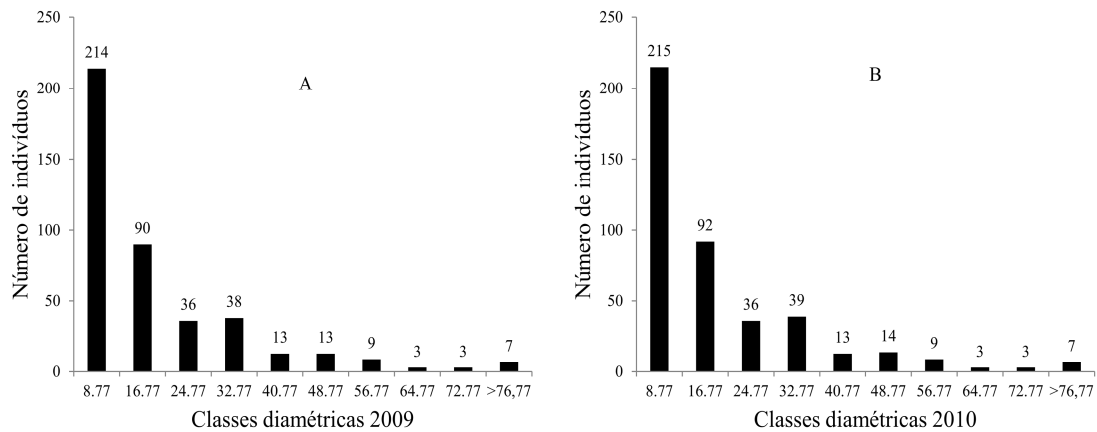


FIGURA 2: Número de indivíduos por classes diamétricas das árvores amostradas em um trecho de floresta de várzea na área da UEAP, Macapá - AP.

FIGURE 2: Number of individuals per diameter classes of trees sampled in a stretch of floodplain forest in the area of UEAP, Macapá - AP.

Além disso, deve-se atentar para a grande diferença do número de indivíduos da primeira classe (tanto do primeiro quanto do segundo monitoramento) em relação às demais classes, indicando que a floresta está se recuperando de uma possível intervenção antrópica que causou desequilíbrios à estrutura florestal, apresentando dessa forma grande número de indivíduos na primeira classe.

A variação do número de indivíduos por classe diamétrica nos dois monitoramentos, é explicada devido à taxa de incremento, ingresso e mortalidade dos indivíduos nas classes diamétricas.

Área basal

Os gráficos de área basal por centro de classe de diâmetro (Figura 3) demonstram que a área basal pouco se altera ou mantém-se inalterada, quando comparadas as classes de 2009 e 2010. A estrutura de área basal se assemelha nos dois monitoramentos, devido o intervalo de apenas 1 ano ser ainda pequeno para demonstrar modificações significativas na área basal, pois o incremento total em área basal dos anos de 2009 para 2010 foi de apenas 0,5 m²/ha.

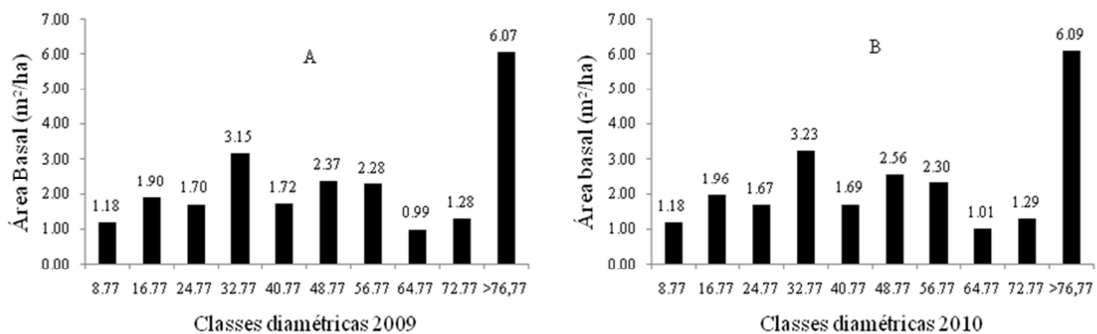


FIGURA 3: Distribuição de frequência das áreas basais das classes diamétricas das árvores amostradas em um trecho de floresta de várzea na área da UEAP, Macapá - AP.

FIGURE 3: Frequency distribution of basal areas of diameter classes of trees sampled in a stretch of floodplain forest in the area of UEAP, Macapá - AP.

Percebemos que a classe 1 permaneceu constante em área basal (1,18m²/ha), devido praticamente possuir o mesmo número de indivíduos nas duas ocasiões do monitoramento (respectivamente 214 e 215), mesmo havendo mortalidade e ingresso de indivíduos nas referidas classes. Vale ressaltar que as classes 4 e 6 apresentaram crescimento considerável em área basal, sendo explicado justamente pelo ingresso de indivíduos das classes antecessoras para as sucessoras. Por isso, compreendemos a queda da área basal nas classes 3 e 5 e crescimento das classes 4 e 6 quando comparadas com os anos 2009/2010.

As demais classes apresentaram sempre incremento em área basal positivo, devido principalmente o crescimento natural dos indivíduos em diâmetro e não pelo ingresso de indivíduos para as classes posteriores. Deve-se destacar a área basal da última classe diamétrica que apresentou maior valor em ambos os anos, devido os indivíduos mais grossos, com maiores diâmetros situarem-se nesta última classe, apresentando conseqüentemente maior valor em área basal, uma vez que esta variável é

diretamente proporcional ao quadrado do diâmetro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área em estudo não apresentou alteração significativa na sua composição florística ao longo de um ano, tendo em vista que no segundo monitoramento não houve a inserção de nenhuma espécie nova diferente do primeiro monitoramento.

Dentre as dez classes diamétricas, houve recrutamento em apenas quatro delas e a taxa de recrutamento total foi de 3,248%, indicando a presença de poucos indivíduos ingressando-se para classes posteriores e a mortalidade ocorreu apenas nas duas primeiras classes de diâmetro com taxa de mortalidade total 1,174%, indicando que esta área provavelmente não está sofrendo ação antrópica.

As classes diamétricas apresentaram valores de incremento em torno da média total, que mostra um valor de crescimento de aproximadamente 0,099 cm/ano para as espécies estudadas nesta região de várzea.

O incremento das dez espécies com maior valor de importância em relação às classes diamétricas, as que apresentaram maiores IPA (cm/ano) foram às classes 8, 10 e 6 respectivamente. As espécies *Calycophyllum spruceanum* e *Spondias mombin* foram as que apresentaram maior incremento. Em contrapartida, as espécies *Hevea brasiliensis*, *Xylopia aromatica* e *Cecropia obtusa* foram as que apresentaram os menores incrementos.

A distribuição diamétrica dos indivíduos para 2010 apresentou a forma de “J” invertido, apresentando pequeno ingresso de indivíduos em algumas classes diamétricas e a área basal pouco se alterou ao longo de um ano apresentando incremento total de apenas 0,5m²/ha.

Os resultados evidenciam a necessidade de monitoramento contínuo da área para uma maior compreensão da dinâmica da vegetação e obtenção de informações mais confiáveis sobre as mudanças que ocorrem na comunidade para que se possa inferir sobre ações de manejo na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.S.; SILVA, M.S.; ROSA, N.A. Análise fitossociológica e uso de recursos vegetais na Reserva Extrativista do Cajari, Amapá. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Botânica, Belém, v.11, n.1, p.61-74, 1996.
- DRUMMOND, J.A. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. IBAMA; SEMA-AP, Macapá, 2004.
- FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e Dinâmica de uma Floresta Secundária de Transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG**.1997. 208 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- HIGUCHI, P; REIS, M. G. F; REIS, G.G; PINHEIRO, A. L; SILVA, C. T; OLIVEIRA, C. H. R. Composição florística da regeneração natural de espécies arbóreas ao longo de oito anos em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em viçosa, MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.6, p.893-904, 2006.
- MENDONÇA, A. C. A. **Caracterização e Simulação dos Processos Dinâmicos de uma Área de Floresta Tropical de Terra Firme Utilizando Matrizes de Transição**. 2003, 79f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Paraná.
- MOSCOVICH, F. A. **dinâmica de crescimento de uma floresta ombrófila mista em nova prata**. Tese de Doutorado Santa Maria, RS. 2006.131p
- QUEIROZ, J.A.L.de. **Fitossociologia e distribuição diamétrica em Floresta de Várzea do estuário do Rio Amazonas no Estado do Amapá**. Dissertação de Mestrado – Pós- Graduação em Engenharia Florestal – UFPR. Curitiba, 2004. 101p.
- RABELO, F. G. **Composição florística, estrutura e regeneração de ecossistemas florestais na região estuarina do rio Amazonas-Amapá-Brasil**. 1999. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, PA.
- REZENDE, A. V. **Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado Sensu stricto submetido a diferentes distúrbios por desmatamento**. Curitiba: Tese de doutorado - Pós-Graduação em Engenharia Florestal - UFPR, 2002.
- SANQUETTA, C. R.; BRENA, D. A.; ANGELO, H.; MENDES, J. B. Matriz de Transição para Simulação da Dinâmica de Florestas Naturais sob Diferentes Intensidades de Corte. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, 1996.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 438 p.

SILVA. W. C; MARANGON. L. C; FERREIRA. R. L. C; FELICIANO. A. L. P; JUNIOR. R. F. C; Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta ombrófila densa, matas das galinhas, no município de Catende, zona da mata sul de Pernambuco; **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 321-331, 2007.

TEIXEIRA, L. M.; CHAMBESRS, J. Q.; SILVA, A. R.; LIMA, A. J. N.; CARNEIRO, V. M. C; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Revista Acta amazônica**, v. 37. n.3, p. 377–384, 2007.

MANAGEMENT MODEL FOR THE SUSTAINABLE USE OF ARAUCARIAN FORESTS ON THE BASIS OF STAND MANAGEMENT AND SITE-SPECIFIC SILVICULTURE

MODELO DE MANEJO PARA O USO SUSTENTÁVEL DE FLORESTAS DE ARAUCÁRIA BASEADO NO MANEJO DE POVOAMENTOS E SILVICULTURA ADAPTADA AO SÍTIO

Peter Spathelf¹; Maria Augusta Doetzer Rosot²; Leif Nutto³

ABSTRACT

In the Brazilian forestry sector sustainable forest management (SFM) in natural forests still plays a minor role in comparison to the highly productive plantation forestry. Moreover, SFM in many cases in practice was, and still is, depletive timber extraction with a negative impact on forest ecosystems. Legal interventions in natural forests in Brazil have to be based on management plans including selective harvest of timber, thus mitigating damages on the remaining stand and the soil. Based on a case study in the Araucaria-dominated forest reserve Embrapa-Epagri in Caçador (federal state of Santa Catarina, Brazil) an integrative and site-adapted management approach is developed. The management model process comprises a territorial zoning, the establishment of the GIS mapping base (relief, soils, vegetation, land-use, and infrastructure), forest growth analysis, sampling of potential risks and hazards, forest management planning on a stand basis and the derivation of silvicultural methods according to pre-established production goals, species composition and development stage of the respective stands. The planning horizon for the measures is 10-20 years. In an expert workshop in March 2011 the planning steps and silvicultural measures underwent a review process. Demonstration plots are implemented to show the feasibility of the SFM approach for forest owners.

Keywords: sustainable forest management; *Araucaria angustifolia*; site-specific silviculture

RESUMO

No setor florestal brasileiro o manejo sustentável de florestas nativas ainda tem um papel menos significativo comparado com o manejo de plantações florestais de alta produtividade. Além disso, o manejo florestal de florestas nativas tem sido, e ainda é, na maioria dos casos uma simples extração de madeira com impacto negativo para os ecossistemas florestais. Pela legislação brasileira intervenções em florestas nativas somente podem ser realizados com um plano de manejo aprovado, incluindo o planejamento da colheita seletiva da madeira de baixo impacto, para evitar danos nas árvores remanescentes e no solo. Baseado num estudo de caso na reserva da EPAGRI em Caçador (SC), um manejo integrado e adaptado ao sítio foi desenvolvido. O modelo de manejo inclui o zoneamento territorial, baseado em mapas disponíveis em um sistema de informações geográficas (SIG). Além das informações sobre relevo, solos, vegetação, uso de terra e infraestrutura, também é considerado o potencial do crescimento dos diferentes talhões, zonas de riscos e o planejamento florestal. A unidade de manejo formam os talhões estratificados pela forma do manejo a ser adaptado para alcançar as metas de produção pré-estabelecidas, considerando a composição das espécies e o estágio de desenvolvimento do respectivo talhão. O planejamento para as atividades florestais está determinado em prazos de 10 a 20 anos. Num workshop em 2011, os passos do planejamento e as medidas silviculturais foram revisadas de forma crítica. Parcelas de demonstração foram implementadas para mostrar os potenciais de um manejo sustentável de baixo impacto das florestas de araucária aos proprietários.

Palavras-chave: manejo sustentável; *Araucaria angustifolia*; manejo adaptado ao sítio

INTRODUCTION

In the Brazilian forestry sector sustainable forest management in natural forests still plays a minor role in comparison to the highly productive plantation forestry. It is estimated that more than 70% of the wood consumption of the country is covered by the supply from intensively managed plantations. In terms of economy the araucaria dominated native forests in southern Brazil probably will never reach a similar significance.

Parana pine (*Araucaria angustifolia* (Bert.) Ktze) is a major tree species of the southern

¹Eng. Florestal, Prof. Dr., Dept. of Silviculture, Eberswalde University for Sustainable Development, Germany. Peter.Spathelf@hnee.de.

²Egenheira Florestal, Pesquisadora da área de georeferenciamento, Embrapa-Florestas, Colombo, Brasil. augusta@cnpf.embrapa.br

³Eng. Florestal, Prof. Dr., Dept. de Engenharia e Tecnologia Florestal, Prof. visitante CAPES, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. Lnutto.ufpr@gmail.com

Brazilian landscape, belonging to the biome of the Atlantic rain forest (HUECK, 1972). The past showed that the species has excellent wood quality and was highly demanded on the regional and global markets. At the beginning of 1900 about 35% of the area of the southern states of Brasil were covered with this forest type, between 1950 and 1970 Parana pine was the most exported sawnwood of Brazil.

The over-exploitation of the species nearly led to the extinction of the species. It is estimated that less than three percent of the native forests of Parana pine were left, the ones existing today are heavily fragmented (MACHADO e SIQUEIRA, 1980). To avoid complete extinction, the Atlantic rain forest Act (2006) was released, impeding forest interventions in the remaining native forests, also including the biomes of araucaria dominated forests. Until it can not be guaranteed that further management and utilization of these forests will not lead to further reduction of the remaining araucaria forests, no utilization will be permitted. Beside this, legal interventions in natural forests in Brazil have to be based on management plans including selective harvest of timber, thus mitigating damages on the remaining stand and the soil. Since the araucaria forest fragments are often owned by small and medium sized farmers, which have not the knowledge and capacity to develop and apply sustainable management systems in a legal way, the land is nearly without value for them. On the other hand they urgently need the additional income from forestry to get a better living standard. Therefore new management alternatives, fulfilling the legal requirements are urgently needed, to make use of the potential of the native forests in southern Brazil (ROSOT, 2007).

The objective of the present study is to show the feasibility of sustainable forest management of araucaria forests by focusing on forest planning on stand basis and appropriate site-specific silvicultural interventions in a pilot study area. Forest planning will be integrated into the landscape level.

MATERIAL AND METHODS

The study area is located at the legal reserve of the EPAGRI in Caçador (RFEE), in the federal state of Santa Catarina (Figure 1). The public domain area consists of 1154 ha with a forest cover of 94%.

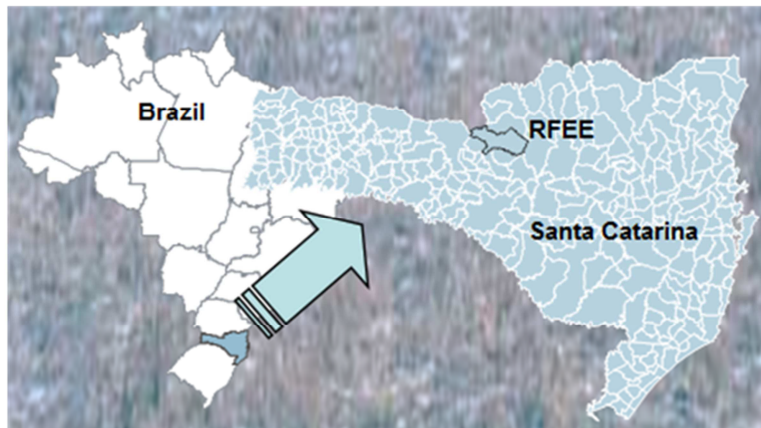


FIGURE 1: Location of the study area

FIGURA 1: Localização da área de estudo

The forest types dominated by araucaria are highly variable: from nearly pure araucaria stands in the dominant layer to single dispersed occurrence of araucaria mixed with broadleaved species. This variation of course requires adapted management strategies for the individual cases. The main problem detected in the study area complicating sustainable forest management is the natural regeneration. High population density of monkeys, eating the araucaria seeds or avulsing the immature cones, reduce the seeds available for germination. Beside this, populations of wild bores are continuously increasing, showing the same effect. At least, also local population is gathering the pine seeds. On the other hand a kind of bamboo (e.g. taquara, common name of several native grasses in South America) becomes a severe competitor for light for the few existing araucaria seedlings. Under these conditions the natural regeneration of the remaining fragments of araucaria forests is not guaranteed anymore and has to be induced by human intervention.

Management model

According to Louman and Camino (2004) a diversified and adapted forest management has as the main objective the optimized use of the forest, considering the perspectives and goals of the forest owners (or users). For these purpose it is necessary to classify the forest territory after its potential resources and natural conditions.

The planning for the measuremis 10-20 years

In a first step the pilot area underwent a territorial zoning process. Using a multi-criteria analysis, the different zones were determined after pre-selected criteria, like vegetation forms, proximity to forest roads, species composition and regeneration status, among others (GREENE et al., 2011). After delimiting the area designated to forest management, tree growth and forest dynamics were analysed on the basis of a stratified inventory and permanent observation plots. The establishment of such plots in the middle and long term provide valuable information about the individual growing processes in the different fragments of araucaria forests. Because of the above mentioned problems, special emphasis was given to the regeneration process. Unities of homogeneous vegetation are the base for forest planning. For the forest management zone a management plan was elaborated, which defines the most adequate silvicultural methods taking into account the maintenance of a high production level and the forest site (Figure 2).

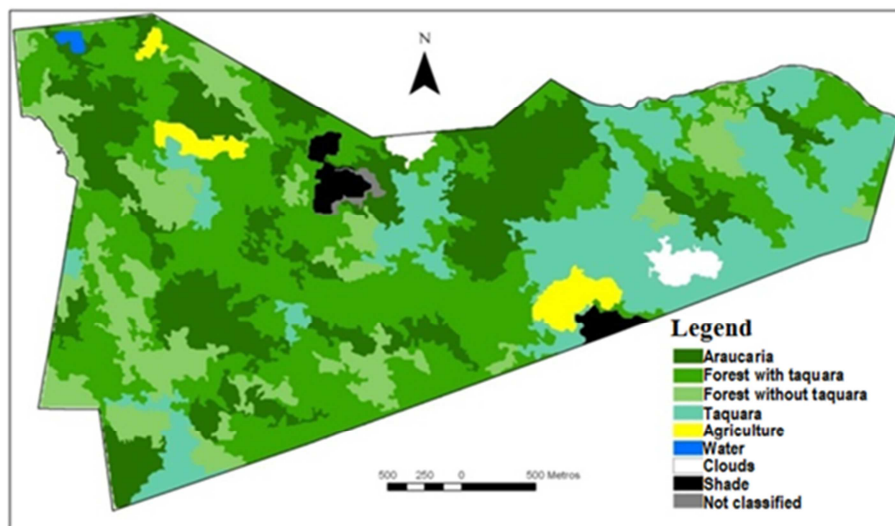


FIGURE 2: Division of study area RFE into homogeneous vegetation formations

FIGURA 2: Divisão da área de estudo em formações vegetais homogêneas

The planning principle is to raise the potential of each stand according to the objectives defined for the forest. Therefore all relevant data of the stands is kept in a database (GIS) and actualized periodically after the inventories. The information are available in “layers” and can be easily combined for map generation for specific objectives of forest planning and forest operations like road construction, thinnings or harvesting, among others. Therefore the first classification is done on stand level, where particular vegetation, development stage, among others, forms the smallest unit of inventory, planning and silvicultural intervention. Also considered is the planning “horizon”, which considers medium and long term planning according to intervention and rotation cycles (Figure 3). In the study area the planning horizon linked to effective measures for inducing regeneration processes was set to 10 to 20 years.

On stand level, site-specific silvicultural measures are developed and implemented. Special emphasis is laid on interventions to sustain the regeneration of Araucaria and other desired tree species. After McEvoy (2004), forest management practices are “planned disturbances” which follow the objective to accelerate vegetational succession or to direct it to the development desired by the forest owner and his pre-defined management goals.

As an example for the treatment of a demonstration (Figure 4a+b) plot the following measures are defined:

- Definition of the objective: timber production
- Stand analysis: different development stages, richly structured, intensive presence of taquara
- Measures to be taken: elimination of taquara, promotion of tree species regeneration by reduction of stand density in the dbh class 10-20 cm
- Intensity of intervention and potential products: cut around 30 % of basal area (50 m³ / ha; fuel wood [95%] and sawn wood)

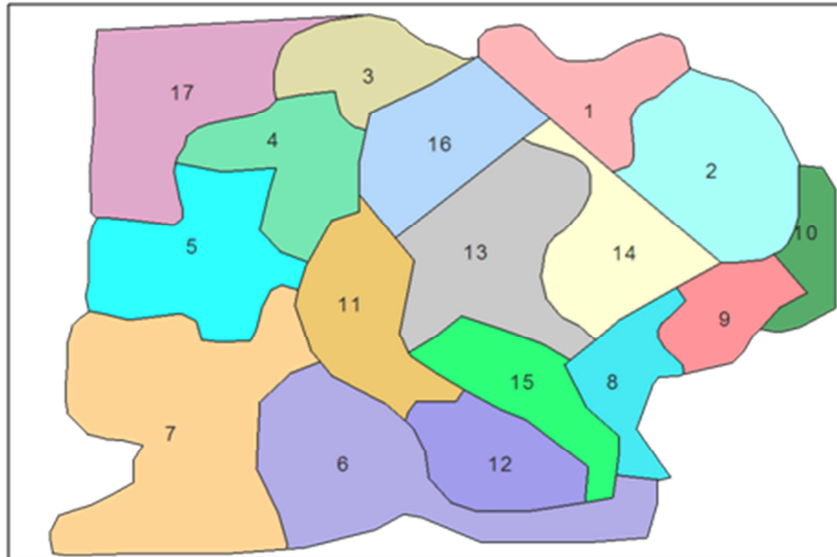


FIGURE 3: Stand classification after planning principles

FIGURA 3: Classificação de talhões de acordo com os princípios do planejamento



FIGURE 4a+b: a(left) Demonstration plot in a mixed Araucaria forest; b(right) Heavy regeneration of taquara;

FIGURA 4a+b: a(esquerda) Parcela de demonstração numa floresta de araucária mista; b(direita) Regeneração de taquara;

CONCLUSIONS

- 1) Forest management and site-specific silvicultural interventions are indispensable to sustain the Araucaria forest ecosystem, especially regarding the regeneration problem;
- 2) Measures have to be accompanied by monitoring and silvicultural trials
- 3) Specific objectives of forest property have to be taken into account
- 4) Implementing planning tools based on Geographic Information Systems (GIS) are very useful to stratify the stands and to define specific measures at stand level

REFERENCES

- GREENE, R.;DEVILLERS, R.; LUTHER,J.E.; EDDY, B.G.GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis. *Geography Compass* 5 (6), pp. 412-432. 2011.
- HUECK, K. *As florestas da América do Sul*. São Paulo: Polígono, 1972. p. 206-239. 466 p.
- LOUMAN, B.; CAMINO, R. de. Aspectos generales. In: VILCHEZ, L. O. (Ed.). *PLANIFICACIÓN DEL MANEJO DIVERSIFICADODE BOSQUES LATIFOLIADOS HÚMEDOS TROPICALES*. Turrialba. CATIE, 2004. p. 1-49.

MACHADO, S.A.; SIQUEIRA, J.D.P. Distribuição natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONFERÊNCIA IUFRO "PROBLEMAS FLORESTAIS DO GÊNERO ARAUCARIA", Curitiba, 1980. Anais.p. 4-9.

McEVOY, T. J. Positive impact forestry: a sustainable approach to managing woodlands. Washington, DC: Island Press, 2004. 268 p.

ROSOT, M. A. D. Manejo florestal de uso múltiplo: uma alternativa contra a extinção com Floresta com Araucária? **Pesq.Flor. bras.**, Colombo, n.55, p.75-85, jul./dez. 2007.

RELAÇÃO SOLO/ESTRUTURA DA ESPÉCIE *Mora paraensis* DUCKEM UMA FLORESTA DE VÁRZEA NA RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO CAJARÍ, AMAPÁ, BRASIL

RELATION BETWEEN THE *Mora paraensis* DUCK STRUCTURE AND SOIL IN A FLOODPLAIN FOREST IN THE EXTRACTIVE RESERVE IN RIVER CAJARI, AMAPÁ, BRAZIL

Lívia Marques de Jesus¹; Wegliane Campelo da Silva Aparício²; Luiz Carlos Marangon³; Marcelino Carneiro Guedes⁴; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira⁵; Perseu da Silva Aparício⁶

RESUMO

A *Mora paraensis* Duck, é uma espécie madeireira caracteristicamente encontrada em ambiente de várzea, está entre as preferidas da população conhecida pela boa qualidade de sua madeira, que é dura e pesada sendo este seu produto comercial mais explorado. Sua madeira é muito utilizada em marcenarias, carpintaria, esteios, dormentes, estacas, tacos para assoalhos, vigamentos, moirões, construção civil e naval. O estudo foi realizado na Reserva Extrativista do Rio Cajari, na localidade do Rio Ajuruxí. Para o estudo foi locada de forma permanente uma grade de 300x300m, no qual foi amostrado de 1,1 ha. Para a mensuração dos indivíduos, foi utilizado o nível de inclusão de CAP (circunferência a altura do peito a 1,30m do solo) ≥ 10 cm. Para o levantamento de característica físico-químico do solo, foram retiradas amostras de terra, de parcelas alternadas em forma sistemática totalizando 0,6ha na grade. Para relacionar os dados da população da espécie, com os atributos do solo, foi realizada uma correlação canônica. Foram encontradas 210 indivíduos/ha de *Mora paraensis* e área basal total de 1,76430 m²/ha. A distribuição diamétrica, gerou 9 classes, resultando uma amplitude de 19,0 cm. Correlacionando dados da estrutura com as análises do solo, verificou-se que o DAP médio está diretamente relacionado aos atributos físicos e químicos do solo como, pH, Potássio(k), Alumínio(Al), acidez potencial(H+Al), Saturação por base(V) Argila e Silte, e os atributos relacionados à Saturação por alumínio(M), Areia grossa, Areia fina e Areia total, estão diretamente relacionados ao crescimento de área basal. Sendo os principais componentes do solo responsáveis pela estrutura da espécie na floresta.

Palavras-chave: Solo; Vvgetação; *Mora paraensis*; correlação canônica.

ABSTRACT

The *Mora paraensis* Duck, is a timber species typically found in the floodplain environment is among the favorites of the population known for its good quality wood, which is hard and heavy and this is more explored its commercial product. Its wood is widely used in joinery, carpentry, props, railway sleepers, poles, parquet floors, beams, fences, construction and shipbuilding. The study was conducted in the Extractive Reserve in River Cajari in the town of River Ajuruxí. For the study was permanently leased a 300x300m grid, which was sampled for 1,1. For the measurement of individuals, we used the level of inclusion of CAP (circumference at breast height at 1,30 m above the ground) ≥ 10 cm. For the collection of physical and chemical characteristics of soil, soil samples were taken, alternating plots totaling 0,6 ha systematically in the grid. To relate the data from the population of the species, with the soil characteristics, we performed a canonical correlation. These were found 210 individuals of *Mora paraensis* Duck, and total basal area 1,76430 m²/ha. The diameter distribution, generated nine classes, resulting in a range of 19,0 cm. Correlating data structure with the soil analysis, it was found that the DBH is directly related to physical and chemical properties of soil such as pH, potassium (K), aluminum

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). Rua Emílio Médici, 386, CEP: 68908-576, São Lázaro, Macapá-AP. liviamarques.ueap@gmail.com.

² Engenheira Florestal, Doutora em Ciências Florestais, Professora do Departamento de Ciências Biológicas, UNIFAP, Rua Primeira Avenida da Universidade, 1523, 68903410, Universidade, Macapá, AP, wellaparicio@unifap.br.

³ Engenheiro Florestal, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Professor do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171900, Dois Irmãos, Recife – PE. marangon@dcfl.ufrpe.br.

⁴ Engenheiro Florestal, Doutor em Ciências Florestais, Professor do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171900, Dois Irmãos, Recife – PE. rinaldo@dcfl.ufrpe.br.

⁵ Engenheiro Florestal, Doutor em Recursos Florestais, pesquisador da EMBRAPA – Amapá. Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, N°2600, CEP 68903-419, Macapá, AP. mcguedes@cpafap.com.br

⁶ Engenheiro Florestal, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Professor da Universidade do Estado do Amapá, UEAP, Rua: 1ª Av. da Universidade, n. 1523, Universidade, CEP:68903-410, Macapá-AP, perseu_aparicio@yahoo.com.br

(Al), potential acidity (H+Al), Saturation based on (V) Clay and silt, and attributes related to aluminum saturation (M), coarse sand, fine sand and sand total, are directly related to the growth area basal. Therefore, the main soil components responsible for the structure of the species in the forest.

Keywords: Soil; vegetation; *Moraparaensis*; canonical correlation.

INTRODUÇÃO

A floresta de várzea constitui o maior ambiente florestado da região do Amapá, considerando estrutura, diversidade e representatividade espacial. Sua área de abrangência e maior concentração ocorrem principalmente em margens de rios de águas barrentas onde, de certo modo passa a ser regulada pelo regime da maré. As maiores floresta de várzea do Estado do Amapá, ocorrem ao longo da orla amazônica, adentrando pelos estuários e baixos cursos dos inúmeros rios que ai deságuam (IEPA, 2002).

Os estudos pedológicos nas terras de várzea demonstram que as características químicas das unidades componentes dos solos dominantes como Glei Pouco húmico, solos Aluviais, Glei húmico e solos Holomórficos. São: eutróficos, ou seja, saturação de bases permutáveis, acima de 50%, evidenciando sua elevada fertilidade. Estes solos tem em comum, além da fertilidade, a coloração acinzentada nos horizontes diagenéticos, com a presença de mosqueados, características ocasionadas pela oxidação do ferro livre (FALESI e SILVA, 1999).

Segundo Queiroz (2008) a vegetação que reveste a superfície dos solos da várzea do estuário do rio Amazonas assume as mais diferentes composições florísticas. A presença das espécies, a densidade, a frequência e a dominância, resultam da influência da maré, do tipo do solo, das condições de umidade do solo, das suas características genéticas, e acima de tudo, das ações implementadas pelo homem, no uso dos recursos do ambiente.

As várzeas apresentam um potencial elevado de recursos naturais que podem ser aproveitados para o desenvolvimento econômico e social do país. No entanto, para o seu uso racional há necessidade de se conhecer melhor a floresta e desenvolver tecnologias apropriadas ao Trópico Úmido.

Segundo Rabelo (1999) em estudos realizados nas áreas estuarinas do Estado do Amapá, ressaltou que espécies quando comparadas em diferentes várzeas, podem apresentar padrões diferentes de distribuição, o que pode estar relacionado a diferentes fatores bióticos do meio, ao índice pluviométrico e aos movimentos das marés.

Em áreas de várzea, são encontradas diversas espécies com valor econômico madeireiro como: *Carapa guianensis* Aubl.(andirobeira), *Virola surinamensis* (Rol) Warb. (virola), *Platymiscium filipes* Benth. (macacaúba) e *Mora paraenses* Ducke. (pracuúba).

A *mora paraense* Duck é conhecida popularmente como pracuúba, pertencente á família Fabaceae, subfamília Caesalpinioideae, e uma árvore de dossel atingindo até 4 m de altura, possui tronco com mais de um metro de diâmetro sustentado por sapopemas. Folhas com pecíolo canaliculado na parte superior, frequentemente semi-alados, folíolos ovados oblongos de 8-14 cm de comprimento por 3,5cm de largura, com a parte inferior vernicosa e a inferior sub-opaca, ferrugínea, de base aguda ou longo acuminada. Flores em espigas brancas, aromáticas, sésseis, cálice com 4 mm de comprimento, glabro, pétalas com cerca de 6mm de comprimento, estames com filetes achatados; androceu no botão completamente revestido por pelos brancos, tornando-se glabro logo após a antese.

Em relação ao seu valor comercial, é conhecida pela boa qualidade de sua madeira, que é dura e pesada sendo este seu produto comercial mais explorado. O cerne é fibroso de cor castanho, castanho escuro, vermelho ou vermelho-escuro, com linhas ligeiras. A densidade da madeira está entre 0,90-1,00g/cm³. O alburno tem coloração, mas claro. Sua madeira é muito utilizada em marcenarias, carpintaria, esteios, dormentes, estacas, tacos para assoalhos, vigamentos, moirões, construção civil e naval.

No entanto quando se trata de estudo específico sobre a estrutura, regeneração, distribuição e ecologia estes se tornam escassos, principalmente em se tratando de espécies típicas da várzea estuarina e com valor comercial apreciada pela população.

A *mora paraense* dentre as espécies madeireiras da várzea, está entre as preferidas da população de Macapá e Santana, os dois maiores municípios do estado do Amapá, para atendimento das demandas de construções de casa, fabricação de imóveis e outros fins. Entretanto, Segundo Aparício (2010), a *Mora paraensis* Duck, possui maior predominância e distribuição desta espécie, pelo fato de apresentar dificuldade do corte da madeira, deformação do tronco por sapopemas e pelo seu baixo valor do mercado.

Contudo a pracuúba é uma espécie típica do ambiente de várzea, de potencial madeireiro, sendo assim, necessário conhecimento sobre a estrutura da população e suas relações com o solo, para uma adoção de um plano de manejo florestal adequado.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo.

O estudo foi realizado na Resex do Rio Cajari, localizada na parte sul do estado do Amapá, categorizada como Unidade de Conservação de Uso Sustentável, no dia 12 de Março de 1990. Possui uma área de 501.771ha e abrange os municípios de Laranjal do Jarí, Mazagão e Vitória do Jarí. A Resex do Cajari, sendo constituída de três tipologias principais: Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Várzea), Floresta Ombrófila Densa (Terra-Firme) e Savanas (Cerrado).

O trabalho foi realizado em um ambiente de Várzea na comunidade do Rio Ajuruxí, escolhida pela facilidade de acesso e maior controle ambiental por parte da população ribeirinha.

Para o estudo foi implantado de forma permanente uma grade de 300x300m paralela ao Rio Ajuruxí e perpendicular ao Rio Amazonas.

A grade foi dividida em transectos paralelos e equidistantes em 50 m para auxiliar na locação das parcelas. Dentro da grade foi distribuído sistematicamente parcelas de 250m² (10x25m), distanciadas 25m entre si, resultando em 41 parcelas em uma área de 1,1 ha.

Para a mensuração dos indivíduos arbóreos vivos, foi adotado nível de inclusão de CAP (circunferência a altura do peito, medida a 1,30m do solo) e ≥ 10 cm, sendo os mesmos plaqueados com numeração progressiva.

Para o levantamento florístico e identificação taxonômica das espécies no ambiente de várzea, foram mensurados somente os indivíduos encontrados dentro da área amostral. Em relação a caracterização do físico-químico do solo, foram retiradas amostras de terra, de parcelas alternadas em forma sistemática totalizando 22 parcelas na grade.

Para obter uma amostra por parcela, foi necessária a coleta de cinco amostras simples de modo sistemático, sendo retiradas quatro amostras no vértice e uma no meio, e em seguida homogeneizada e armazenada em sacos plásticos etiquetados apenas 300g. Foi utilizado um trado holandês para a retirada das amostras a profundidade de 0-20 cm após a remoção de serapilheira.

Para a análise física do solo, foi coletada uma amostra simples indeformada por parcela, com auxílio de um trado huland e anel metálicos de 5 cm de diâmetro e 98 cm³ de volume na profundidade de 0-5 cm.

Após a coleta das amostras, as mesmas foram encaminhadas ao laboratório da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária-Amapá) para o processamento de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) e realização das análises.

Foram determinados os seguintes atributos químicos para determinação da fertilidade do solo: pH, MO (matéria orgânica - g/kg) P (fósforo - mg/dm³), [K (potássio), Ca+Mg (cálcio + magnésio) Ca (cálcio), Al (alumínio), H+Al (hidrogênio + alumínio-acidez potencial), SB (soma de bases), CTC (capacidade de troca de cátions)] - cmol_c/dm³, V (Saturação por bases, %), M (saturação por alumínio, %) e analisados os teores de argila, areia grossa, areia fina, areia total e silte(g/kg), para caracterização física do solo em relação a sua granulometria.

A estrutura horizontal da população foi caracterizada por análises da Densidade(D) DAPmin, DAPmédio e Máximo(DAPmax), área basal(G) e NI(numero de indivíduos).

Para o estudo da distribuição diamétrica no ambiente de várzea, foi calculado a amplitude e o número de classes de acordo com a metodologia descrita por Spiegel.

Para os estudos de avaliação da relação do solo e vegetação, a grade foi dividida em quatro subgrade de 150x150m de 10 repetições por subgrade para a vegetação e 5 para o solo. Foram considerados como variáveis independentes os atributos físicos e químicos do solo e variável dependente os dados de estrutura da população.

Inicialmente os dados foram submetidos à análise de componentes principais para a formação de escores para estimar tanto as características do solo quanto as da população da espécie. Os fatores dos componentes referentes aos solos gerados pela análise de componentes principais foram realizados no software Statistica 7.0.

Para verificação se existe alguma relação entre a espécie e solo, foi realizado uma análise de correlação canônica, sendo os resultados obtidos através do *software* SYSTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade total de indivíduos da espécie encontrados foi de 210 indivíduos/ha sendo considerada uma espécie de autovalor de importância, estando bem adaptadas as condições locais. Para a área basal total por hectare foi encontrado 1,76430 m²/ ha, por ser uma espécie abundante e adaptativa em ambiente de várzea, a pracuúba alcança altos índices de área basal.

A distribuição dos indivíduos por classe de diâmetro, gerou 9 classes diamétricas, resultando um amplitude de 19,0 cm, sendo a primeira classe foi de 4.45 a 23.45 cm, e a última classe contemplou os indivíduos maiores que 156,46 cm.

A distribuição diamétrica apresentou distribuição espacial em J invertido, concentrando o maior

número de indivíduos na primeira classe, característica comum da espécie em áreas de várzea, tendo em vista, o alto número de indivíduos encontrados na área. (Figura 1).

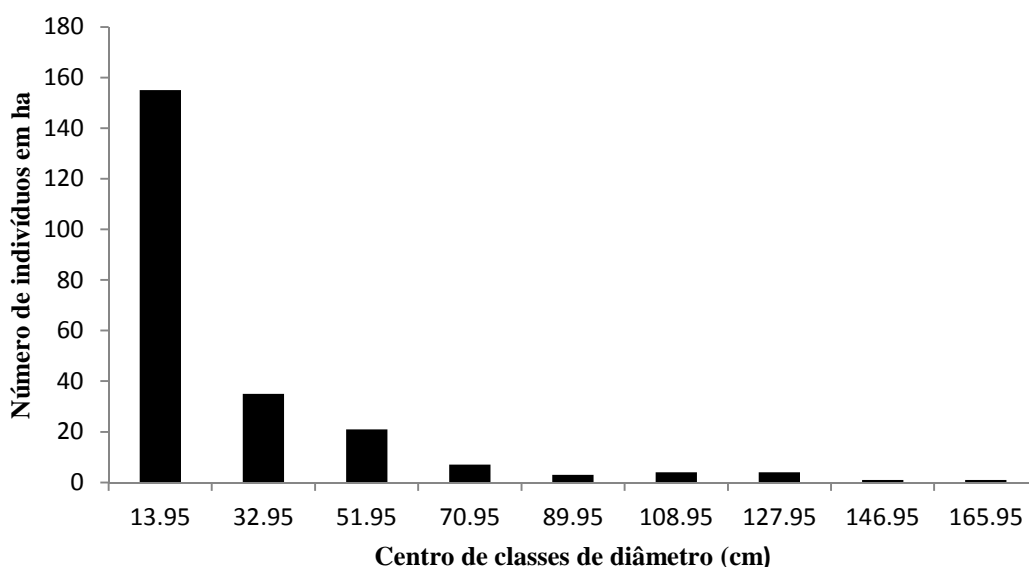


FIGURA 1: Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Mora paraensis* presentes no ambiente de várzea, na Resex do Rio Cajari, Amapá.

FIGURE 1: Diameter distribution of individuals of *Mora paraensis* presents in the floodplain environment in Resex Cajari River, Amapá.

Para os resultados de análise do solo, o número total de componentes principais gerados, foi de 3 componentes, considerando valores acima de 96 % de variância acumulada, observados na Tabela 1.

TABELA 1: Componentes principais (fatores) formados para representar informações Solos de várzea, na Reserva Extrativista Do Rio Cajari, Rio Ajuruxí-AP.

TABLE 1: Components main (factors) formed to represent information floodplain soils in the Extractive Reserve Cajari River, Rio Ajuruxí-AP.

Fator	Solo Várzea		
	Autovalor	% Variância	Acumulativo variância
1	821,7043	86,51502	86,5150
2	69,8858	7,35808	93,8731
3	25,6539	2,70103	96,5741

Dos componentes principais do solo, observou-se que o fator 1, é o que melhor explica, as variáveis: ph, Potássio(k), Alumínio(Al), acidez potencial(H+Al), Saturação por base(V)Argila e Silte, apresentadas na Tabela 2.

O fator 2 explica as variáveis: Saturação por alumínio(M), Areia grossa, Areia fina e Areia total.

O fator 3 explica respectivamente as variáveis: Matéria orgânica(MO)Fósforo(P), Ca+Mg, Cálcio(Ca),Saturação po base(SB) e CTC.

O estudo de relação das variáveis da população ao efeito dos atributos do solo, foram relacionadas 3 funções canônicas observadas na Tabela 3. No qual apenas a função canônica 1, foi significativa pelo teste $X^2(p=0,071)$. Sendo a que mais explicou as relações entre solo e a população da espécie amostrada, apresentou valor de correlação canônica de 0.779.

Dos componentes selecionados para os solos de várzea, foi observado que o fator 1 é o que melhor explica as variáveis ph, Matéria orgânica (MO), Potássio(k), Alumínio(Al), acidez potencial(H+Al) e areia fina. Foi o que também explicou todas as correlações existentes entre os grupos de variáveis do solo e da população mais significativamente.

Na Tabela 4, são apresentadas as cargas canônicas em relação às variáveis analisadas da vegetação e solo, observou-se que a variável canônica 1º obteve maior relação ao DAP médio (-0.773) com as variáveis do solo do fator1(0.942). Isso comprova que os atributos como ph, Matéria orgânica (MO), Potássio(k), Alumínio(Al), acidez potencial(H+Al) e areia fina são responsáveis pela influência desta variável. Indicando que quanto maior o nível dos atributos do solo representado no fator 1, menor os diâmetros médios da população da espécie na área de estudo.

TABELA 2: Matriz fatorial dos componentes principais (fatores), para representar as informações do solo da várzea da Reserva Extrativista do Rio Cajarí-AP.

TABLE 2: Factorial matrix of principal components (factors), to represent the information in the floodplain soil of the Extractive Reserve of Rio Cajarí-AP.

Variáveis	Solo várzea		
	1	2	3
PH	0,1173	-0,03412	0,00573
MO	-0,4778	1,97065	-4,63307
P	1,0777	5,25088	0,68835
K	-0,0161	0,00982	-0,00908
Ca+Mg	-0,3170	-0,15583	-0,71395
Ca	-0,1102	-0,22894	-0,28368
Al	-0,0568	0,04693	0,02791
H+AL	-0,7623	0,35684	-0,43429
SB	-0,3331	-0,14601	-0,72303
CTC	-1,0955	0,21084	-1,15732
V	1,2632	-1,05809	-0,00601
M	-0,3661	0,36729	0,26516
ARGILA	-19,6525	2,31185	0,50246
AREIA GROSSA	-0,3777	-0,59027	-0,38923
AREIAFINA	-0,6736	-3,44978	-0,29940
AREIA TOTAL	-1,0512	-4,04005	-0,68864
SILTE	20,7037	1,72820	0,18618

TABELA 3: Representação das funções e correlações canônicas encontradas para os grupos das variáveis de vegetação e das variáveis de solo.

TABLE 3: Representation of the functions and canonical correlations found for groups of the variables of vegetation and soil variables.

Fatores	Várzea		
	Função canônica	X ²	Probabilidade
1	0.779	15.816	0.071
2	0.287	1.361	0.851
3	0.041	0.026	0.871

Observa-se que a segunda carga canônica, e o fator 3 do solo (Matéria orgânica (MO) Fósforo (P), Ca+Mg, Cálcio (Ca), Saturação po base (SB) e CTC) não foi significativa para explicar as relações existentes entre os atributos do solo e a população da espécie

A terceira carga canônica foi a que apresentou maior correlação entre as variáveis (solo e população). Onde quanto menor o nível dos atributos do solo representados pelo fator 2, maior o número de indivíduos da espécie e menor a área basal da população das espécies amostrada.

Nesse sentido o desenvolvimento da população e seu crescimento horizontal está interligado aos fatores do solo.

TABELA 4: Cargas canônicas dos pares canônicos entre as características química e física do solo da várzea.

TABLE 4: Loads canonical of canonical pairs between the chemical and physical characteristics of the soil of the floodplain.

Variáveis Dependentes (vegetação)	Várzea		
	1°	2°	3°
índice de Redundância	0.144	0.022	0.001
NI	0.166	0.601	0.782
DAP médio	-0.773	0.503	-0.386
G	-0.300	0.432	-0.851
Variáveis Independentes (solo)			
F1s	0.942	0.118	0.314
F2s	0.335	-0.273	-0.902
F3s	-0.021	0.955	-0.297
índice de Redundância	0.202	0.028	0.001

De acordo com Aparício (2008) os valores de índices de redundâncias fornecerem a habilidade de que o conjunto de variáveis independentes tem de explicar a variabilidade existente nas variáveis dependentes e vice-versa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da distribuição diamétrica foi possível observar que a espécie apresenta indivíduos em todas as classes, bem adaptada às condições locais.

Os atributos do solo representados pelo fator 1 (ph, Potássio(k), Alumínio(Al), acidez potencial(H+Al), Saturação por base(V)Argila e Silte) estão relacionados diretamente com o DAP médio da *Mora paraensis* Duck, demonstrando que quanto maior a presença dos atributos do solo em questão menor o diâmetro dos indivíduos da espécie.

Em relação ao Fator 2 (Saturação por alumínio(M), Areia grossa, Areia fina e Areia total.) quanto maior a presença destes, maior a área basal, ou seja a ocupação dos indivíduos da espécie no solo, no entanto para o mesmo fator houve uma correlação inversa onde quanto maior os atributos do mesmo menor o número de indivíduos.

Com isso são necessários estudos sobre a distribuição espacial da espécie e suas cargas genéticas para uma melhor conclusão das relações estruturais das mesmas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

APARÍCIO, P. S. **Influência da matocompetição no crescimento inicial de povoamentos florestais de dois clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em áreas Amapaense.** 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal Rural de Pernambuco.

APARÍCIO, W.C.S. **Estrutura da Vegetação em Diferentes ambientes na Resex do Rio Cajari: Interações Solo-Floresta e Relações com a Produção de Castanha,** 2010. 150p. Tese. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 150p. 2010.

FALESI, I.C.; SILVA, B.N.R. da. **Ecosistemas de várzeas da região do Baixo Amazonas.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 75p.

HAIR, Jr. J.F. **Análise Multivariada de Dados.** Porto Alegre, Bookman, 2005, 593p.

IEPA. INSTITUTO DE PESQUISAS CINETÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE/Equipe Técnica do ZEE – AP.** Macapá: IEPA – ZEE, 2002. 140p.

MIRANDA, Z. P. **Aspectos Morfofisiológicos e Ecológicos de *Mora paraensis* Ducke (Leguminosae-Caesalpinioideae).** Amapá, 2009, 88p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) Universidade Federal do Amapá.

QUEIROZ, J.; LEITE, A. Potencial de utilização madeireira de espécies florestais de várzea no município de Mazagão velho. **Floresta** Curitiba, PR, v.37, n.2, maio/agost.2007.

QUEIROZ, J.; LEITE, A. **Estrutura e dinâmica em uma floresta de várzea do rio Amazonas no Estado do Amapá.** 2008, 108p. Tese. Universidade Federal do Paraná.

RABELO, F. G. **Composição florística, estrutura e regeneração de ecossistemas florestais na região estuarina do rio Amazonas-Amapá-Brasil.** 1999. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.

SILVA, A.C. **Madeiras da Amazônia: características gerais, nome vulgar e usos.** Manaus: SEBRAE, 2002. 237 p.

DEPENDÊNCIA ESPACIAL DE DIFERENTES ALTURAS DAS ÁRVORES EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA SECUNDÁRIA NA REGIÃO DO REBORDO DO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL

SPATIAL DEPENDENCE OF DIFFERENT HEIGHTS OF THE TREES IN A FRAGMENT OF SECONDARY FOREST IN PLATEAU REGION OF THE RIO GRANDE DO SUL

Lúcio de Paula Amaral¹; Michelle Dullius²; Luiz Thiago Brondani Greff³; Regiane Aparecida Ferreira⁴; Ricardo Simão Diniz Dalmolin⁵; Paulo Renato Schneider⁶

RESUMO

A metodologia geoestatística permite a análise de dependência espacial e a caracterização da variabilidade espacial, possibilitando estimar variáveis de interesse para locais não amostrados através da interpolação, facilitando o planejamento de intervenções. Com isso, objetivou-se neste trabalho avaliar a estrutura de continuidade espacial da altura das árvores de um fragmento de floresta secundária na região do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. Para caracterizar a vegetação, foram alocadas sistematicamente 23 parcelas de 200 m² cada, distribuídas em quatro transectos. O critério de inclusão para a vegetação arbóreo-arbustiva foi a circunferência a altura do peito (CAP) maior que 15,7 cm, e as variáveis medidas foram altura total e altura da copa, obtendo-se por diferença a altura de fuste. Primeiramente, utilizou-se o programa Track Maker Profissional® versão 3.8 para obter as coordenadas das unidades e o limite da área por GPS. Essas coordenadas alimentaram uma planilha eletrônica para localização das variáveis de interesse no espaço, e realizou-se também a estatística descritiva para melhor conhecer essas variáveis. Posteriormente, no programa GS+ versão 7, foram realizadas a análise variográfica, validação cruzada e elaboração de mapas de isovalores. As alturas total média, média dos fustes, e média das copas apresentaram forte dependência espacial. Não houve diferença estatística entre valores reais e estimados, e o erro padrão de estimativa, para todas as alturas analisadas, foi inferior a um metro, mostrando o potencial da geoestatística para realizar estimativas. Conclui-se que a média não consegue representar o comportamento das alturas, sendo aconselhável utilizar a variável regionalizada para a tomada de decisões na floresta.

Palavras-chave: geoestatística; estimativas de alturas; manejo florestal de precisão

ABSTRACT

The geostatistical methodology allows the analysis of spatial dependence and characterization of spatial variability, the estimation of variables of interest to non-sampled locations through interpolation, facilitating the planning of interventions. Thus, this study aimed to evaluate the structure of spatial continuity of the height of the trees in a secondary forest fragment on the edge of the plateau region of Rio Grande do Sul, to characterize the vegetation, were systematically allocated 23 plots of 200 sq.m. each distributed in four transects. The inclusion criteria for the vegetation of trees and shrubs was the circumference at breast height (CAP) greater than 15.7 cm, and the variables measured were total height and the canopy, resulting the difference in a height of stem. First we used the program Track Maker Professional ® version 3.8 for the coordinates of the units and the limit of GPS area. These coordinates fed a spreadsheet to locate the variables of interest in space, and also took place descriptive statistics to better understand these variables. Later in the program GS + version 7, there were variography analysis, cross validation and mapping of isovalores. The total average height, average of the shafts, and average canopy showed a strong spatial dependence. There was no statistical difference between actual and estimated values, and standard error of estimate for all times studied, was less than one meter, showing the potential of geostatistics to make estimates. It is concluded that the average can not represent the behavior of the heights, it is advisable to use the regionalized variable for decision-making in Forest.

Keywords: geostatistics; estimates of heights; precision forest management

INTRODUÇÃO

¹ Engenheiro Florestal, Doutorando do PPGEF, CCR, UFSM, lpamaralengflorestal@gmail.com

² Engenheira Florestal, Mestranda do PPGCS, CCR, UFSM, mi_ufsm@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal, Mestrando do PPGEF, CCR, UFSM, thiagoflorestal@yahoo.com.br

⁴ Engenheira Florestal, aluna especial do curso de mestrado do PPGEF, UFSM, regianeferreira220@hotmail.com

⁵ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, dalmolin@ufsm.br

⁶ Professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, paulors@smail.ufsm.br

No setor florestal, o conhecimento sobre seus recursos dá-se através da medição e da estimação de variáveis dendrométricas, além de muitas características das áreas sobre as quais as árvores estão crescendo, por meio de instrumentos e métodos apropriados (SOARES et al., 2011).

Batista (1998) afirma que o objetivo de qualquer levantamento de recursos naturais é obter informações que possam ser utilizadas nas tomadas de decisões. A tomada de decisão na área florestal deve envolver o abastecimento contínuo com produtos florestais com o mínimo dano ao ambiente e que assegure a perpetuidade da produção. Assim a mensuração florestal torna-se um importante elemento no manejo florestal, uma vez que fornece informações precisas sobre a floresta, permitindo a tomada de decisões adequadas no planejamento, ordenamento e realização de suas atividades.

Conforme Encinas et al. (2002), num povoamento florestal a determinação das variáveis mensuráveis se apóia em métodos diretos, quando o operador faz a medição diretamente na árvore enquanto que a estimativa baseia-se em medições indiretas ou processos estatísticos. Dentre as medidas indiretas obtidas das árvores pode-se citar a altura das árvores em pé, que fica fora do alcance direto do homem, sendo necessária, muitas vezes, a utilização de métodos óticos. Soares et al. (2011) define a altura total de uma árvore como a distância entre o solo e o final da sua copa. Também podem ser definidas outras alturas conforme o objetivo de estudo, como a altura da copa, definida como a distância entre o início e o final da copa da árvore; e altura do fuste, definida como a distância entre o solo e o começo da copa da árvore ou simplesmente como a diferença entre altura total e a altura da copa.

O conhecimento desta variável é fundamental para o manejo florestal, pois exprime as respostas em crescimento das árvores segundo o meio em que vivem, e sua medida é usada na estimativa de outras variáveis, como a determinação do volume, objetivo principal da dendrometria, e também exprime a qualidade de um local para produção de madeira.

O conhecimento da estrutura de continuidade espacial das características dendrométricas, assim como a altura da árvore, pode propiciar um eficiente controle de variação sobre as variáveis que se deseja estimar. Nesse contexto, faz-se o uso da geoestatística na modelagem da variabilidade espacial para compreender os mecanismos de estimativa de dados dispersos espacialmente georreferenciados.

Métodos clássicos de análise estatística de dados geralmente supõem que a ocorrência das variáveis aleatórias são independentes entre si, ou seja, que observações vizinhas não exercem influências umas sobre as outras. No entanto, fenômenos naturais apresentam-se freqüentemente com certa estruturação nas variações entre vizinhos, indicando que as variações não são aleatórias e, portanto, apresentam algum grau de dependência espacial ou temporal, que nas técnicas clássicas de amostragem são tidas como erro não amostral, sendo estas características naturais de uma dada população desprezadas. A análise espacial de dados apresenta-se como uma alternativa e/ou como uma complementação da análise clássica de dados, sendo que este tipo de análise considera as correlações entre as observações quando se fazem estimativas (GUIMARÃES, 2004).

Para Mello (2004), os métodos tradicionais de estatística usados para análise dos inventários florestais não exploram suficientemente as relações que possam existir entre as unidades amostrais, pois utilizam-se de uma medida central (média) e uma de dispersão (variância) para descrever um determinado fenômeno, sem levar em consideração, as possíveis correlações entre observações vizinhas.

Dessa forma, a geoestatística difere da estatística clássica, basicamente, na forma de avaliar a variação dos dados. Enquanto a estatística clássica pressupõe não haver relação entre a variação e a distância entre pontos de amostragem, isto é, as variações são aleatórias no espaço, a geoestatística considera existir uma dependência da variação com o espaço de amostragem e que, em parte, essas variações são sistemáticas (PIRES et al., 2011).

O emprego da geoestatística introduz uma nova e importante dimensão para a análise da interação entre propriedades de um conjunto de dados: a regionalização dos dados. Sendo assim, a variabilidade espacial de um conjunto de dados pode ser estudada por meio de ferramentas da geoestatística, a qual fundamenta-se na Teoria das Variáveis Regionalizadas, formalizada por Matheron (1963). Uma variável regionalizada é uma função numérica com distribuição espacial, que varia de um ponto a outro com continuidade aparente, mas cujas variações não podem ser representadas por uma função matemática simples. Assim, os valores de uma variável estão, de alguma forma, relacionados à sua disposição espacial e, portanto, as observações tomadas à curta distância se assemelham mais do que aquelas tomadas a distâncias maiores (PIRES et al., 2011).

A geoestatística tem sido usada em geociências como uma ferramenta que transforma o conhecimento físico de um fenômeno em uma grandeza numérica para, por meio da estimativa, adensar o conjunto de informações. A grande vantagem da geoestatística é a incorporação junto ao valor estimado da variável, o modelamento da incerteza associada à estimativa.

Pires et al. (2011) resume a geoestatística como um conjunto de técnicas estatísticas utilizadas para analisar a variabilidade e estimar valores de uma variável de interesse. Sendo os valores dessa variável fisicamente relacionados no tempo e no espaço e dependentes, ou seja, existe uma continuidade espacial e/ou temporal. E sua estrutura metodológica consiste num conjunto de procedimentos que quantificam a continuidade espacial, da variável estudada. Esses procedimentos estabelecem modelos de

interpolação espacial tendo como base sua variabilidade estrutural e modelos que quantificam a incerteza associada à estimativa dos valores da variável.

Como procedimento inicial, a dependência espacial de uma determinada variável é verificada através do semivariograma que consiste em um gráfico que expressa a variação do atributo com a distância entre pontos no campo de amostragem. A variância total do atributo é desmembrada em diferentes distâncias amostradas e, com isso, objetiva-se encontrar a estrutura da variância. Se a variância aumenta com o incremento da distância, isto quer dizer que a variância e a distância covariam do que se pode concluir que são variáveis dependentes.

O gráfico da semivariância em função da distância mostrará uma série de pontos discretos que é chamado semivariograma experimental. Uma função contínua deve ser ajustada às semivariâncias experimentais. A escolha do modelo de semivariograma que será utilizado é um dos aspectos mais importantes da geoestatística. Todos os cálculos da geoestatística dependem do modelo de semivariograma ajustado e, conseqüentemente, se o modelo ajustado não for apropriado, todos os cálculos seguintes conterão erros que poderão afetar as inferências, portanto o ajuste de semivariograma é uma fase crucial na análise geoestatística e deve receber uma atenção especial (ZIMBACK, 2003). Automaticamente modelos teóricos de semivariogramas são superpostos à seqüência de pontos obtidos no variograma experimental, de modo que a curva que melhor se ajustou aos pontos obtidos represente a magnitude, alcance e intensidade da variabilidade espacial da variável estudada. A confirmação do modelo que fornece o melhor ajuste é efetuado por meio da escolha do modelo que apresentou o menor erro.

Uma aplicação imediata do semivariograma é a utilização das informações geradas por ele na interpolação, ou seja, na estimativa de dados e posterior mapeamento da variável. O interpolador que utiliza o semivariograma em sua modelagem é chamado de krigagem (ZIMBACK, 2003).

Camargo (1997) em seu estudo discute sobre a questão focal de como os dados coletados em um trabalho podem ser convertidos em informações. O autor explica que, em muitos casos, analistas desejam converter os dados para mapas de contorno, diagramas de perspectiva ou imagens, com a finalidade de representar graficamente a variação espacial dos dados, e em outros casos, deseja-se inferir valores em localizações particulares entre os pontos amostrados. E para ambas as situações, o processo de interpolação é necessário. As propriedades naturais da superfície terrestre são espacialmente contínuas, sendo restritivo descrevê-las através de simples funções matemáticas que não respondem às questões acima formuladas. Modelos inferenciais para este objetivo vêm sendo propostos. A krigagem é um desses modelos, e sua base conceitual está fundamentada na teoria das variáveis regionalizadas e nas funções aleatórias.

Landim (1998) descreve a Krigagem como uma série de técnicas de análise de regressão que procura minimizar a variância estimada, a partir de um modelo prévio, que leva em conta a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço.

O simples fato de que, através da krigagem, pode-se conhecer também a variância da estimativa, diferencia-os de qualquer outro método. Esta é uma propriedade interessantíssima, pois, além de permitir a estimativa de valores sem tendência para os locais onde estes não foram medidos, ainda se pode conhecer a confiança associada a estas estimativas, as quais podem ser chamadas de ótimas (ZIMBACK, 2003).

Vários métodos são utilizados para verificar a qualidade do ajuste do semivariograma aos dados experimentais como a técnica de validação cruzada ou autovalidação.

O processo de validação cruzada, de acordo com Myers (1997, apud ZIMBACK, 2003), é bastante simples: remove-se um dado do conjunto de dados amostrais e, usando-se um estimador e função ponderada relacionada com a distância, estima-se o valor retirado, utilizando-se as amostras remanescentes. Tem-se, agora, dois valores para o mesmo ponto, o real e o estimado. O erro da estimação pode ser calculado pela diferença entre o valor real e o estimado, sendo repetido para cada local amostrado. O erro padrão de estimação avalia quantitativamente o ajuste do variograma e os erros dele decorrentes na Krigagem.

Portanto as ferramentas da geoestatística permitem a análise de dependência espacial, a partir do ajuste de semivariogramas experimentais a uma função simples, segundo um modelo matemático, e a caracterização da variabilidade espacial, por meio do mapeamento da variabilidade a partir da estimativa, sem tendenciosidade de dados para locais não amostrados. Com a utilização destas ferramentas, podem-se analisar, adequadamente, dados de experimentos, com a possibilidade de obter informações não reveladas pela estatística clássica.

A preocupação com a estrutura espacial de características dendrométricas não é assunto novo para a Ciência Florestal Mundial, mas é para a Ciência Florestal Brasileira. Osborne (1942) e Matérn (1960) apresentaram a função exponencial para caracterizar a continuidade espacial de volumes de madeira obtidos de amostras sistemáticas.

Samra et al. (1989) procuraram modelar o crescimento de altura para *Melia azedarach* L. na Índia fazendo uso de técnicas da Geoestatística. A associação de técnicas geoestatísticas com sensoriamento remoto foram trabalhadas por Cohen et al. (1990) e Wulder et al. (1996). Estes autores

procuraram caracterizar a estrutura de copa de coníferas a partir de imagens de satélite e parâmetros biofísicos, tais como índice de área foliar e área basal, e concluíram ter sido possível usar métodos geoestatísticos de krigagem para mapeamento da altura dominante e área basal na área estudada.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estrutura de continuidade espacial das diferentes alturas das árvores em um fragmento de floresta secundária na região do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área

O trabalho foi realizado em um fragmento de floresta secundária localizado em uma região de transição entre o Planalto e a Depressão Central, denominada Rebordo do Planalto, situado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, no município de Itaara, localizado na Serra de São Martinho, com uma extensão territorial de 132,6 Km², estando situado a 29° 30' 15,2" de latitude Sul e 53° 46' 06,5" de longitude Oeste. A localização da área de estudo está representada na Figura 1.

No Rebordo do Planalto (RS) ocorre predomínio de rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral, formada por sucessivos derrames de lavas da Era Mesozóica (MÜLLER FILHO, 1970). A área possui relevo ondulado a montanhoso com escarpas abruptas, onde são comuns vales estreitos em forma de "V", predominando declividade da região em média de 13 a 45%, porém, podendo ocorrer locais com declividades superiores a 100%. Em relação às altitudes, as áreas do rebordo podem alcançar até 475 metros (MACIEL FILHO, 1990). Nessa região ocorrem diferentes classes de solo, apresentando Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos em áreas mais declivosas, associados às vezes aos Cambissolos Háplicos; em áreas menos declivosas ocorrem os Chernossolos Argilúvicos, Luvisolos Crômicos, Argissolos Vermelhos e Argissolos Bruno-Acinzentados; e nas áreas mais antigas podem ocorrer Nitossolos Vermelhos e Nitossolos Brunos. Devido ao relevo e a pedregosidade, essas áreas são propícias para a conservação da fauna e flora (PEDRON e DALMOLIN, 2011).

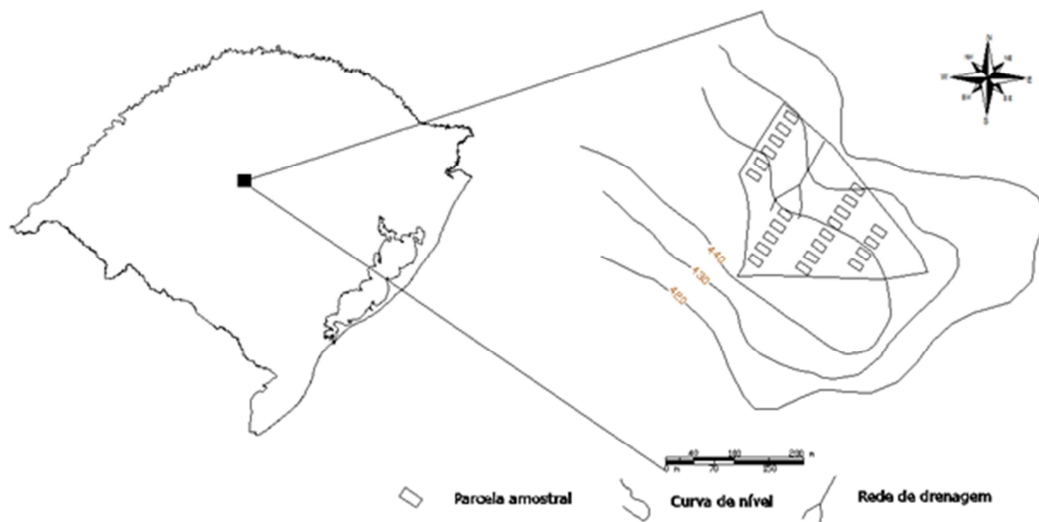


FIGURA 1: Representação da área de estudo e da malha amostral.

FIGURE 1: Representation of the study area and the sampling grid.

O clima da região é denominado subtropical, pertencente à variedade específica "Cfa", definida por apresentar temperatura média do mês mais frio, entre -3°C e 18°C e, do mês mais quente, superior a 22 °C, conforme o sistema de classificação de Köppen. A precipitação média anual, distribuída durante todo o ano, está entre 1.500 a 1.750 mm (IPAGRO, 1989).

A vegetação pertence à região fitogeográfica de Floresta Estacional Decidual (OLIVEIRA, 1991) sendo composta pelas espécies características: *Nectandra megapotamica* (Canela-preta), *Alchornea triplinervea* (Tanheiro), *Cupania vernalis* (camboatá-vermelho), *Luehea divaricata* (Açoita-cavalo), *Casearia sylvestris* (Chá-de-bugre), *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho), *Patagonula americana* (Guajuvira), *Matayba elaeagnoides* (Camboatá-branco) e *Allophylus edulis* (Chal-chal) (RIO GRANDE DO SUL, 2001).

Amostragem

Para a coleta de dados do presente estudo adotou-se o método de amostragem sistemática com parcelas de área fixa com dimensões de 20 m x 10 m de forma a cobrir a variabilidade da área. As unidades amostrais estão distribuídas em transectos que cortam toda a extensão da encosta, no sentido de maior declividade (sudoeste-nordeste). A distância entre os transectos é de 40 metros, e entre as parcelas em cada transecto é de 10 metros. Os transectos foram abertos utilizando-se para a orientação, bússola e balizas, bem como aparelho de GPS (*Global Position System*) para a localização. As parcelas amostrais foram delimitadas por seis estacas de madeira com fita de demarcação. Ao todo foram alocadas 23 parcelas, distribuídas em quatro transectos.

Foi realizado um inventário florestal, adotando-se como critério de inclusão para a vegetação arbóreo-arbustiva a circunferência a altura do peito (CAP) maior que 15,7 cm. Para cada indivíduo, foi registrado o nome científico, a circunferência a altura do peito medida com fita métrica, a altura total medida com Hipsômetro Digital *Vertex Forestor* para a maior árvore da parcela e a altura das demais estimadas com vara graduada de sete metros, a altura de copa e a posição sociológica. Para as árvores que não foram identificadas *in loco* fez-se coleta de material botânico para posterior identificação no Herbário do Departamento de Ciências Florestais.

Procedimento de análise

Os dados de GPS foram manuseados primeiramente no programa Track Maker Professional® versão 3.8 (Copyright© 1998-2004), alimentando posteriormente uma planilha de dados, onde as variáveis altura total média, altura média do fuste e altura média de copa por parcela foram ancoradas as coordenadas centrais das unidades amostrais – ua, onde foi também realizada uma análise descritiva para melhor conhecer as variáveis estudadas.

Essa planilha foi importada para o programa GS+ versão 7.0, (Copyright© 1989-2004), onde foram realizadas a análise variográfica – ajuste do semivariograma “a sentimento”, ou seja, por meio de tentativa e erro conforme experiência do pesquisador; a validação cruzada e a interpolação, com a técnica da krigagem pontual ordinária (GS+, 2000).

O roteiro de análise resumiu-se então em estatística descritiva, análise variográfica, validação cruzada e elaboração de mapas de isolinhas (AMARAL, 2010).

Na análise espacial, a escolha dos modelos, na geração do semivariograma, foi realizada com base na menor soma dos quadrados dos resíduos (SQR), na classe de dependência espacial conforme Zimback (2001), nas condições das retas dos dados reais e estimados na validação cruzada e nas isolinhas obtidas no mapa (AMARAL, 2010). Segundo Guimarães (2004), no ajuste do modelo a sensibilidade do usuário é muito mais importante do que os valores de SQR e R^2 e, portanto, tentativas de ajustes diferentes ao proposto pelo programa devem ser utilizadas, mesmo que isso cause queda no valor de R^2 e acréscimo no valor de SQR.

A qualidade dos ajustes dos semivariogramas aos dados experimentais pode ser verificada por vários métodos, onde Vieira et al. (1983), sugerem o método de ajuste por tentativa e erro (ajuste a critério do observador) associado à avaliação do modelo pela técnica da validação cruzada. Para Guimarães (2004) a validação cruzada deve ser feita com base em todos os parâmetros e não com base em parâmetros isolados. Segundo Ortiz et al. (2010) nem sempre o modelo que apresenta menor efeito pepita é o que melhor se ajusta aos dados pela validação cruzada.

Para avaliar a qualidade das estimativas geradas na validação cruzada, realizou-se uma ANOVA – Análise de Variâncias, realizada no Assistat versão 7.6 beta, devido ao fato das retas de valores reais e estimados não estarem sobrepostas, pelo fato de haver um baixo número de pares de dados, e em função da distribuição das unidades amostrais no fragmento, sendo uma medida de precaução para verificar a presença de grandes erros de estimativas durante a krigagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva – Tabela 1, apresenta as medidas de posição (média, mediana e moda), medidas de dispersão (valor mínimo e máximo, desvio padrão e variância (S^2)) e medidas de forma (assimetria, curtose e coeficiente de variação (CV%)).

Os valores de média e mediana foram próximos entre si, indicando que o ponto central dos valores analisados é similar a média aritmética das variáveis analisadas, não havendo discrepâncias acentuadas para as mesmas, apresentando um baixo coeficiente de variação, abaixo de 30 %, de acordo com os parâmetros propostos por Gomes (1976), apresentando também baixa variância, o que pode facilitar o ajuste do semivariograma experimental aos dados de campo. Porém, existe uma restrição ao conjunto de dados utilizados, 23 pares de dados, uma vez que alguns autores afirmam que o ideal para análise geoestatística é ter no mínimo 30 a 100 pares de dados, podendo levar a erros de estimativas.

TABELA 1: Análise estatística descritiva das alturas médias das árvores analisadas nas unidades amostrais do fragmento florestal em Itaara-RS.

TABLE 1: Descriptive statistical analysis of average heights of trees in the analyzed sample units in the forest fragment Itaara-RS.

Variável	Média	Mediana	Moda	Valor Mín.	Valor Max.	S ²	Desv. Padrão	Assimetria	Curtose	CV %
Altura total média (m)	8,36	8,38	Amodal	6,88	9,50	0,4029	0,1324	-0,3934	0,2137	7,60
Altura média dos fustes (m)	6,15	6,20	Amodal	5,00	7,15	0,3009	0,5486	-0,2725	-0,2754	8,92
Altura média das copas (m)	2,20	2,13	Amodal	1,65	3,50	0,1930	0,4393	1,4450	2,4407	19,95

As três variáveis analisadas, altura total média, altura média dos fustes e altura média das copas, obtidas para as árvores das unidades amostrais apresentaram bons resultados nas análises semivariográficas (Tabela2), utilizando-se o modelo Gaussiano (Figura 2a, 2b e 2c), e também nas validações cruzadas (Figura 2d, 2e e 2f), apresentando forte dependência espacial (82,7 %; 95,4 %; 98,4 %), resultando em bons mapas de isovalores para estas variáveis dendrométricas (Figura 2g, 2h e 2i).

TABELA 2: Parâmetros semivariográficos das alturas médias das árvores analisadas nas unidades amostrais do fragmento florestal em Itaara-RS.

TABLE 2: Parameters of semivariográficos average heights of trees in the analyzed sample units in the forest fragment Itaara-RS.

Variável	Modelo	Efeito Pepita (Co)	Patamar (Co+C)	Alcance (C) (m)	R ²	SQR	C/(C+Co)	Dependência Espacial
Altura total média (m)	Gaussiano	0,11000	0,63600	86,43	0,906	0,01130	0,827	Forte
Altura média dos fustes (m)	Gaussiano	0,01260	0,27620	115,18	0,928	5,14E ⁻⁰⁵	0,954	Forte
Altura média das copas (m)	Gaussiano	0,00480	0,30360	60,45	0,788	0,01470	0,984	Forte

Onde: R² = coeficiente de determinação; SQR = Soma dos Quadrados dos Resíduos

TABELA 3: Validação cruzada da krigagem para as alturas médias das árvores analisadas nas unidades amostrais do fragmento florestal em Itaara-RS.

TABLE 3: Cross-validation of kriging for the average heights of trees in the analyzed sample units in the forest fragment Itaara-RS.

Variável	Erro Padrão	Erro Padrão Estimativa	R ²	Equações
Altura total média (m)	0,307	0,611	0,113	Valor Real = 0,409 + 4,22 . Valor Estimado
Altura média dos fustes (m)	0,167	0,336	0,418	Valor Real = 0,649 + 0,73 . Valor Estimado
Altura média das copas (m)	0,193	0,488	0,208	Valor Real = 0,454 + 3,34 . Valor Estimado

Onde: R² = coeficiente de determinação

Assim, há uma grande diferença em caracterizar as três alturas somente pela média (Figura 3a, 3b e 3c) em relação a variável regionalizada (Figura 2g, 2h e 2i), que é a base da geoestatística.

Comparando os mapas, para cada uma das alturas, as cores para as médias nos mapas da Figura 3 são as mesmas (amarelo, verde, e amarelo) das regiões de isovalores delimitadas nos mapas da Figura 2, sendo a faixa mais próxima da média, para mostrar o quanto esta medida de posição deixa de representar as respectivas alturas.

No caso da média, se tem o desvio padrão como estimador do erro da média, que é oriundo da variância dos dados, mas neste caso não se sabe para um determinado ponto o quanto é essa variância ou desvio padrão para a média, pois, de uma maneira geral, são parâmetros oriundos de simples extrapolações do que se observa nas unidades amostrais para o hectare, e depois para a área total.

Dessa forma, não se sabe como a variável se comporta em diferentes pontos (principalmente nos não amostrados) ao longo da área de estudo, sendo uma informação muito diferente para o gestor florestal, uma altura total média caracterizada pela média de 8,36 m, em relação a uma altura total média que varia de 7,00 a 9,50 m, e ainda tendo a localização de onde ocorrem classes de variação dessa variável, o que permite interferência específica para cada local da floresta, fazendo-se assim a silvicultura, o manejo e/ou a colheita de precisão.

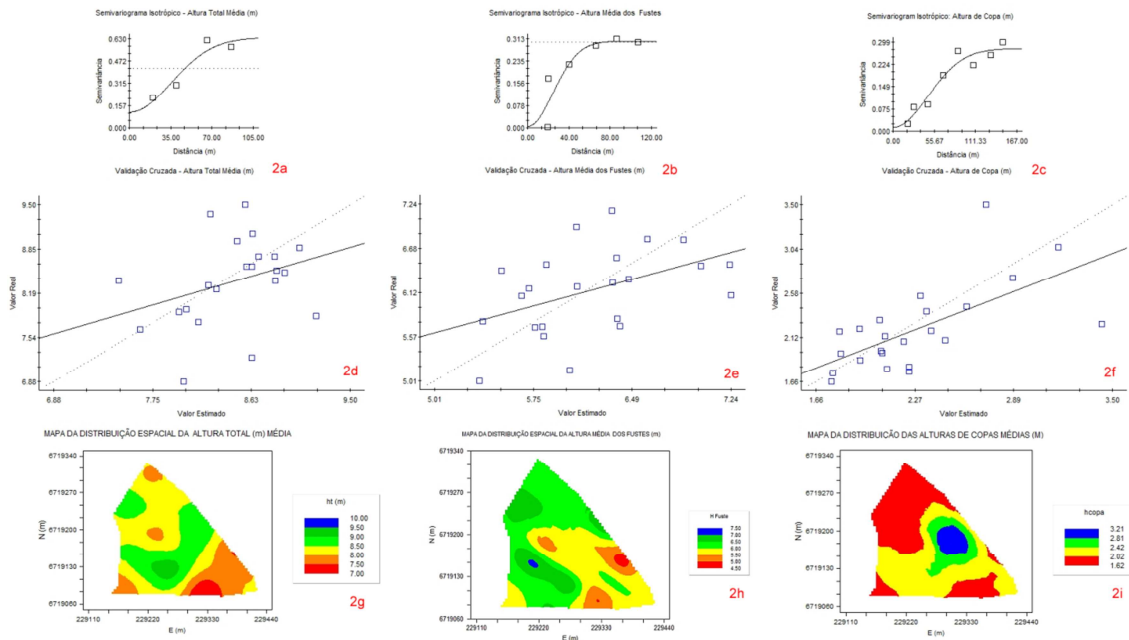


FIGURA 2: Semivariograma, validação cruzada e mapa de isovalores para as alturas médias das árvores por unidade amostral

FIGURE 2: Semivariogram, cross validation and map isovalores for the average heights of trees per unit sample analyzed

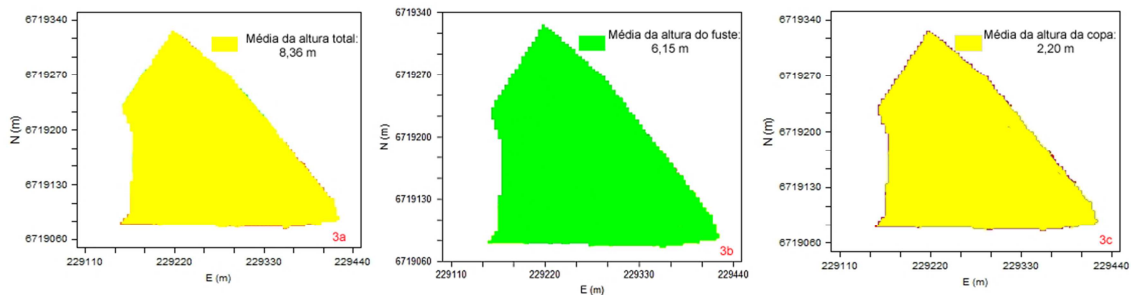


FIGURA 3: Médias das alturas médias das árvores analisadas nas unidades amostrais

FIGURE 3: Mean average heights of the trees analyzed in the sample units

De maneira geral, com a estatística clássica, se conhece a média, mas não se sabe quanto é o desvio padrão ($1\sqrt{S^2}$, $2\sqrt{S^2}$, ..., $x\sqrt{S^2}$) em um dado ponto dentro dos limites espaciais de interesse, não tendo condições de saber o quanto é o erro de estimativa, ou seja, se há super ou subestimativas, o que não se permite hoje em qualquer empreendimento florestal.

Essa metodologia pode ser aplicada a qualquer variável da floresta, desde que ela possua dependência espacial, ou correlação, como diz a estatística clássica, que é feita quando se avalia a condição ou a dispersão dos resíduos, e que geralmente apresenta correlação em série, positiva ou negativa, sendo essa característica natural das populações classificada como erro não amostral.

A ANOVA individualizada para as três variáveis analisadas, foram compostas por 2 tratamentos, sendo um o valor real observado no campo, e outro o valor estimado pela validação cruzada, onde depois de ajustado o semivariograma, se retira um valor do conjunto de dados e se estima um valor para aquele ponto. Como não foi observada diferença estatística, pode-se considerar boas as estimativas das três alturas avaliadas (Tabela 4).

TABELA 4: ANOVA para valores reais e observados gerados na validação cruzada das alturas médias das árvores analisadas nas unidades amostrais do fragmento florestal em Itaara-RS
 TABLE 4: ANOVA for actual and observed values generated in the cross-validation of the average heights of trees in the analyzed sample units in the forest fragment Itaara-RS

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F
Altura total média (m)				
Tratamentos	1	0,09645	0,09645	0,3115 NS
Resíduo	42	13,00547	0,30965	
Total	43	13,10192		
Média do valor real: 8,36 a		Média do valor estimado: 8,46 a		
Altura média dos fustes (m)				
Tratamentos	1	0,01571	0,01571	0,0518 NS
Resíduo	44	13,33219	0,30300	
Total	45	13,34790		
Média do valor real: 6,15 a		Média do valor estimado: 6,19 a		
Altura média das copas (m)				
Tratamentos	1	0,07201	0,07201	0,3661 NS
Resíduos	44	8,65337	0,19667	
Total	45	8,72538		
Média do valor real: 2,20 a		Média do valor estimado: 2,28 a		

Onde: NS = Não significativo a 5% de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade

CONCLUSÕES

As alturas média, média dos fustes, e média das copas apresentaram forte dependência espacial. No entanto, o número de pares de dados deve ser maior e a sua distribuição ao longo do fragmento otimizada, para que melhore a relação entre valores reais e estimados na validação cruzada, os parâmetros do ajuste semivariográfica, e se defina melhor as regiões de isovalores nos mapas de distribuição espacial.

Não houve diferença estatística entre valores reais e estimados, e o erro padrão de estimativa, para todas as alturas analisadas, foi inferior a 1 metro, mostrando o potencial da geoestatística para realizar estimativas.

Comparando média e variável regionalizada, a primeira não consegue representar o comportamento das alturas, sendo aconselhável utilizar a variável regionalizada, para fazer o planejamento do que será feito com a floresta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, L.P. **Geoestatística na caracterização do solo e vegetação em Floresta Ombrófila Mista**. Guarapuava, 2010, 134p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), UNICENTRO, 2010. 134p.

BATISTA, J. L. F. **Levantamentos florestais: conceitos de amostragem aplicados ao levantamento de florestas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais, 1998. 45 p.

CAMARGO, E. **Desenvolvimento, Implementação e Teste de Procedimentos Geoestatísticos (Krigagem) no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING)**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.

COHEN, W.B.; SPIES, T.A.; BRADSHAW, G.A. Semivariograms of digital imagery for analysis of conifer canopy structure. **Remote Sensing of Environment**, v.34, n.3, p.167-178, 1990.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; TICCHETTI, I. **Variáveis dendrométricas**. Comunicações Técnicas Florestais v.4, n.1 Brasília, outubro de 2002.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba, Editora CALQ/ESALQ, 1976. 250p.

GS+. **GS+ Geostatistical for environmental science**. Versão 5.0, Michigan: Gamma DesignSoftware, 2000.

- GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada**. UFU/FAMAT, Uberlândia, 2004. 77p.
- IPAGRO. Seção de Ecologia. **Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 296 mapas. 28 tab.
- LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo, Ed. UNESP, 1998. 226p.
- MACIEL FILHO, C. L. **Carta de unidades geotécnicas de Santa Maria-RS, Carta dos condicionantes a ocupação de Santa Maria-RS**. Santa Maria s.n., 1990. 1mapa.
- MATÉRN, B. **Spatial variation:stochastic models and their application to some problems in forest surveys and other sampling investigations**. Stockholm: Skogsforsknings Institut, 1960. 144p. (Skogsforsknings Institut. Meddelanden fran Statens Skogsforsknings Institut, v.49, n.5)
- MATHERON, G. **Principles of geostatistics**. Econ. Geol., 58:1246-1266, 1963.
- MELLO, J. M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), Piracicaba, SP.
- MÜLLER FILHO, I. L. **Notas para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil**. Santa Maria: Imprensa Universitária. UFSM. 1970. (Publicação Especial n.1).
- OLIVEIRA, M. de L. A. A. de. Dados florísticos preliminares e elaboração da flórua vascular da Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 41, p. 141-153, jun. 1991.
- ORTIZ, G. C.; PIEDADE, S. M. S.; OLIVEIRA, M. C. N. **Ajuste de modelos teóricos ao semivariograma experimental para dados de densidade do solo**. Disponível em: <<http://www.posgraduacao.ufla.br/gauss/congresso/47rbras/g4.pdf>>. Acesso 05 de mar., 2010.
- OSBORNE, J.G. Sampling errors of systematic and random surveys of cover-type areas. **Journal Statistics Association**, v.37, p.256-264, 1942.
- PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D. Solos do rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; KILCA, R. V. (Orgs.) **A Floresta Estacional Subtropical – Caracterização e Ecologia no Rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria, RS, 2011. 320p.
- PIRES, C. A. F.; STRIEDER, A. J.; DAL´ASTA, A. P. **Geoestatística: caderno técnico**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2011. 184p. (Série Naturais & Exatas)
- RIO GRANDE DO SUL, **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. SEMA/UFSM/DEFAP/FDF (Boletim Informativo). Porto Alegre, 2001. 15 p.
- SAMRA, J.S. GILL, H.S.; BHATIA, V.K. Spatial stochastic modelling of growth and forest resource evaluation. **Forest Science**, v.35, n.3, p.663-676, 1989.
- SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2.ed. – Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 272p.
- VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 51, n. 1, 75 p.1983.
- WULDER, M.; LAVIGNE, M.; FRANKLIN, S. High spatial resolution optical image texture for improved estimation of forest stand leaf area index. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v.22, n.4, p.441-449, 1996.
- ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solo para fins de mapeamento de fertilidade do solo**. Tese (Livre Docência na Disciplina de Levantamentos de Solos e Fotopedologia), Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 114p., 2001.
- ZIMBACK, C.R.L. **Geoestatística**. GEPAG FCA/UNESP. Botucatu, 2003. 25p.

FITOSSOCIOLOGIA DE UM FRAGMENTO FLORESTAL DA ÁREA REMANESCENTE DA USINA HIDRELÉTRICA PEIXE-ANGICAL, NO MUNICÍPIO DE PEIXE, TOCANTINS

PHYTOSOCIOLOGY IN A REMAINING ÁREA IN PEIXE-ANGICAL HYDROELECTRIC POWER IN PEIXE TOWN, TOCANTINS

Maria Cristina Bueno Coelho¹; Patrick dos Santos Bastos²; Elaine Aparecida Kroetz²; Marília Oliveira Camargo²; Dennis Veloso Pereira²; Leovigildo Aparecido dos Santos²; Mauro Luiz Erpen³

RESUMO

Em função da crescente consciência sobre a importância da preservação ambiental, e do avanço das leis que disciplinam a ação humana nas florestas de proteção, um alto interesse vem sendo despertado para os programas de revegetação em áreas degradadas. As matas ciliares degradadas, que margeiam os cursos d'água, são áreas que demandam prioridade para as ações de revegetação e/ou enriquecimento. Esta pesquisa tem como objetivo realizar o levantamento fitossociológico de um fragmento remanescente da Usina hidrelétrica Peixe-Angical, no município de Peixe, estado do Tocantins, com vista a propor a recuperação da área de APP com aproximadamente 9 ha de propriedade do rancho Reino Encantado. Foram amostradas 12 parcelas de dimensões 10 m x 50 m, contígua e inventariadas todas as árvores vivas com CAP maior ou igual a 20 cm. Foram medidos o CAP em centímetros, a altura total em metros, identificada a posição sociológica e a qualidade do fuste. Os indivíduos amostrados foram georreferenciados com o uso de GPS de navegação e foi feita a identificação botânica dos mesmos. Foram encontrados 51 indivíduos arbóreos, distribuídos em 29 famílias botânicas. A floresta remanescente estudada apresentou uma densidade total absoluta de 2460 árvores/ha. O índice de diversidade de Shannon foi de 3,02 indicando que o remanescente estudado apresentou uma alta diversidade florística.

Palavras-chaves: Fitossociologia; matas ciliares; recuperação.

ABSTRACT

The conscience about the environmental preservation and the law advancement that govern the human action in the protection forest is increasing; a high interest has been aroused to the replant programs in degraded areas. Degradation of riparian areas, that are border with water, are areas that require priority actions for revegetation and, or enrichment. This research has an objective to notice the phytosociological of a surviving fragment in Peixe- Angical hydroelectric power in Peixe town- Tocantins, proposing to recover the APP area, approximately 9ha of area, in Reino Encantado ranch. It was sampled 12 blocks of 10 X 50 m, contiguous and inventoried all alive trees with the equal or greater CAP than 20 cm. The CAP was measured in centimeters, the total height in meters, it was identified the sociological position and the stem quality. It was found 51 individual trees, and they were distributed in 29 botanical families. The individual sampled was through GPS and it was done the botanical identification. The forest that was studied has shown an absolute density of 2460 trees per hectare. The Shannon diversity index was 3,02 indicating that the studied forest has shown a high forest diversity.

Keywords: Phytosociology; riparian areas; recovery

INTRODUÇÃO

Áreas degradadas referem-se a ecossistemas alterados, onde perdas ou excessos são as formas mais comuns de perturbações e degradações ambientais. A retirada da cobertura vegetal, dependendo da intensidade, pode ser considerada uma degradação ou uma perturbação ambiental.

Ao dar início a atividade de revegetação em Áreas de Preservação Permanente (APP), é importante considerar que, através deste trabalho, somente se estará fornecendo os ingredientes necessários para o início de um processo de recuperação da área. A manutenção e proteção das matas ciliares, após essa fase, darão condições para que a natureza se encarregue da continuidade do processo.

A recuperação de ecossistemas degradados envolve o conhecimento da dinâmica das espécies. Segundo Longhi (1997), a ecologia da recuperação de um ambiente natural se baseia em duas atividades distintas, mais interligadas, a estrutura do ecossistema e sua recuperação física e depois o desenvolvimento da técnica de reintrodução de espécies. A dinâmica natural do ambiente torna-se então fundamental no desenvolvimento de modelos de recuperação.

O sucesso dos projetos de recuperação de áreas degradadas depende, entre outros fatores, da escolha correta das espécies vegetais. Decorrente do grande número de espécies e de suas complexas inter-relações e interações com o ambiente, a escolha será tanto mais correta quanto maior for o conhecimento pertinente a elas. Esse conhecimento se refere, basicamente, à auto-ecologia e ao comportamento silvicultural (FERREIRA, 2001). O plantio de espécies arbóreas sob diversas condições

edafoclimáticas e o monitoramento de seu desempenho por meio de medições periódicas são, portanto, importantes no sentido de fundamentar sua escolha e a melhor forma de plantá-las, principalmente em áreas degradadas (FERREIRA, 2001).

A fitossociologia é uma área muito ampla e complexa, no qual estuda o agrupamento das plantas bem como sua inter-relação e dependência aos fatores bióticos em determinado ambiente (BRAUN-BLANQUET, 1966).

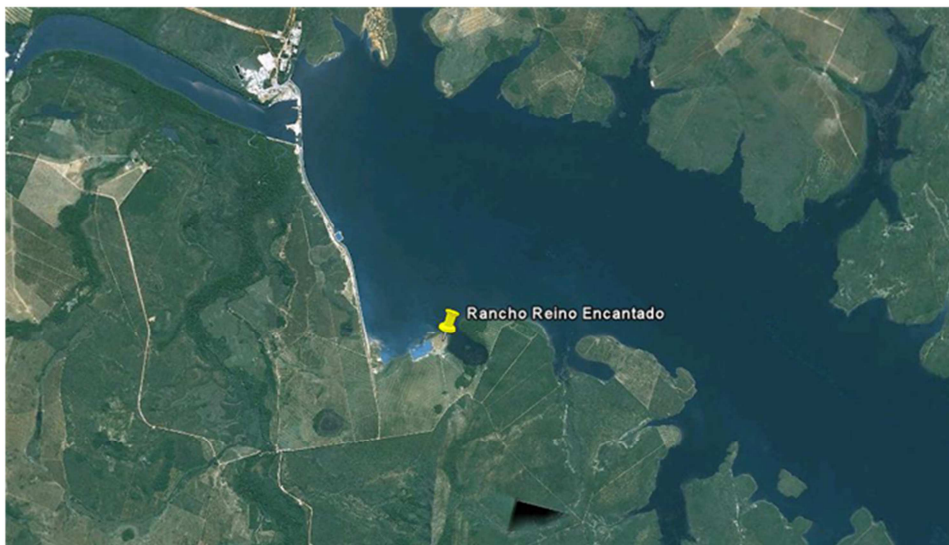
Análise fitossociológica é usada para verificar as associações entre diferentes espécies arbóreas. Através de índices de abundância, frequência e dominância, que associado ao relevo, clima e solo permite determinar a importância ecológica que cada espécie tem em uma determinada área (LONGHI, 1997). Com ela podemos dividir a vegetação em grupos ecológicos de sucessão, ou seja, as espécies clímax, secundárias e pioneiras.

O presente estudo visa caracterizar fitossociologicamente um fragmento de vegetação às margens do lago da Usina hidrelétrica Peixe-Angical, no município de Peixe-TO, com vista a recuperação da área de APP do Rancho Reino Encantado localizado as margens do lago formado pela usina.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da Área de Estudo

O Município de Peixe está localizado na Mesoregião Ocidental do Tocantins, integrado na 10ª Região Administrativa do Estado, localiza-se a uma latitude 12°01'30" sul e a uma longitude 48°32'21" oeste, estando a uma altitude de 240 metros. Está localizado a 295 km de Palmas, capital do Estado e a 544 km de Brasília-DF. A cidade fica à margem esquerda do rio Tocantins, no extremo sul do estado a rodovia que corta a cidade e a TO 280. Limita-se com municípios vizinhos, Gurupi, Sucupira, São Valério, Paraná e Alvorada. Este estudo foi desenvolvido em uma área ciliar remanescente do Lago da UHE – Peixe Angical de aproximadamente 4 ha (Figura 1). É uma área que foi inundada após o enchimento do reservatório no ano de 2003, cuja área era de cerrado e então passou a ser Área de Preservação Permanente (APP) do lago.



Fonte: Google Earth (2011).

FIGURA 5: Visão geral da área de estudo

FIGURE 1: Overview of the study area

O clima segundo a classificação de Koppen é tropical megatérmico, quente e úmido durante todo o ano, com período chuvoso entre os meses de outubro e abril e estiagem entre os meses de maio a setembro. A temperatura média anual varia entre a mínima de 12° e a máxima de 30° C, nos meses mais quentes do ano chega a 42° C à luz do dia (TOCANTINS, 2007).

Na caracterização geomorfológica predominam as formas de relevo entalhadas pelos agentes erosivos, com dissecação diferencial do relevo, principalmente ao longo da rede hidrográfica. São frequentes as formas de relevo constituídas a partir de processos predominantemente erosivos com rebaixamento das saliências e nivelamento de relevo; as formas de acumulação que geram relevos resultantes da deposição sedimentar em regiões fluviais, paludais e lacustres, sujeitos as inundações periódicas e com morrotes isolados. A caracterização pedológica evidencia latossolos, solos concrecionários, solos litólicos, podzólicos, cambissolos e plintossolos, (TOCANTINS, 2007).

A caracterização fitoecológica evidencia a predominância do cerrado, com vegetação xenomorfa

aberta, dominada e marcada por um estrato herbáceo. Ocorre preferencialmente em clima estacional e, ocasionalmente, em clima ombrófilo, revestindo solos rasos e lixiviados.

Levantamento fitossociológico

O método de amostragem utilizado foi o de parcelas múltiplas, distribuídas a partir de uma parcela inicial demarcada no início da área remanescente às margens do lago.

A partir desta parcela foram medidas as próximas, de forma sistemática sendo regulada pela curva espécie/área (OOSTING, 1951).

Foram medidas doze parcelas amostrais contíguas de dimensões 10x50m, tendo cada parcela uma área útil de 500m² perfazendo um total de 0,6 ha levantados. Isto representa 15% do total da área.

Nas parcelas foram medidas todas as árvores vivas com CAP (diâmetro a altura do peito a 1,30m do solo) \geq 20 cm com fita métrica de precisão em cm. Mediu-se também a altura total com miragraduada (precisão em cm), foi identificada a qualidade do fuste, posição sociológica e todas as árvores foram georreferenciadas com o uso de GPS de navegação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies arbóreas com CAP igual ou superior a 20 cm presentes no remanescente florestal estão relacionados na Tabela 1. Do total, foram encontradas na área ciliar remanescente do lago da UHE – Peixe Angical, 51 espécies arbóreas, distribuídas em 29 famílias botânicas.

Do total das 492 árvores, foram encontrados 46 gêneros, conforme pode ser observado na Figura 2.

A família Leguminosae-Caesalpinioideae foi a mais representativa, com um total de 7 espécies e 109 indivíduos, estando representada por 24,13% do total de espécies e 22,15% do total de indivíduos. As famílias Leguminosae-Caesalpinioideae, Apocynaceae, Vochysiaceae, Leguminosae-Papilionoideae, Bignoniaceae, foram as mais características, representam 65,25 % das famílias encontradas na área.

Resultados semelhantes aos encontrados por Coelho et al. (2003) em estudos de modelos sucessionais de matas ciliares onde a família Leguminosae-Mimosidae foi a mais representativa, com um total de 10 espécies e 80 indivíduos, estando representada por 16,39% do total de espécies e 25,72% do total de indivíduos. E as famílias Leguminosae-Mimosidae, Anacardiaceae, Euphorbiaceae e Sterculiaceae representando cerca de 56,9% dos indivíduos encontrados na área. Já Gomes et al. (2004) encontraram em estudo fitossociológico de diferentes grupos na região do cerrado - TO, as famílias Cobretaceae (11,69%), Leguminosae (23,72%), Vochysiaceae (9,06%), dentre outras com as mais representativas do fragmento avaliado. As espécies *Physocalymmascaberrium* (Cega Machado - 16 indivíduos), *Anadenanthera peregrina* (Angico - 10 indivíduos), *Manguijera indica* L (Mangueira - 8 indivíduos), *Vochysiathyrsioidea* (Pau d'água - 8 indivíduos), *Tabebuia roseo-alba* (Taipoca - 6 indivíduos), foram as mais características da área analisada, representam cerca de 53,93% dos indivíduos encontrados na área.

Vieira et al. (2009) em estudos fitossociológicos na área de preservação permanente do córrego Mutuca, localizado no município de Gurupi-TO, observou que as espécies *Mauritia flexuosa*, *Anadenanthera peregrina*, *Apeibatibourbou*, destacaram-se pela dominância, representando juntas 35,60% da área basal amostrada. As mesmas espécies são as mais importantes, contribuindo com 22,149% do VI ou 27,866% do VC. A floresta remanescente estudada apresentou uma densidade total absoluta de 186,33 árvores/ha. O índice de diversidade de Shannon foi de 3,55 indicando que o remanescente estudado apresentou uma alta diversidade florística.

A estrutura da floresta foi caracterizada pela dominância, frequência, densidade e índice de valor de importância das espécies. Na Tabela 2 figuram os parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas. Pela dominância destacaram-se *Anadenanthera falcata*, *Aspidospermamacrocarpon*, *Dimorphandramollis Benth*, representando juntas 41,68% da área basal amostrada. As mesmas espécies são as mais importantes, contribuindo com 95,84% do VI ou 78,88% do VC.

O número de árvores por hectare foi elevado, sendo um total de 820, semelhantes aos de Forster (1973) que encontrou 623 árvores por hectare em uma floresta tropical, considerado elevada densidade.

A floresta remanescente estudada apresentou uma densidade total absoluta de 2460 árvores/ha. O índice de diversidade de Shannon foi de 3,02 indicando que o remanescente estudado apresentou uma alta diversidade florística, resultado semelhante encontrado por Andrade et al (2002) com valor de 3,53 em uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília.

TABELA1: Espécie, Nome científico e Família Botânica das espécies encontradas na área remanescente da mata ciliar do lago, localizado no município de Peixe, TO.

TABLE 1: Species, Botany and Family Scientific name of species found in the area of remnant riparian vegetation of the lake, located in the municipality of Fish, TO.

Espécie	Nome Científico	Família Botânica
Açoita cavalo	<i>Luehea grandiflora</i> Mart. Et Zucc.	Malvaceae
Almesca aroeira	<i>Trattinickiarhoifolia</i> Willd.	Burseraceae
Angelim	<i>Andiracuyabensis</i> Benth.	FabaceaePapilonoideae
Angelim da mata	<i>Hymenolobium</i> sp.	FabaceaePapilonoideae
Angico	<i>Anadenantherafalcata</i>	Leguminosae-Mimosoideae
Aroeira	<i>Myracrodruonurundeuva</i> Fr. All.	Anacardiaceae
Bico de papagaio	<i>Erythrina</i> sp.	LeguminosaePapilionoideae
Cagaita	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	Myrtaceae
Capitão	<i>Callistenefasciculata</i> (Spreng.) Mart.	Vochysiaceae
Caraiba	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth.&Hook.	Bignoniaceae
Cega	<i>Physocalymmascaberrimum</i> Pohl.	Lythraceae
Coração de negro	<i>Machaeriumacutifolium</i> Vogel.	LeguminosaePapilionoideae
Curíola	<i>Pouteria torta</i>	Sapotaceae
Emburuçu	<i>Pseudobombaxtomentosum</i> (Mart. &Zucc.)	Bombaceae
Fava	<i>Cenostigmamacrophyllum</i>	Leguminosae-Caesalpinioideae
Faveira	<i>Dimorphandramollis</i> Benth	Leguminosae-Caesalpinioideae
Garapia	<i>Apuleialeiocarpa</i> (Vog.) Macbr.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Garoteiro	<i>Bagassaguianensis</i>	Moraceae
Gonçalo-alves	<i>Astroniumfraxinifolium</i> Schott.	Anacardiaceae
Guapeba	<i>Pouteriapachycalyx</i>	Sapotaceae
Guatambú	<i>Aspidospermamacrocarpon</i>	Apocynaceae
Ipê amarelo	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae
Ipê roxo	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Bignoniaceae
Jacarandá	<i>Dalbergiamiscolobium</i> Benth.	Leguminosae-Papilionoideae
Jacaré	<i>Callisthene major</i>	Vochysiaceae
Jangada	<i>Apeibatibourbou</i>	Tiliaceae
Jatobá	<i>Hymenaeacourbaril</i>	Leguminosae-Caesalpinioideae
Jatobá da mata	<i>Hymenaeastigonocarpa</i>	Leguminosae-Caesalpinioideae
Jenipapo bravo	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae
Laranjeira brava	<i>Hirtellagrakilipes</i>	Chrysobalanaceae
Mamoninha	<i>Mabeapohlana</i>	Euphorbiaceae
Maria preta	<i>Macreightia inconstans</i>	Ebenaceae
Mijo de guará	<i>Austroplenckia populnea</i> (Reiss.) Lund.	Celastraceae
Mirindiba	<i>Terminalia brasiliensis</i> Cambess.	Combretaceae
Miroro	<i>Bauhiia</i> sp.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Mutamba	<i>Guazumaulmifolia</i>	Sterculiaceae
Pacari	<i>Lafoensia pacari</i>	Lythraceae
Pão de rato	<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	Caesalpinaceae
Pau jacaré	<i>Piptadeniagonoacantha</i>	Leguminosae
Pau terra da folha larga	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae
Pequi	<i>Caryocar brasiliensis</i>	Caryocaraceae
Quina	<i>Aspidospermaspruceanum</i> Benth.	Apocynaceae
Quina branca	<i>Strychnos pseudo-quina</i> St. Hil.	Dilleniaceae
Sambaíba	<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae
Sucupira branca	<i>Pterodon marginatus</i> Vogel.	Leguminosae-Mimosoideae
Taipoca	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Tarumã	<i>Vitex polygama</i>	Verbenaceae
Tatarema	<i>Macluratinctoria</i>	Moraceae
Tiborna	<i>Himatanthusobovatus</i>	Apocynaceae
Tingui	<i>Magoniapubescens</i>	Sapinaceae
Xixa	<i>Sterculia striata</i>	Sterculiaceae

De acordo com a Tabela 03, para a totalidade da floresta, ocorreu uma maior densidade no estrato médio (43,09%), seguido pelo estrato inferior (29,88%) e superior (27,03%). No estrato médio as espécies mais representativas são: *Anadenantherafalcata*, *Myracrodruonurundeuva*, *Eugenia dysenterica*, *Cenostigmamacrophyllum*, *Dimorphandramollis*, *Astroniumfraxinifolium*, *Aspidospermamacrocarpon*, *Dalbergiamiscobium*, *Hirtellagrakilipes*, *Mabeapohliana*, *Austroplenkiapopulnea*, *Caryocar brasiliensis*, *Aspidospermaspruceanum*, *Curatella americana*, *Vitexpolygama*, *Magoniapubescens*. No estrato superior a espécie mais representativa foram *Anadenantherafalcata* (21,05%), *Magoniapubescens* (14,29%). No estrato inferior as espécies mais abundantes foram a *Eugeniadysenterica* (11,56%), *Dimorphandramollis* (14,97%) e *guatambu* (14,29%) e *Magoniapubescens* (15,65%) constituindo, portanto as espécies mais típicas do sub-bosque. Do total 29,41% das espécies encontram-se nos três estratos, o que indica capacidade de regeneração natural da área.

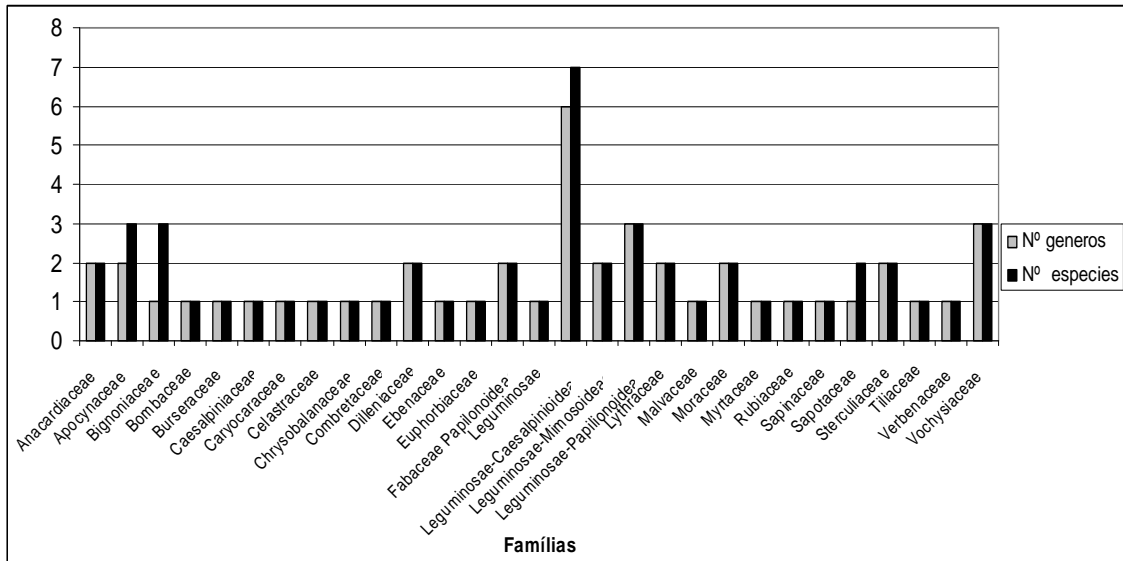


FIGURA2: Número de Gêneros, espécies e árvores por famílias botânicas com CAP maior que 20 cm
 FIGURE 2: Number of genera, species and trees by botanical families with CAP larger than 20 cm

A maior dominância ocorre no estrato médio, em razão de existirem nesta posição o maior número de árvores. Com relação a dominância por estrato foram observadas no estrato inferior, as seguintes espécies: *Magoniapubescens* (15,65%), *Aspidospermamacrocarpon* (14,29%), *Dimorphandramollis* (14,97%) e *Eugenia dysenterica* (11,56%). No estrato médio: *Dimorphandramollis* (16,04%) e *Aspidospermamacrocarpon* (22,17%) e no estrato superior: *Anadenantherafalcata* (21,05%) e *Aspidospermamacrocarpon* (14,29%).

A área basal total da floresta é de aproximadamente 13,62 m²/ha. Deste 43,84% está no estrato médio, 40,53% no estrato inferior e 15,59% no estrato superior conforme Tabela 04.

TABELA2: Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas em 0,6 ha de uma área remanescente de mata ciliar localizada no município de Peixe – TO.

TABLE 2: Parameters phytosociological samples of the species in an area of 0.6 ha of remnant riparian vegetation in the municipality of Fish - TO.

Nome Científico	NI	DA	DR	DA	DR	FA	FR	VI	VC
<i>Anadenantherafalcata</i>	37	185	7,520	1,948	23,833	83,3	5,85	37,20	31,35
<i>Andiracuyabensis</i> Benth.	1	5	0,203	0,008	0,094	8,3	0,58	0,88	0,30
<i>Apeibatibourbou</i>	2	10	0,407	0,007	0,086	16,7	1,17	1,66	0,49
<i>Apuleialeiocarpa</i> (Vog.) Macbr.	2	10	0,407	0,198	2,423	16,7	1,17	4,00	2,83
<i>Aspidospermamacrocarpon</i>	87	435	17,683	1,004	12,288	75,0	5,26	35,23	29,97
<i>Aspidospermaspruceanum</i> Benth.	4	20	0,813	0,109	1,329	33,3	2,34	4,48	2,14
<i>Astroniumfraxinifolium</i> Schott.	11	55	2,236	0,384	4,700	58,3	4,09	11,03	6,94
<i>Austroplenkia populnea</i> (Reiss.) Lund.	8	40	1,626	0,081	0,987	25,0	1,75	4,37	2,61
<i>Bagassaguianensis</i>	2	10	0,407	0,011	0,133	16,7	1,17	1,71	0,54
<i>Bauhiasp.</i>	1	5	0,203	0,000	0,000	8,3	0,58	0,79	0,20
<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	1	5	0,203	0,011	0,133	8,3	0,58	0,92	0,34
<i>Callistene fasciculata</i> (Spreng.) Mart.	5	25	1,016	0,073	0,893	16,7	1,17	3,08	1,91
<i>Callisthene major</i>	3	15	0,610	0,073	0,895	25,0	1,75	3,26	1,50
<i>Caryocar brasiliensis</i>	4	20	0,813	0,050	0,612	16,7	1,17	2,59	1,42
<i>Cenostigmamacrophyllum</i>	40	200	8,130	0,305	3,729	50,0	3,51	15,37	11,86
<i>Curatella americana</i> L.	4	20	0,813	0,125	1,534	25,0	1,75	4,10	2,35
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	14	70	2,846	0,113	1,388	50,0	3,51	7,74	4,23
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth	59	295	11,992	0,455	5,566	83,3	5,85	23,41	17,56
<i>Erythrina sp.</i>	2	10	0,407	0,008	0,094	16,7	1,17	1,67	0,50
<i>Eugeniadysenterica</i> DC.	37	185	7,520	0,356	4,350	66,7	4,68	16,55	11,87
<i>Genipa americana</i>	1	5	0,203	0,003	0,039	8,3	0,58	0,83	0,24
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	5	0,203	0,004	0,051	8,3	0,58	0,84	0,25
<i>Himatanthus sobovatus</i>	3	15	0,610	0,026	0,323	16,7	1,17	2,10	0,93
<i>Hirtella gracilipes</i>	15	75	3,049	0,121	1,486	66,7	4,68	9,21	4,53
<i>Hymenaea courbaril</i>	5	25	1,016	0,224	2,743	33,3	2,34	6,10	3,76
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	1	5	0,203	0,144	1,761	8,3	0,58	2,55	1,96
<i>Hymenolobium sp.</i>	1	5	0,203	0,008	0,100	8,3	0,58	0,89	0,30
<i>Lafoensia pacari</i>	1	5	0,203	0,004	0,047	8,3	0,58	0,84	0,25
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. Et Zucc.	4	20	0,813	0,024	0,299	16,7	1,17	2,28	1,11
<i>Mabeapohliana</i>	4	20	0,813	0,120	1,466	33,3	2,34	4,62	2,28
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel.	3	15	0,610	0,030	0,366	16,7	1,17	2,15	0,98
<i>Macluratinctoria</i>	1	5	0,203	0,005	0,066	8,3	0,58	0,85	0,27
<i>Macreightia inconstans</i>	5	25	1,016	0,077	0,945	33,3	2,34	4,30	1,96
<i>Magonia pubescens</i>	35	175	7,114	0,303	3,710	75,0	5,26	16,09	10,82
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	13	65	2,642	0,208	2,544	33,3	2,34	7,53	5,19
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl.	3	15	0,610	0,012	0,142	16,7	1,17	1,92	0,75
<i>Piptadeniagonoacantha</i>	1	5	0,203	0,024	0,294	8,3	0,58	1,08	0,50
<i>Pouteria pachyalyx</i>	2	10	0,407	0,009	0,109	16,7	1,17	1,68	0,52
<i>Pouteria torta</i>	1	5	0,203	0,008	0,100	8,3	0,58	0,89	0,30
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.)	2	10	0,407	0,072	0,887	16,7	1,17	2,46	1,29
<i>Pterodon marginatus</i> Vogel.	2	10	0,407	0,075	0,918	16,7	1,17	2,49	1,32
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	33	165	6,707	0,315	3,859	75,0	5,26	15,83	10,57
<i>Sterculia striata</i>	1	5	0,203	0,020	0,243	8,3	0,58	1,03	0,45
<i>Strychnos pseudo-quina</i> St. Hil.	2	10	0,407	0,050	0,608	16,7	1,17	2,18	1,01
<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth.&Hook.	8	40	1,626	0,140	1,714	41,7	2,92	6,26	3,34
<i>Tabebuia impetiginosa</i> **	3	15	0,610	0,253	3,092	25,0	1,75	5,46	3,70
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	1	5	0,203	0,039	0,477	8,3	0,58	1,27	0,68
<i>Tabebuia serratifolia</i>	4	20	0,813	0,249	3,046	25,0	1,75	5,61	3,86
<i>Terminalia brasiliensis</i> Cambess.	2	10	0,407	0,027	0,327	8,3	0,58	1,32	0,73
<i>Trattinickia rhoifolia</i> Willd.	1	5	0,203	0,023	0,284	8,3	0,58	1,07	0,49
<i>Vitex polygama</i>	9	45	1,829	0,236	2,887	50,0	3,51	8,23	4,72
Total	492	2460	100,00	8,174	100,00	1425	100	300	200

TABELA 3: Número de árvores por posição sociológica com CAP \geq 20 cm.
 TABLE 3: Number of sociological position of trees \geq 20 cm with CAP.

Espécie	Estrato superior			Estrato Médio			Estrato inferior			Total
	N	%*	%**	N	%*	%**	N	%*	%**	N
Açoíta cavalo		0,00	0,00	3	1,42	75,00	1	0,68	25,00	4
Almesca aroeira		0,00	0,00	1	0,47	100,00		0,00	0,00	1
Angelim		0,00	0,00	1	0,47	100,00		0,00	0,00	1
Angelim da mata		0,00	0,00	1	0,47	100,00		0,00	0,00	1
Angico	28	21,05	75,68	8	3,77	21,62	1	0,68	2,70	37
Aroeira	6	4,51	46,15	6	2,83	46,15	1	0,68	7,69	13
Bico de papagaio		0,00	0,00	1	0,47	50,00	1	0,68	50,00	2
Cagaita	3	2,26	8,11	17	8,02	45,95	17	11,56	45,95	37
Capitão	4	3,01	80,00	1	0,47	20,00		0,00	0,00	5
Caraiba	4	3,01	50,00	4	1,89	50,00		0,00	0,00	8
Cega machado		0,00	0,00	1	0,47	33,33	2	1,36	66,67	3
Coração de negro		0,00	0,00	3	1,42	100,00		0,00	0,00	3
Curiola		0,00	0,00	1	0,47	100,00		0,00	0,00	1
Emburuçu	1	0,75	50,00	1	0,47	50,00		0,00	0,00	2
Fava	9	6,77	22,50	18	8,49	45,00	13	8,84	32,50	40
Faveira	3	2,26	5,08	34	16,04	57,63	22	14,97	37,29	59
Garapia	2	1,50	100,00		0,00	0,00		0,00	0,00	2
Garoteiro		0,00	0,00	2	0,94	100,00		0,00	0,00	2
Gonçalo-alves	8	6,02	72,73	2	0,94	18,18	1	0,68	9,09	11
Guapeba		0,00	0,00		0,00	0,00	2	1,36	100,00	2
Guatambú	19	14,29	21,84	47	22,17	54,02	21	14,29	24,14	87
Ipê amarelo	4	3,01	100,00		0,00	0,00		0,00	0,00	4
Ipê roxo	3	2,26	100,00		0,00	0,00		0,00	0,00	3
Jacaranda	1	0,75	7,14	3	1,42	21,43	10	6,80	71,43	14
Jacaré	2	1,50	66,67	1	0,47	33,33		0,00	0,00	3
Jangada		0,00	0,00	1	0,47	50,00	1	0,68	50,00	2
Jatobá	2	1,50	40,00	3	1,42	60,00		0,00	0,00	5
Jatobá da mata	1	0,75	100,00		0,00	0,00		0,00	0,00	1
Jenipapo bravo		0,00	0,00		0,00	0,00	1	0,68	100,00	1
Laranjeira brava	5	3,76	33,33	6	2,83	40,00	4	2,72	26,67	15
Mamoninha	1	0,75	25,00	1	0,47	25,00	2	1,36	50,00	4
Maria preta	1	0,75	20,00	4	1,89	80,00		0,00	0,00	5
Míjo de guará	1	0,75	12,50	5	2,36	62,50	2	1,36	25,00	8
Mirindiba		0,00	0,00	2	0,94	100,00		0,00	0,00	2
Míro		0,00	0,00		0,00	0,00	1	0,68	100,00	1
Mutamba		0,00	0,00		0,00	0,00	1	0,68	100,00	1
Pacari		0,00	0,00	1	0,47	100,00		0,00	0,00	1
Pão de rato		0,00	0,00	1	0,47	100,00		0,00	0,00	1
Pau jacaré	1	0,75	100,00		0,00	0,00		0,00	0,00	1
Pau terra da folha larga	3	2,26	9,09	18	8,49	54,55	12	8,16	36,36	33
Pequi	2	1,50	50,00		0,00	0,00	2	1,36	50,00	4
Quina	1	0,75	25,00	1	0,47	25,00	2	1,36	50,00	4
Quina branca	1	0,75	50,00		0,00	0,00	1	0,68	50,00	2
Sambaíba	2	1,50	50,00	1	0,47	25,00	1	0,68	25,00	4
Sucupira branca	1	0,75	50,00		0,00	0,00	1	0,68	50,00	2
Taipoca		0,00	0,00	1	0,47	100,00		0,00	0,00	1
Tarumã	6	4,51	66,67	2	0,94	22,22	1	0,68	11,11	9
Tatarema		0,00	0,00	1	0,47	100,00		0,00	0,00	1
Tiborna	3	2,26	100,00		0,00	0,00		0,00	0,00	3
Tingui	4	3,01	11,43	8	3,77	22,86	23	15,65	65,71	35
Xixa	1	0,75	100,00		0,00	0,00		0,00	0,00	1
Total	133	100,00	27,03	212	100,00	43,09	147	100,00	29,88	492

TABELA4:Dominância absoluta e relativa das espécies (área basal) por posição sociológica com CAP ≥20 cm

TABLE 4: Absolute and relative dominance of species (basal area) for sociological position with CAP ≥ 20 cm

Espécie	Estrato superior			Estrato Médio			Estrato inferior			Total
	m²	% *	% **	m²	% *	% **	m²	% *	% **	m²
Açóita cavalo	0,000	0,000	0,000	0,016	0,444	65,020	0,009	0,258	34,980	0,024
Almesca aroeira	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,700	100,000	0,023
Angelim	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,231	100,000	0,008
Angelim da mata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,246	100,000	0,008
Angico	0,255	19,963	13,065	0,887	24,757	45,549	0,806	24,322	41,386	1,948
Aroeira	0,072	5,661	34,710	0,063	1,756	30,274	0,073	2,197	35,016	0,208
Bico de papagaio	0,000	0,000	0,000	0,004	0,107	50,000	0,004	0,116	50,000	0,008
Cagaita	0,040	3,139	11,258	0,169	4,715	47,528	0,147	4,421	41,214	0,356
Capitão	0,022	1,753	30,616	0,051	1,413	69,384	0,000	0,000	0,000	0,073
Caraíba	0,037	2,886	26,268	0,103	2,882	73,732	0,000	0,000	0,000	0,140
Cega machado	0,000	0,000	0,000	0,008	0,235	72,603	0,003	0,096	27,397	0,012
Coração de negro	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,902	100,000	0,030
Curiola	0,000	0,000	0,000	0,008	0,227	100,000	0,000	0,000	0,000	0,008
Emburuçu	0,000	0,000	0,000	0,072	2,022	100,000	0,000	0,000	0,000	0,072
Fava	0,010	0,765	3,198	0,082	2,300	27,049	0,213	6,413	69,753	0,305
Faveira	0,013	1,052	2,949	0,197	5,503	43,352	0,244	7,371	53,699	0,455
Garapia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,198	5,975	100,000	0,198
Garoteiro	0,000	0,000	0,000	0,007	0,187	61,387	0,004	0,127	38,613	0,011
Gonçalo-alves	0,088	6,881	22,835	0,234	6,532	60,941	0,062	1,880	16,224	0,384
Guapeba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,268	100,000	0,009
Guatambú	0,071	5,545	7,039	0,500	13,962	49,822	0,433	13,071	43,139	1,004
Ipê amarelo	0,095	7,415	37,974	0,154	4,309	62,026	0,000	0,000	0,000	0,249
Ipê roxo	0,057	4,509	22,750	0,084	2,355	33,406	0,111	3,343	43,844	0,253
Jacaranda	0,024	1,888	21,212	0,019	0,524	16,556	0,071	2,131	62,233	0,113
Jacaré	0,042	3,326	57,993	0,009	0,257	12,580	0,022	0,649	29,426	0,073
Jangada	0,004	0,302	54,751	0,003	0,089	45,249	0,000	0,000	0,000	0,007
Jatobá	0,145	11,375	64,685	0,079	2,209	35,315	0,000	0,000	0,000	0,224
Jatobá da mata	0,144	11,291	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,144
Jenipapo bravo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,096	100,000	0,003
Laranjeira brava	0,032	2,528	26,540	0,030	0,843	24,895	0,059	1,779	48,565	0,121
Mamoninha	0,000	0,000	0,000	0,098	2,726	81,555	0,022	0,667	18,445	0,120
Maria preta	0,022	1,688	27,878	0,004	0,117	5,452	0,051	1,553	66,670	0,077
Mijo de guará	0,000	0,000	0,000	0,033	0,930	41,303	0,047	1,429	58,697	0,081
Mirindiba	0,000	0,000	0,000	0,027	0,746	100,000	0,000	0,000	0,000	0,027
Miroro	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	100,000	0,000
Mutamba	0,004	0,330	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
Pacari	0,000	0,000	0,000	0,004	0,107	100,000	0,000	0,000	0,000	0,004
Pão de rato	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,329	100,000	0,011
Pau jacaré	0,000	0,000	0,000	0,024	0,672	100,000	0,000	0,000	0,000	0,024
Pau terra folha larga	0,000	0,000	0,000	0,123	3,441	39,106	0,192	5,794	60,894	0,315
Pequi	0,000	0,000	0,000	0,043	1,208	86,613	0,007	0,202	13,387	0,050
Quina	0,000	0,000	0,000	0,011	0,321	10,576	0,097	2,931	89,424	0,109
Quina branca	0,000	0,000	0,000	0,005	0,139	10,000	0,045	1,350	90,000	0,050
Sambaíba	0,000	0,000	0,000	0,060	1,680	48,030	0,065	1,966	51,970	0,125
Sucupira branca	0,000	0,000	0,000	0,072	2,004	95,756	0,003	0,096	4,244	0,075
Taipoca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,039	1,176	100,000	0,039
Tarumã	0,098	7,703	41,616	0,122	3,399	51,624	0,016	0,481	6,761	0,236
Tatarema	0,000	0,000	0,000	0,005	0,150	100,000	0,000	0,000	0,000	0,005
Tiborna	0,000	0,000	0,000	0,026	0,736	100,000	0,000	0,000	0,000	0,026
Tingui	0,000	0,000	0,000	0,123	3,437	40,621	0,180	5,433	59,379	0,303
Xixa	0,000	0,000	0,000	0,020	0,555	100,000	0,000	0,000	0,000	0,020
Total	1,275	100,000	15,598	3,584	100,000	43,848	3,315	100,000	40,553	8,174

O resultado da distribuição do número de árvores por classe de qualidade do fuste definidas por boa, média e má qualidade. Considerando a totalidade das espécies da floresta, encontrou-se a seguinte proporção de qualidade do fuste: boa qualidade 11,51%, média qualidade 42,99%. e má qualidade 45,48%. Desta forma constata-se que existe poucas árvores com boa qualidade do fuste.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram concluir que:

-Foram encontradas 51 espécies arbóreas, distribuídas em 29 famílias botânicas com uma densidade total absoluta de 2460 árvores/ha.

-A família Leguminosae-Caesalpinioideae foi a mais representativa, com um total de 7 espécies e 109 indivíduos, estando representada por 24,13% do total de espécies e 22,15% do total de indivíduos. As famílias Leguminosae-Caesalpinioideae, Apocynaceae, Vochysiaceae, Leguminosae-Papilionoideae, Bignoniaceae, foram as mais características, representam 65,25 % das famílias encontradas na área.

-O índice de diversidade de Shannon foi de 3,02 indicando que o remanescente estudado apresentou uma alta diversidade florística.

-As espécies *Anadenantherafalcata*, *Aspidospermamacrocarpon*, *Dimorphandramollis*, *Magoniapubescens*, *Qualeagrandidiflora*, *Magoniapubescens*, *Eugeniadysenterica*, *Cenostigmamacrophyllum*, *Astroniumfraxinifolium* são as que serão utilizadas para dar início ao processo de recuperação da área pois são as que tem maior VC e VC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. A. Z. ; FELFILI, I. M.; VIOLATTI, L. Fitossociologia de uma Área de Cerrado Denso Na RECOR-IBGE, Brasília-DF. **Acta Botanica Brasilica**, v.16, n.2, São Paulo Apr. 2002.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DO TOCANTINS, Secretária do Planejamento e Meio Ambiente – SEPLAN, Diretoria de pesquisas e Informações –DPI.2007.

BRAUN-BLANQUET, J. **Plant sociology: the study of plant communities**. New York, Harfnor Publishing Press, 1966 - 454p.

COELHO, M. C. B.; GUARDIOLA, E. A.; OLIVEIRA, S. A. Estudo de Modelo Sucessionais de Recuperação de Matas Ciliares. In: Congresso Florestal Brasileiro. São Paulo SP. 2003.

FERREIRA, L. V. Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade por meio da representatividade das unidades de conservação e tipos de vegetação nas ecorregiões da Amazônia brasileira, em Capobianco, J. P. R. (ed.). Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. São Paulo, Instituto Socioambiental, 2001, p.268-286.

FOSTER, M. Strukturanalyses lines tropischeregenwalds in kolumbien. **Allg.Fost.Und.J. Ztg.** v. 144, n.1, p.1-8,1973.

GOMES, C. M. B.; COELHO, M. C. B.; OLIVEIRA, S. A.; ERPEN, M. L. Estudo Fitossociológico de Diferentes Grupos na Região do Cerrado - TO. In. IV Jornada De Iniciação Científica Do CEULP/ULBRA. 2004.

LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise Fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo- RS**. Curitiba: 1997. 198 p. Dissertação (Doutor em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

OOSTING, H. L. **Ecologia Vegetal**. Madrid: Aguilar, S. A. Ediciones, 1951.436 p.

VIEIRA, K.P.; COELHO, M.C.B.; ERPEN, M.L.; RAMOS, M.A.D. Proposta de Recuperação da Área de Preservação Permanente do Córrego Mutuca Localizado no Município de Gurupi-Tocantins. In: Congresso Iberoamericano e do Caribe sobre restauração ecológica. 9 a 13 de Novembro de 2009. Curitiba-Brasil.

MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO EM ALTURA DE *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSE - IGARASSU, PERNAMBUCO, BRASIL.

MODELLING THE HEIGHT DISTRIBUTION OF *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers IN A DENSE OMBROPHILOUS FOREST FRAGMENT – IGARASSU, PERNAMBUCO, BRAZIL.

Mayara Dalla Lana¹; Carlos Frederico Lins e Silva Brandão²; Sylvio Péllico Netto³;
Luiz Carlos Marangon⁴; Francelo Mognon⁵

RESUMO

Objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento de cinco funções probabilísticas no ajuste da distribuição das alturas de *Eschweilera ovata* existentes em um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa no estado de Pernambuco, bem como caracterizar essas distribuições por meio das medidas de assimetria e curtose. Os dados utilizados são provenientes das alturas de 274 árvores dessa espécie, as quais foram medidas durante a realização de um estudo sobre a estrutura do componente arbóreo e classificação sucessional do presente fragmento. Foram ajustadas as seguintes funções probabilísticas: Beta, Gama, Log-Normal, Normal e Weibull-3p, utilizando intervalos de classe de 3m. As distribuições Beta, Gama e Weibull 3-p foram ajustadas pelo método da máxima verossimilhança com auxílio do software *Table Curve 2d*, ea Normal e a Log-Normal tiveram seus parâmetros definidos respectivamente pela média e desvio padrão dos dados originais e dos logaritmos dos dados originais. Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov indicaram que a função mais eficiente foi a Gama, seguida da Weibull-3p, Beta e Log-Normal. A distribuição Normal foi rejeitada pelo teste de aderência. O estudo também identificou que a distribuição em altura de *Eschweilera ovata* nesse fragmento é assimétrica positiva e leptócurtica.

Palavras-chave: distribuições probabilísticas; floresta nativa; assimetria.

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the behavior of five probabilistic functions for fitting the height distribution of *Eschweilera ovata* existing in a Dense Ombrophilous Forest fragment in the state of Pernambuco, as well as characterize these distributions through measures of skewness and kurtosis. The data used from the heights of 274 trees of this species, which were measured during a study structure on the arboreous component and succession classification of this fragment. The following probabilistic functions were fitted: Beta, Gamma, Log-Normal, Normal and Weibull 3p, being used class interval of 3 m. The Beta, Gamma and Weibull 3-p distributions were fitted by the method of maximum likelihood using the software *Table Curve 2d*, and the Normal and Log-Normal had their parameters defined respectively by mean and standard deviation of the original data and the logarithms of the original data. The results of the Kolmogorov-Smirnov test indicated that the most efficient function was the Gamma, followed by Weibull-3p, Beta and Log-Normal. The Normal distribution was rejected by the adherence test. This research also indicated that the *Eschweilera ovata* height distribution in this fragment is positive skewness and leptokurtic.

Key words: probabilistic distributions; native forest; skewness.

¹ Biólogo, Doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus-III, CEP 80.210-170, Curitiba (PR). mognon@ufpr.br

² Biólogo, Doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural Pernambuco, Rua Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife (PE). cflsbrandao@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Sênior do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus-III, CEP 80.210-170, Curitiba (PR). sylviopelliconetto@gmail.com

⁴ Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural Pernambuco, Rua Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife (PE). marangon@dfl.ufrpe.br

⁵ Biólogo, Doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus-III, CEP 80.210-170, Curitiba (PR). mognon@ufpr.br

INTRODUÇÃO

As florestas devem ser estudadas para propiciar o conhecimento e a manutenção da biodiversidade, assim como para que se viabilize a exploração de seus produtos, bens e ou serviços provenientes de forma planejada e racional, para garantir o fluxo contínuo desses recursos (AUSTREGÉSILO et al., 2004).

A altura, tal como o diâmetro, é uma característica importante da árvore necessária para a determinação do volume, bem como é fundamental no estudo de sítios, ou seja, quando se deseja conhecer o comportamento de uma espécie em um determinado local, ao longo do tempo. Para o manejo florestal, é importante o conhecimento dessavariável, pois elatraduz as respostas em crescimento das árvores, segundo os fatores do meio em que vegetam (FINGER, 1992). Entretanto, medir a altura das árvores, principalmente em uma floresta nativa, torna-se o processo dispendioso e com custos elevados.

Dentro do contexto de aleatoriedade, são formuladas distribuições probabilísticas que permitem prever fenômenos a partir de modelos matemáticos, permitindo o estudo do comportamento de variáveis do meio físico ou biológico, denominadas funções densidade de probabilidade (SILVA et al., 2003).

Destacam-se como tais a distribuição de Weibull, Beta, S_B e S_{BB} de Johnson, Gamma, Log-Normal e Normal. Uma função probabilística define a probabilidade associada com cada valor da variável em estudo, nesse caso particular as classes de altura. Ainda, ela descreve a distribuição de frequência relativa e, ou, absoluta, dos vários tamanhos das árvores (CAMPOS e LEITE, 2002).

As funções de densidade probabilística permitem estimar, além de outras atribuições, a provável distribuição que apresentam as alturas das espécies, colaborando na descrição da estrutura de um povoamento, o qual auxilia no planejamento da produção e no manejo sustentável das florestas nativas.

Em sua maioria, as funções de distribuição probabilística são comumente empregadas em florestas que não possuem idade definida para descrever a distribuição diamétrica, sendo poucos os estudos sobre a distribuição das alturas de espécies nativas, principalmente as que apresentam valor econômico para uma determinada região.

A espécie *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers, conhecida vulgarmente como imbiriba ou biriba, pertence à família Lecythidaceae, é uma espécie com distribuição disjunta entre o leste da Amazônia e o leste do Brasil. Característica exclusiva das Florestas Atlântica e Amazônica, apresenta frequência ocasional e dispersão quase que continua ao longo de sua área de distribuição entre Pernambuco e Espírito Santo (LORENZI, 1998).

A sua madeira é pesada e dura ao corte com propriedades mecânicas altas, mediamente resistentes ao ataque de fungos e moderadamente durável, podendo ser usada para construções externas, como postes e mourões, dormentes, estacas marítimas e trapiches, entre outros serviços de marcenaria (LORENZI, 1998). Porém o principal objetivo de sua exploração é para confeccionar o arco (verga) do berimbau. Estudos têm demonstrado que a madeira da biriba possui excelentes características de sonoridade, ressonância e operacionalidade, justificando, em parte, a empiricidade de seu uso como artefato deste mais típico instrumento musical da Bahia (BONATES et al., 1998).

A exploração da *Eschweilera ovata* vem se intensificando nos últimos anos envolvendo um número significativamente grande de pessoas envolvidas nas atividades relacionadas ao comércio do berimbau, que vai desde a extração da biriba até a comercialização do instrumento tanto no mercado interno como externo, com um valor agregado bastante alto (GUSSON, 2003).

Com intuito de gerar conhecimento acerca de mais uma espécie nativa, o objetivo do presente trabalho é avaliar o comportamento de cinco funções probabilísticas no ajuste da distribuição das alturas, de *Eschweilera ovata* existentes em um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa no estado de Pernambuco, bem como caracterizar essas distribuições por meio das medidas de assimetria e curtose.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A área de estudo esta localizado no município de Igarassu - Pernambuco, dentro dos domínios da Usina de São José. O fragmento possui uma área de 48,84 ha, sua vegetação é classificada como sendo Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 1992) em solos da Formação Barreiras (Figura 1).

O clima predominante da região é do tipo As' segundo a classificação de Köppen: tropical quente e úmido com estação seca no verão e chuvosa no outono-inverno. A precipitação média foi de 1687 mm, com uma estação seca no verão, sendo novembro o mês mais seco e uma estação chuvosa de março a agosto, registrando-se a maior precipitação, normalmente no mês de junho. A temperatura média anual é de 24,9 °C (SILVA, 2005).

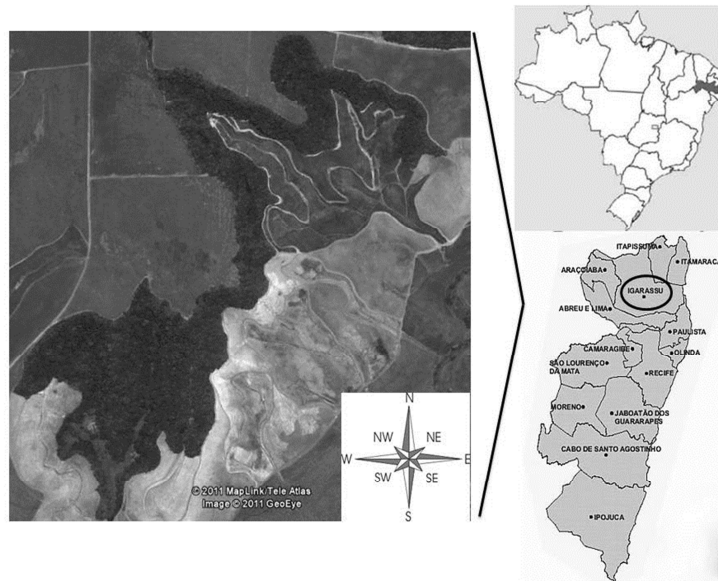


FIGURA 1: Localização da área do estudo em Igarassu, Pernambuco, Brasil.
 FIGURE 1: Location of the study area in Igarassu, Pernambuco, Brazil.

Coleta de dados

Os dados utilizados nesse estudo são provenientes de 274 árvores de *Eschweilera ovata*, as quais foram medidas durante a realização de um estudo sobre a estrutura do componente arbóreo e classificação sucessional do presente fragmento (BRANDÃO et al., 2009). A espécie foi escolhida por apresentar o maior valor de importância no estudo.

O processo amostral utilizado nesse estudo foi o sistemático, sendo instaladas 40 parcelas, com área fixa de 250 m² (10,0 x 25,0 m). As parcelas foram distribuídas distando 30 m uma das outras, dentro das quais foram amostrados todos os indivíduos com CAP (circunferência a altura do peito) ≥ 10 cm e as suas respectivas alturas com o auxílio de uma tesoura de alta poda, com módulos de 2 m (BRANDÃO et al., 2009).

Distribuições probabilísticas ajustadas

As seguintes funções probabilísticas foram testadas para a obtenção das distribuições de frequência de *Eschweilera ovata* em cada classe de altura:

Distribuição Beta:

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha) \cdot \Gamma(\beta) \cdot (b - a)^{\alpha + \beta - 1}} (x - a)^{\alpha - 1} (b - x)^{\beta - 1}$$

Em que: x = variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (altura em m); a e b = valores mínimos e máximos da variável aleatória; α e β = parâmetros a serem estimados.

Distribuição Gama:

$$f(x) = \frac{(x)^{\alpha - 1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)}}{\Gamma(\alpha) \beta^\alpha}$$

Em que: x = variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (altura em m); α e β = parâmetros a serem estimados; Γ = função gama; e = exponencial.

Distribuição Log-Normal:

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\left(\frac{1}{2\sigma^2}\right)(\ln x - \mu)^2}$$

Em que: x = variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (altura em m); μ = média aritmética da variável aleatória x ; σ^2 = variância da variável aleatória x .

Distribuição Normal:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Em que: x = variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (altura em m); μ = média aritmética da variável aleatória x ; σ = desvio padrão da variável aleatória x .

Distribuição de Weibull com três parâmetros:

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$$

Em que: x = variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (altura em m); a = parâmetro de locação; b = parâmetro de escala e c = parâmetro de forma.

Estimativas dos parâmetros das funções ajustadas

O método utilizado para a determinação dos parâmetros das distribuições Beta, Gama e Weibull-3p foi o da máxima verossimilhança utilizando-se o software *Table Curve 2d*. Já para a distribuição Normal os parâmetros ficaram definidos com a média e o desvio padrão dos dados originais e a Log-Normal como a média e o desvio padrão dos logaritmos dos dados originais.

Na distribuição Beta antes de seu ajuste foi realizada a transformação dos dados originais para que ficassem compreendidos dentro do intervalo de 0-1, utilizando a fórmula adaptada de Orellana, 2009:

$$H_{0-1} = \frac{h_i - h_{\min}}{h_{\max} - h_{\min}}$$

Em que: h_i = altura da árvore; h_{\min} e h_{\max} = altura mínima e máxima, respectivamente.

Após as análises foram traçadas as curvas de frequências estimadas sobre o histograma de frequências observadas para cada classe de altura.

Teste de Kolmogorov- Smirnov

Após os ajustes das funções, estas foram comparadas para cada intervalo de classe, com base no teste de Kolmogorov-Smirnov.

Segundo Scolforo (1998) esse teste compara a frequência acumulativa estimada com a frequência acumulativa observada. O ponto de maior divergência entra as duas distribuições é o valor D de Kolmogorov- Smirnov:

$$D = SUP[F(x) - S(x)]$$

Em que: $F(x)$ = valor da função de distribuição de frequência acumulativa teórica; $S(x)$ = valor da função de distribuição de frequência acumulativa observada.

Foram testadas as seguintes hipóteses para o nível de 5% de significância, utilizando o teste de Kolmogorov- Smirnov.

- H_0 = as alturas observadas seguem as distribuições testadas;
- H_1 = as alturas observadas não seguem as distribuições testadas.

Assimetria e Curtose

A assimetria ou o grau de afastamento da simetria da distribuição das alturas de *Eschweilera ovata* foi avaliado pelo coeficiente do momento de assimetria, definido como o quociente entre o terceiro momento centrado na média pelo cubo do desvio padrão.

O grau de achatamento da distribuição dos dados foi calculado por meio do coeficiente do momento de curtose, sendo definida pelo quociente entre o quarto momento centrado na média e o quadrado da variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram descritas 9 classes de alturas com intervalos de 3 m, sendo que altura mínima e máxima de *Eschweilera ovata* encontrada nesse fragmento foi de 1.8 e 27 m respectivamente. Foi possível

observar que 77,4 % dos indivíduos amostrados possuem altura menor que 10 m, aproximadamente 21,9 % possuem altura entre 10 e 20 m e 0,7% apresentam altura maior que 20 m.

Segundo GUSSON (2003) a *Eschweilera ovata* é uma espécie climática, atuando como pioneira antrópica na ocupação de áreas degradadas possui velocidade de crescimento de média a lenta; demonstra-se tolerante à sombra, com rebrota independente das condições locais de luz; é pouco exigente ao tipo de ambiente, apresentando alta densidade de indivíduos na floresta, o que a caracteriza como uma espécie comum, com tempo de vida longo.

Analisando as estatísticas descritivas da amostra foi possível obter os seguintes valores de média, mediana e moda respectivamente: 8,1; 7,0 e 6,0.

O coeficiente do momento de assimetria obtido para as alturas de *Eschweilera ovata* dessa amostra foi de 1,146 sendo essa uma distribuição do tipo assimétrica positiva (inclinada para a esquerda). Esse tipo de assimetria é caracterizado por apresentar um número maior de valores da amostra menores que a média, tendo a curva de distribuição uma cauda mais longa em relação aos valores maiores que a média, cujo valor é maior que o da mediana, que é maior que o da moda (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).

Já o coeficiente do momento de curtose foi de 1,794, o que configura essa distribuição como sendo leptócurtica, concentrada em torno da média com alta homogeneidade.

Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros obtidos nos ajustes dos cinco modelos de distribuições probabilísticas, Beta, Gama, Log-Normal, Normal e Weibull 3-p. Estes valores foram utilizados nas suas respectivas funções para obter as frequências absolutas por classe de altura para a espécie em estudo.

TABELA 1: Parâmetros estimados pelas cinco funções de probabilidade para *Eschweilera ovata* em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa - Igarassu, Pernambuco, Brasil.

TABLE 1: Parameters estimated by the five probability functions to *Eschweilera ovata* in a Dense Ombrophilous Forest fragment – Igarassu, Pernambuco, Brazil.

Função	Coefficientes	<i>Eschweilera ovata</i>
Beta	α	2.79
	β	7.97
Gama	α	4.64
	β	1.76
Log-Normal	μ	1.98
	σ^2	0.24
Normal	μ	8.10
	σ^2	15.85
Weibull 3-p	a	2.48
	b	6.25
	c	1.41

Verifica-se na Tabela 2 que por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, os valores de D calculado foram menores que o valor de D tabelado para as distribuições Beta, Gama, Log-Normal e Weibull-3p aceitando-se a hipótese de nulidade em que as alturas observadas seguem as distribuições testadas, sendo que a distribuição Gama foi a que melhor representou a série de alturas de *Eschweilera ovata*.

TABELA 2: Frequência observada e estimada pelas 5 funções de probabilidade e seus respectivos valores de D tabelado e D calculado para *Eschweilera ovata* em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa - Igarassu, Pernambuco, Brasil.

TABLE 2: Observed and predicted frequency by the five probability functions and their tabulated and calculated values of D to *Eschweilera ovata* in a Dense Ombrophilous Forest fragment – Igarassu, Pernambuco, Brazil.

	F. O.	Beta	Gama	Log-Normal	Normal	Weibull-3p
Total	274	275	275	271	265	259
D tab. 95%	–	0.0816	0.0816	0.0816	0.0816	0.0816
D calc	–	0.0663	0.0571	0.0680	0.0908	0.0612

Em que: F.O. = Frequência observada da amostra.

Como já era esperado, ao ser efetuado o cálculo de assimetria e curtose para essa amostra a distribuição Normal não foi aderente aos dados, já que não apresentou distribuição simétrica e mesocúrtica, características da curva de Gauss ou Normal (TRIOLA, 1998). Para que as alturas de *Eschweilera ovata* seguissem a distribuição Normal as frequências mais altas dessa variável deveriam

ocorrer nos valores mais centrais, diminuindo gradualmente e de maneira simétrica em relação aos valores extremos, cujo valor da média deveria ser igual ou muito semelhante ao da mediana e moda (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).

As curvas de freqüências estimadas sobre o histograma das freqüências observadas exposto na Figura 2 mostram claramente o desempenho semelhante das funções Beta e Gama para as alturas de *Eschweilera ovata* que superestimaram as classes de 2.5 e 8.5 m e subestimaram as classes de 5.5 e 11.5 m. Já a função Weibull-3p superestimou a classe de 8.5 m e subestimou também as classes de 5.5 e 11.5 m. A Log- Normal superestimou as classes de 2.5 e 8.5 m e subestimou a de 11.5 m. A análise gráfica permitiu ter uma maior clareza no julgamento das tendências dessas cinco funções de distribuição em altura avaliadas.

Segundo Scolforo (1998) a distribuição Beta, Gama e Weibull são funções flexíveis podendo ser aplicadas tanto em florestas nativas como plantadas, assumindo ou ajustando-se a diferentes tipos de curvas, passando por diversos graus de assimetria. Esse mesmo autor afirma que a distribuição Log-Normal é uma alternativa à distribuição Normal, já que o logaritmo da variável em estudo, mais que a própria variável pode seguir a distribuição normal.

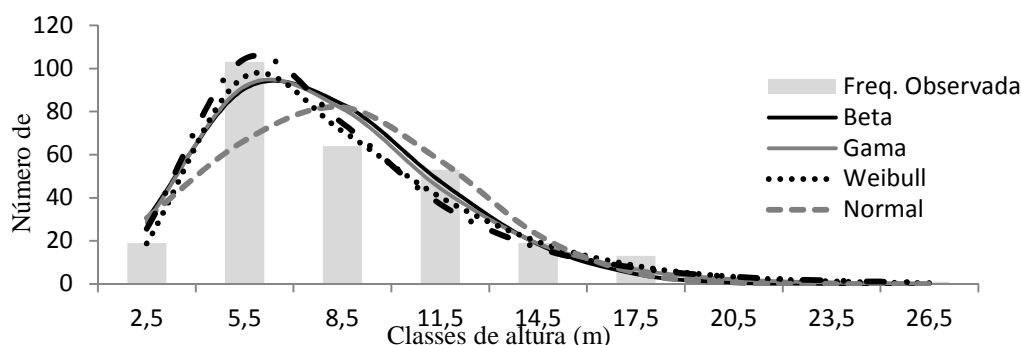


FIGURA 2: Curvas de distribuição em altura de *Eschweilera ovata* estimadas pelas cinco funções de probabilidade, sobre o histograma de freqüências observadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa - Igarassu, Pernambuco, Brasil.

FIGURE 2: Height distribution curves of *Eschweilera ovata* estimated by five probability functions, on the histogram of observed frequencies in a Dense Ombrophilous Forest fragment – Igarassu, Pernambuco, Brazil.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- As funções: Beta, Gama, Log-Normal e Weibull 3p apresentaram um desempenho satisfatório quanto ao ajuste das alturas de *Eschweilera ovata*;
- A função Normal, devido as suas características particulares, não apresentou um bom ajuste para a série de alturas da espécie *Eschweilera ovata*;
- A *Eschweilera ovata* apresentou distribuição unimodal, leptócurtica e com assimetria positiva;
- Há poucos estudos sobre o comportamento da variável altura para espécies nativas, sendo importante gerar conhecimento sobre esse assunto, principalmente para espécies que apresentam valor econômico para uma determinada região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTREGÉSILO, S. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SOUZA, A. L.; MEUNIER, I. M. J.; SANTOS, E. S.; Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 227-232, 2004.
- BONATES, L. C. M.; ROCHA, J. S.; ABREU, F. J.; SILVA, A. J. P. Etnobotânica do Berimbau. I - Qualidade Instrumental. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 1998, Salvador-BA. **Resumos Salvador**, 1998, p. 264.
- BRANDÃO, C. F. L. S.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; LINS E SILVA, A. C. B. Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo em um fragmento de floresta atlântica em Igarassu – Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 1, p. 55-61, jan./mar. 2009.

- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 2002. 407 p.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.
- GUSSON, E. **Uso e diversidade genética em populações naturais de biriba (*Eschweilera ovata* [Cambess.] Miers): subsídios ao manejo e conservação da espécie**. 2003. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Séries Manuais Técnicos em Geociências, Rio de Janeiro. 1992. 92 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v. 2, 373 p.
- ORELLANA, E. **Funções densidade de probabilidade no ajuste da distribuição diamétrica de um fragmento de floresta ombrófila mista**. Irati, PR. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Estadual do Centro - Oeste, Irati.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel: guia prático**. Viçosa: UFV, 2004. 251 p.
- SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 441p.
- SILVA, E. Q.; PÉLLICO NETTO, S.; MACHADO, S. A.; SANQUETA, C. R. Função densidade de probabilidade aplicável à ciência florestal. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 3, p. 285-294, 2003.
- SILVA, H. C. H. **Efeito de borda na fisionomia e estrutura da vegetação em fragmentos de Floresta Atlântica distintos em Igarassu – Pernambuco**. 2005.91 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural dePernambuco. Recife.
- TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. Tradução: Alfredo Alves de Faria e Versão Técnica: Eliana Farias e Soares. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 1998. 7 ed., 410 p.

DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICAS EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA EM ERVAL SECO, RS, BRASIL

DIAMETE DISTRIBUTION MIXED OMBROPHYLOUS FOREST MONTANA IN ERVAL SECO, RS, BRAZIL

Rafael Vendruscolo¹; Fabiano de Oliveira Fortes²; Gabriel Dal Agnol³;
Charles Rodrigo Belmonte Maffra⁴

RESUMO

Neste estudo foram estudadas as funções de distribuição Meyer, Beta e Weibull em quatro parcelas de 1000 m² instaladas em um fragmento manejado de 53 hectares no ano de 1993 em Floresta Ombrófila Mista, no município de Erval Seco, Rio Grande do Sul, Brasil. Foram levantados os dados de diâmetro a altura do peito (DAP), altura total, altura comercial e identificação dos indivíduos em nível de espécies, gênero e família de todos os indivíduos acima de 10 cm de DAP. Para estimar a função que melhor ajustou a distribuição de frequência foi utilizado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov e análise gráfica de resíduos. A função que melhor ajustou a distribuição pelo método de Kolmogorov-Smirnov foi a função Beta, seguida por Meyer e Weibull sendo que as três funções foram significativas ao nível de 5% de probabilidade. Constatou-se também a necessidade de uma nova intervenção para que a floresta volte a sua forma balanceada, sendo que a função Beta foi a que melhor estimou os exemplares que devem ser retirados.

Palavras-chave: Distribuição diamétrica; Função Meyer; Função Beta; Função Weibull.

ABSTRACT

In this study were studied the distribution functions Meyer, Beta and Weibull in four plots of 1,000 m² located in a fragment managed of 53 hectares in 1993 in Mixed Ombrophylous Forest in the municipality of Erval Seco, Rio Grande do Sul, Brazil. Data were collected in diameter at breast height (DBH), total height, commercial height and identification of individuals at the level of species, genus and family of all individuals above 10 cm DBH. To evaluate the best function set the frequency distribution, was used the test Kolmogorov-Smirnov and graphical analysis of waste. The best function set the distribution by the Kolmogorov-Smirnov method was the Beta function, followed by Meyer and Weibull being that the three functions were significant at 5% probability. It was also the need for a new intervention to the forest back to its balanced way, and the Beta function was the best as has been estimated individuals to be removed.

Keywords: Diameter distribution; Meyer Function; Beta Function; Weibull function.

INTRODUÇÃO

A dinâmica de uma floresta nativa vem intrigando estudiosos da área florestal desde o século XVII e até os dias atuais tentamos entender como esta dinâmica funciona. Os primórdios dos estudos florestais pregam pela sustentabilidade da floresta, ou seja, esta deve fornecer produtos na mesma quantidade e qualidade hoje e para as futuras gerações. Segundo Batista (1989), para se manejar uma floresta de forma auto-sustentada, deve-se conhecer o impacto das intervenções de manejo sobre a regeneração e estrutura da floresta.

No Brasil o manejo é praticado principalmente nas florestas tropicais do noroeste do país, ou seja, pertencente ao bioma floresta amazônica. No Rio Grande do Sul, desde a década de 90 nenhum plano de manejo florestal é aprovado, isso se deve a redução dos remanescentes florestais e de não conhecermos como uma floresta se comporta e se a mesma tem a capacidade de suportar uma intervenção humana e qual o tempo que a floresta demora para se recuperar após uma intervenção.

O uso dos recursos naturais constitui, devido a sua complexidade em dificuldades de interpretação das múltiplas implicações do ecossistema, em um dos grandes problemas da Ciência

¹ Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Campus CESNORS, Rua 21 de Abril, 325 – CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). eng.rafaelvendruscolo@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. BR 386 km 40, Linha 7 de Setembro s/n, CEP 98.400-000, Frederico Westphalen (RS) fabianofortes@gmail.com

³ Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Campus CENORS, Rua Plácido de Castro, 1055 - CEP 99560-000, Sarandi (RS).g_dalagnol@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria campus CESNORS. Rua Dr. Tranquilo Damo, 158 - CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). charles.maffra@hotmail.com

Florestal. Essas dificuldades se redobram na proporção direta do aumento da biodiversidade de espécies de animais e vegetais que compõem os ecossistemas (SCHNEIDER e FINGER, 2000).

No Rio Grande do Sul há diversos tipos de composições florestais dentre elas a Floresta Ombrófila Mista.

A Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) possui remanescentes florestais nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Atualmente, encontra-se bastante fragmentada, com escassos remanescentes que representem uma amostra adequada desse tipo de vegetação para a sua conservação a longo prazo (NASCIMENTO *et al.*, 2001).

Os autores também relatam que a exploração intensiva de madeiras de grande valor econômico de espécies como *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro), *Ocotea porosa* (imbuia), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) e *Cedrela fissilis* (cedro) reduziu suas reservas naturais, o que, aliado à falta de estudos sobre demografia e a dinâmica na comunidade, colocam essas populações residuais em grande perigo. Outras espécies não-madeiráveis, comuns nessa formação vegetal, como *Dicksonia sellowiana* (xaxim) e *Maytenus ilicifolia* (espinheira-santa), exploradas como produtos secundários, sofreram uma grande redução em suas reservas naturais.

Para saber a dinâmica da floresta é necessário conhecer a sua distribuição, assim dentre as variáveis mensuráveis em uma árvore e no povoamento florestal, o diâmetro é a mais importante e por extensão, a circunferência. Constitui-se em uma medida básica e necessária para o cálculo da área transversal, área basal, volume, crescimento e quociente de forma. Assim é a medida mais acessível, em comparação com as outras que podem ser tomadas em uma árvore (MACHADO e FILHO, 2003).

Na distribuição de frequência a amplitude de classe de 10 cm é comumente utilizada, onde, Umaña e Alencar (1998) citam o trabalho de Barros (1980) que concluiu que as distribuições se ajustaram melhor quando utilizou-se um intervalo de 10cm.

A floresta nativa ao seguir uma forma balanceada na sua distribuição assume a forma de “J” invertido onde as maiores frequências estão nas menores classes.

Assim, quando ajustada a função em relação aos dados observados, tem-se a noção da distribuição por classe de diâmetro, mostrando onde existe uma sub ou superestimativa dando subsídios para intervir ou não na floresta, deste modo para estimar a forma balanceada de uma floresta nativa existem várias funções estimadoras, que distribuem o número de indivíduos por centro de classe em função dos dados observados.

A distribuição de frequência não estabelece relações entre DAP e certas variáveis como, por exemplo, altura/DAP, mas indica as frequências de variáveis específicas definidas dentro de intervalos de diâmetros (CUNHA, 1995).

Os centros de classe são peças-chaves para a distribuição de frequência, obtidas por várias funções diferentes.

De acordo com Hafley e Schreuder (1977) *apud* Cunha (1995), um dos principais problemas no ajuste de distribuição refere-se a escolha da função de distribuição estatística para descrever as probabilidades de interesse. O critério para escolher uma distribuição é que está seja relativamente simples em termos de ajustes para obter as estimativas dos parâmetros, suficientemente flexível para ajustar-se em um aspecto amplo dentro de vários intervalos de classe e ajustar-se bem a qualquer conjunto de observações.

Uma série de distribuições como a SB, Weibull, Beta, Gamma, Log-normal, Normal e a SB bivariada podem ser utilizadas como base para o sistema de predição do crescimento e produção por classe diamétrica. Dependendo da distribuição um ou mais métodos de ajuste pode ser considerado, como o método da máxima verossimilhança, o método dos momentos e o método dos percentis, dentre outros (SCOLFORO e THIERSCHI, 1998).

Batista (1989) utilizou a função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetros de espécies arbóreas tropicais e concluiu que devido a sua grande flexibilidade ela se ajusta bem à distribuição de diâmetros de diferentes espécies arbóreas presentes na floresta tropical. Já Cunha (1995) estudou a análise da estrutura diamétrica de uma floresta tropical úmida da Amazônia brasileira com três funções (Weibull, Beta e Exponencial) com quatro amplitudes diferentes e concluiu que de modo geral não existe um único modelo capaz de fornecer estimativas do número de árvores, absolutamente acuradas em todas as classes diamétricas. Por outro lado Umaña e Alencar (1998) estudaram três distribuições diamétricas probabilística (Beta, Gama e Weibull), para uma floresta tropical úmida usando o teste de Kolmogorov-Smirnov e análise gráfica dos resíduos para avaliar qual a melhor.

Neste contexto, para obter melhor estimativa para os parâmetros da Floresta Ombrófila Mista, o presente trabalho tem por objetivo avaliar qual função (Meyer, Beta e Weibull) melhor se ajusta à esta tipologia florestal.

MATERIAL E MÉTODO

Descrição da área

O trabalho de pesquisa foi realizado em área particular pertencente ao senhor José Amador Fortes, localizada na Linha Progresso, município de Erval Seco, RS, região noroeste do Estado. Atualmente a propriedade possui 55,8 ha, dos quais 53,9 ha são de Floresta Ombrófila Mista Montana, fazendo divisa com a Reserva Biológica Moreno Fortes.

A floresta sofreu intervenção humana na forma de corte seletivo no ano de 1993 onde esta foi manejada de acordo com o plano de manejo em regime sustentado, aprovado pelo órgão competente da época o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA).

Nesta intervenção foram extraídos 3.010 m³ de madeira roliça com diâmetro maior que 45 cm, da área de 53,9 hectares.

No inventário florestal realizado na época a floresta apresentava um estoque de 211 m³/ha de exemplares acima de 10 cm de DAP.

O relevo que ocorre na Depressão Central situada entre o Planalto e Serra do Sudeste, onde a região se caracteriza por apresentar amplas planícies aluviais e coxilhas sedimentares, onduladas com declives em dezenas de metros (INVENTÁRIO FLORESTAL NACIONAL, 1983).

A altitude média do local é de 450 m. Os solos da região são profundos e classificados como Latossolo Vermelho Aluminoférrico, sua formação é o basalto sendo solos bem drenados, com fertilidade natural alta além de serem fortemente ácidos.

O clima, segundo Moreno (1961), é classificado por Köppen como Cfa. Caracteriza-se como temperado úmido, com temperatura média do mês mais quente superior a 22° C e do mês mais frio superior a 3° C, sendo que a temperatura média anual se estabelece entre 18° C e 19° C. A precipitação média anual fica entre 1.900 – 2.000 mm, regularmente distribuída entre todo o ano. A umidade relativa durante as estações fica entre 77 e 78%.

A vegetação na região pertence a tipo fitogeográfico Floresta Ombrófila Mista Montana, com domínio *Myrtaceas* e *Nectandras* no sub bosque, destacando-se no estrato superior a Araucária.

Coleta de dados

Foram instaladas quatro unidades experimentais de 1000m², que atendem o objetivo de análise de distribuição de frequência, dispostas aleatoriamente na área onde foram levantadas as variáveis qualitativas e quantitativas da floresta.

Para realização das análises levantou-se espécie, diâmetro a 1,30 metros, altura comercial e altura total de todas as árvores acima de 10 cm de diâmetro. A identificação das espécies se deu no local pelos meios da dendrologia e as espécies que não se conseguiu a identificação no local foi retirado uma amostra de um ramo e posterior identificação.

Para as alturas foi utilizado o Hipsômetro Vertex e anotadas em cadernetas de campo. Para o cálculo de volume utilizou-se fator de forma de 0,65 para *Araucaria angustifolia* e 0,55 para as demais espécies, sendo os mesmos valores utilizados no plano de manejo de 1993.

Modelos de distribuição diamétricas

O ajuste da distribuição de frequência de indivíduos foi testado usando três métodos diferentes sendo eles a função Meyer, função Beta e função Weibull.

Segundo Schneider e Schneider (2008), a função de Meyer constitui-se do método mais tradicional utilizado para se ajustar uma distribuição do tipo hiperbólica, característica de floresta nativa. Sua função é descrita por:

$$y_i = b_0 \cdot e^{-b_1 \cdot x_i},$$

Onde: y_i = frequência da classe de diâmetro; x_i = diâmetro do centro de classe; b_0, b_1 = parâmetros da equação.

A função Beta tem sido aplicada com êxito no ajuste da distribuição de frequência por classe de diâmetro em diferentes tipos de povoamentos florestais (SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008).

A função é dada por:

$$N_i = b_0 \cdot b_1^{(x-a)} \cdot b_2^{(b-x)}$$

Onde: N_i = número de árvores por unidade de área; X = diâmetro médio da classe; a = limite inferior da função beta; b = limite superior da função beta; b_0, b_1 e b_2 = parâmetros a serem estimados.

Os valores de a e b são obtidos por:

$$a = d_1 - w/2 \text{ e } b = d_k - w/2$$

Onde: d_1 = menor centro de classe de diâmetro; d_k = maior centro de classe de diâmetro; w = intervalo de classe de diâmetro.

Finger (2006) citam que o uso da função beta gera subestimativas nas classes de maior diâmetro, ou seja, perto da extrema direita da distribuição devido ao estreitamento do limite superior imposto pelo valor de “b”.

A distribuição Weibull foi proposta por Fisher e Tippett em 1928, tendo sido desenvolvida independentemente por Waloddi Weibull, físico sueco, em 1939, no estudo de resistência de materiais (BATISTA, 1989).

A função acumulativa de Weibull – 2 parâmetros é dada por:

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-x_0}{\eta}\right)^\beta\right],$$

Onde: $F(x)$ = porcentagem do número e árvores menor ou igual a um diâmetro “X” especificado; n , β = parâmetros a serem estimados.

Determinação do coeficiente angular (β) é dada por:

$$\beta = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

Onde: β = coeficiente angular; $X_i = \ln(x - x_0)$; $Y_i = \ln\{-\ln[1 - F(x)]\}$; n = número de centros de classe.

Determinação do coeficiente linear ($-b \cdot \ln h$) é dado por:

$$b = -\beta \cdot \ln \eta \cdot \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \beta \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

A probabilidade (P_i) é obtida pela diferença entre o valor da função de distribuição acumulada $F(x)$ no limite inferior e o valor no limite superior. A frequência dessa classe é o produto de P_i pelo número total de árvores (UMAÑA e ALENCAR, 1998).

A grande variedade de formas que Weibull pode assumir é controlada pelo parâmetro “ β ” que define o tipo de curva, chamado parâmetro de forma. Quando $\beta \leq 1$ a distribuição assume a forma de “J invertido”, típica da distribuição diamétrica de florestas temperadas dissetâneas e de florestas tropicais naturais dissetâneas. Para valores de β entre 1 e 3,6 a distribuição torna-se positivamente assimétrica, tomando a forma de sino praticamente simétrica, semelhante a distribuição normal quando $\beta = 3,6$. À medida que o valor de β passa de 3,6 e tende ao infinito, a distribuição torna-se negativamente assimétrica tendendo a uma forma extremamente leptocúrtica (BATISTA, 1989).

Análise gráfica dos resíduos

A análise gráfica de resíduos é inerentemente subjetiva. Entretanto, a análise subjetiva de uma variedade de gráficos de resíduos inter-relacionados poderá, freqüentemente, revelar dificuldades no modelo com maior clareza do que testes formais de análise de acordo com Cunha (1995). O autor também relata que a análise gráfica de resíduos visa interpretar o comportamento do erro aleatório de modo pontual, ou seja, ao nível de classe diamétrica. Com esse procedimento é possível avaliar melhor a variação do erro por classe diamétrica.

Para haver super estimativa os resíduos devem ultrapassar 0,5 (UMAÑA e ALENCAR, 1998).

Os resíduos foram calculados pela fórmula:

$$Res = \frac{F_{obs.} - F_{est.}}{F_{obs.}}$$

Onde: F_{obs} = frequência observada; F_{est} = frequência estimada; $Res.$ = resíduos.

Estatística de Kolmogorov-Smirnov

O teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov compara a frequência acumulada estimada com a frequência acumulada observada. O ponto de maior divergência entre as duas distribuições é o valor D de Kolmogorov-Smirnov. O menor valor de D entre as distribuições indicará a melhor função que se ajusta aos dados.

O valor de “ D ” é obtido pela fórmula (SCHNEIDER, 1997):

$$D = \frac{d_{max.}}{N}$$

Onde: d_{max} = máxima diferença absoluta entre as frequências observadas e esperadas; N = número de observações.

O D_{tab} , para um nível de significância de 0,05 é dado por $1,36/\sqrt{N}$.

Quando $D_{cal.} < D_{tab}$, aceita-se o ajuste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas 26 espécies de 15 famílias botânicas, sendo que sete dessas espécies *Nectandra lanceolata*, *Ocotea catharinensis* Mez, *Ocotea puberula*, *Ocotea* sp., *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb., *Cedrela fissilis* Vell, e a *Araucaria angustifolia* representaram valor econômico e 51,59% das espécies amostradas.

O estoque de madeira de exemplares acima de 10 cm de DAP na área foi de 243,79 m³/ha⁻¹, para as quatro parcelas

A *Araucaria angustifolia* é a única espécie que está presente em todas as classes propostas n entanto apresenta poucos indivíduos na primeira classe, conforme Tabela 1.

Seis espécies não apresentam indivíduos na primeira classe sendo elas a *Cordia trichotoma*, *Erythrina falcata*, *Ficus guaranitica*, *Lonchocarpus* sp., *Prunus myrtifolia*, *Sebastiania brasiliensis*, isso significa que estas espécies apresentam baixo crescimento e regeneração nos últimos 17 anos, período após o último manejo.

Algumas espécies apresentam uma grande frequência na primeira classe sendo elas a *Nectandra lanceolata*, *Ocotea puberula*, *Ocotea catharinensis*, *Campomanesia xanthocarpa*, totalizando 74 árvores, ou seja, 43,78% de todos os indivíduos dessa classe.

TABELA 2: Lista de espécies encontradas com o número de exemplares por centro de classe.

TABLE1: List of species found with the number of copies per class center.

ESPÉCIES	DAP (cm)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<i>Alchornea Triplinervia</i>	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Allophylus edulis</i>	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Apuleia leiocarpa</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Araucaria angustifolia</i>	5	10	3	10	5	8	5	-	-	-	-	-
<i>Aspidosperma subcanum</i>	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cabralea canjerana</i>	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	13	10	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cedrela fissilis</i>	3	3	5	3	5	5	-	-	-	-	-	-
<i>Cordia trichotoma</i>	-	3	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cupania vernalis</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diospyros inconstans</i>	10	3	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erythrina falcata</i>	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eugenia involucrata</i>	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ficus guaranitica</i>	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gleditschia amorphoides</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilex brevicuspis</i>	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilex paraguariensis</i>	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lonchocarpus</i> sp.	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Matayba elaeagnoides</i>	8	3	5	-	-	3	-	-	-	-	-	-
Morta	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
N.I	15	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nectandra lanceolata</i>	23	8	13	5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ocotea catharinensis</i>	15	10	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Ocotea puberula</i>	23	-	3	3	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Ocotea</i> sp.	8	3	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus myrtifolia</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	-	5	3	-	-	5	-	-	-	-	-	-
<i>Sebastiania commersoniana</i>	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soma	169	85	51	43	27	30	5	-	-	-	-	-

A função de Meyer é o método mais tradicional utilizado para se ajustar uma distribuição do tipo hiperbólica, característica da floresta nativa. Sendo a função:

$$y_i = b_0 \cdot e^{-b_1 \cdot x_i}$$

Linearizando a equação temos:

$$\ln y_i = \ln b_0 + b_1 \cdot x_i,$$

onde os coeficientes b_0 e b_1 são 6,064747 e -0,05787.

Substituindo os novos valores na função tem-se:

$$\ln y_i = 6,064747 - 0,05787 X_i \text{ ou } y = 6,064747 \cdot e^{-0,05787 \cdot X_i}$$

Com os valores da equação pode-se agora definir se há classes de diâmetro em que há déficit ou superávit de árvores, se a equação esta superestimando o subestimando as informações, além de definir quantas árvores serão removidas em um eventual balanceamento da floresta.

A função Beta tem sido aplicada com êxito nas distribuições de frequências por classe de diâmetro onde a função é dada por:

$$N_i = b_0 \cdot b_1^{(x-a)} \cdot b_2^{(b-x)},$$

onde sua forma linearizada para calculo dos coeficientes é dada por

$$\ln N = \ln const + b_1 \cdot \ln(x - a) + b_2 \cdot \ln(b - x)$$

onde o coeficientes b_0, b_1 e b_2 dados pela regressão são 0,818989, -0,48903 e 1,175937 respectivamente o valor de "a" é dado por $a = d_1 - w/2$ e "b" é dado por $b = d_k - w/2$ usando os coeficientes na equação temos as frequências em cada centro de classe que é dada por:

$$\ln N = 0,818989 + -0,48903 \ln(x - 10) + 1,175937 \ln(90 - x).$$

Com os valores da função podemos observar os mesmos parâmetros observados na função Beta.

A distribuição de frequência ordenada pela função Weibull é muito utilizada para a distribuição de florestas nativas se enquadrando muito bem devido a sua flexibilidade e facilidade de correlacionar seus parâmetros com características dendrométricas importantes, onde usamos sua função acumulativa dada por:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right],$$

linearizando essa equação se torna

$$\ln\{-\ln[1 - F(t)]\} = \beta \cdot \ln(t - t_0) - \beta \cdot \ln \eta$$

onde para fatores de calculo

$$y = \ln\{-\ln[1 - F(t)]\} \text{ e } x = \ln(t - t_0).$$

Agora podemos aplicar a regressão linear para determinação de "b" e "h".
Determinação do coeficiente angular (b)

$$\beta = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$\beta = \frac{8 \cdot 17,7535 - 27,39758 \cdot 4,20292}{8 \cdot 99,5411 - 27,39758^2}$$

$$\beta = \frac{26,87792}{45,70141} = \mathbf{0,58812}$$

Determinação do coeficiente linear (-b . Ln h)

$$b = -\beta \cdot \text{Ln}\eta = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - a \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$b = \frac{4,20292}{8} - 0,58812 \cdot \frac{27,39758}{8}$$

$$b = 0,52537 - 2,01413 = -1,48876$$

Portanto,

$$-\beta \cdot \text{Ln}\eta = -1,48876$$

$$0,58812 \cdot \text{Ln}\eta = 1,48876$$

$$\text{Ln}\eta = \frac{1,48876}{0,58812} = 2,53139$$

$$\eta = e^{2,53139}$$

$$\eta = 12,57097$$

Colocando os parâmetros na fórmula acumulada de weibull temos,

$$F(15) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{15 - 10}{12,57097}\right)^{0,58812}\right]$$

$$F(15) = 0,4409.387 = 171$$

TABELA 3: Frequências estimadas pela função Weibull.

TABLE2: Frequencies estimated by the Weibull function.

F(x)	$F(x)=1-\exp[-((x-x_0)/\eta)^\beta]$	Nº Árvores.ha ⁻¹	F(x).Nº Árvores.ha ⁻¹	Frequência absoluta.
F(15)	0,44090	387	171	171
F(25)	0,67027	387	259	88
F(35)	0,77650	387	301	42
F(45)	0,83897	387	325	24
F(55)	0,87961	387	340	15
F(65)	0,90766	387	351	11
F(75)	0,92779	387	359	8
F(85)	0,94267	387	365	6

Na Figura 1 temos a distribuição diamétrica dos três métodos, Meyer, Beta e Weibull, sendo comparada a frequência observada. A Figura 1 mostra as três funções em comparação com os dados observados.

Quando comparada as funções Meyer, Beta e Weibull, observam-se que função de Meyer superestima as primeiras classes. Já a função de Weibull subestima as classes com exceção das duas últimas.

Observando o gráfico pode-se observar que a função Beta é a que melhor estimou a distribuição dos indivíduos em relação aos dados observados e que se fosse retirado o número de indivíduos até chegarmos nos 40m³/há em um eventual plano de corte seletivo essa função é a que apresentaria a floresta de forma mais balanceada.

Analisando as três funções e os dados observados pode-se afirmar, que para fins de manejo, na necessidade da retirada de exemplares entre os diâmetros entre 45 e 75 cm para manter o equilíbrio e produção da floresta.

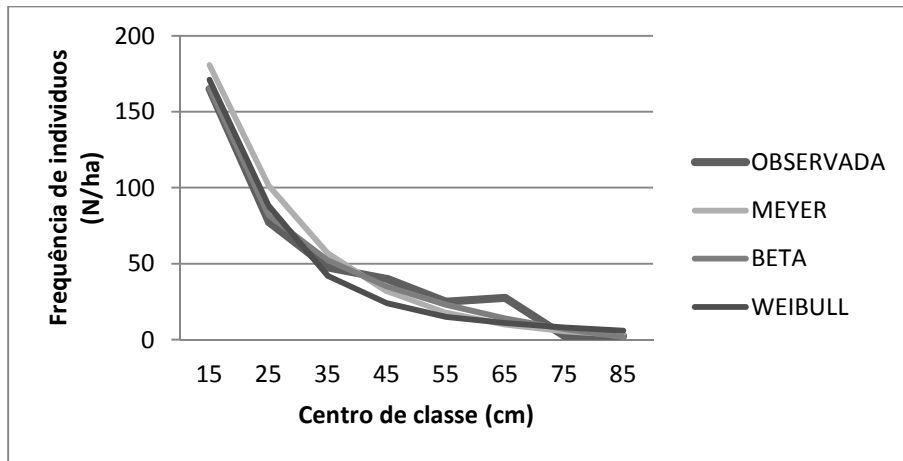


FIGURA 6: Comparação entre a distribuição de freqüências por centro de classe pela função Meyer, Beta, Weibull.

FIGURE1: Comparison of the frequency distribution center per class for Meyer, Beta, Weibull function.

A Figura 2 apresenta a comparação entre Meyer, Beta e Weibull da dispersão dos resíduos.

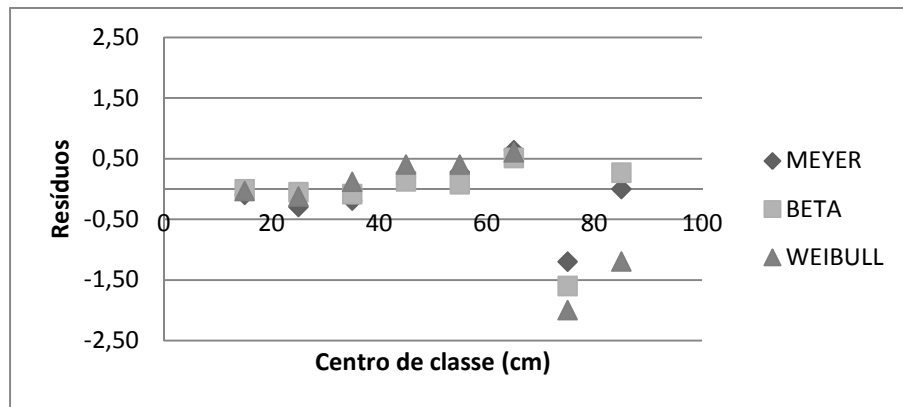


FIGURA 7: Comparação dos resíduos de Meyer, Beta e Weibull.

FIGURE2: Comparison of waste Meyer, Beta, and Weibull.

Analisando os dados da Figura 2, nota-se que a função beta foi a que melhor estimou a distribuição de freqüências em função dos dados observados.

O teste de Kolmogorov-Smirnov para um nível de significância de 5% sendo o $D_{tab.}$ de 0,0690, para os valores de Meyer, Beta e Weibull, o valor de $D_{cal.}$ é dado na Tabela 6.

TABELA 4: Valores do teste de Kolmogorov-Smirnov para Meyer, Beta e Weibull.

TABLE3: Values of the Kolmogorov-Smirnov test for Meyer, Beta, and Weibull.

Função	Meyer	Beta	Weibull
ValorK-S			
Dcal.	0,000213	0,000099	0,000216

O resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov mostra que todas as funções ajustam bem a distribuição de freqüências de uma floresta já manejada, mas que a função Beta foi a que melhor se ajustou por possuir o menor D_{cal} seguido da função Meyer e Weibull.

CONCLUSÕES

- As três funções de densidade e probabilidade (Meyer, Beta e Weibull) podem ser usadas para estimar as freqüências de uma Floresta Ombrófila Mista já manejada.

- A função Beta foi a que melhor estimou a distribuição entre as três testadas e foi a que melhor ajustou a curva após o corte seletivo.
- Para as três funções há necessidade de retirada de exemplares de algumas classes para que a floresta torne-se equilibrada, sendo necessário a retirada de aproximadamente 6,28 m², 8,97 m² e 10,93 m² de área basal por hectare para Beta, Meyer e Weibull respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, J. L. F. **A função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetros de espécies arbóreas tropicais**. Piracicaba, 1989. 116f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CUNHA, U. S. da. **Análise da estrutura diamétrica de uma floresta tropical úmida da Amazônia brasileira**. Curitiba. 1995. 134f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal**. Santa Maria. 2006. 276p. (Apostila)

INVENTÁRIO FLORESTAL NACIONAL. Reflorestamento. Rio Grande do Sul. Brasília. 1983. 183p.

MACHADO, S. do. A.; FILHO, A. F. **Dendrometria**. Curitiba. 2003. 309p

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, RS. 1961. 42p.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de floresta ombrófila mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, p.105-119.2001.

SCHNEIDER, P.R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria. UFSM. 1997. 217p.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidêneas heterogêneas**. Santa Maria: Imprensa da UFSM. 2000. 195p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria, FACOS-UFSM. 2.ed.. 2008. 566p.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCHI, A. Estimativas e testes da distribuição de frequência diamétrica para *Eucalyptus camaldulensis*, através da distribuição SB, por diferentes métodos de ajuste. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n.54, p. 93-106, dez.1998.

UMANÃ, C. L. A.; ALENCAR, J. da C. Distribuição diamétricas da floresta tropical úmida em uma área no município de Itacoatiara – AM. **Acta Amazonica**, 28(2). p 167-190. 1998.

ESTIMATIVA DE BIOMASSA E DO CARBONO EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM SISTEMA FAXINAL

BIOMASS AND CARBON OF ESTIMATION IN FLORESTA OMBROFILA MISTA IN SYSTEM FAXINAL

Suelen Cristina Vanzetto¹; Luciano Farinha Watzlawick²; Rafaelo Balbinot³; Rafael Vendruscolo⁴; Gabriel Dal Agnol⁵

RESUMO

As florestas naturais e as plantações florestais têm sido apontadas como sumidouros de CO₂ por meio do processo de fotossíntese, fixando este o carbono em diferentes compartimentos do ecossistema. O interesse em relação ao “seqüestro de carbono” em florestas plantadas tem crescido, em razão de sua elevada taxa de crescimento e grande capacidade de fixar o dióxido de carbono da atmosfera. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar estimativas do estoque de biomassa e carbono num fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Sistema Faxinal localizado na Região Centro-Sul do Paraná. A quantidade de biomassa acima do solo da vegetação arbórea dos indivíduos com DAP ≥ 10 cm foi de 88,15 Mg. ha⁻¹ de biomassa 37,06 Mg. ha⁻¹ de carbono.

Palavras-chave: Equações Alométricas; Protocolo de Kioto; MDL.

ABSTRACT

The natural forests and forest plantations have been identified as concentration of carbon sink by photosynthesis process, fixing this carbon in different compartments of the ecosystem. The interest in the “carbon sequestration” in planted forests has grown, due to its high rate growth and large capacity to fix carbon dioxide of atmosphere. In this context, the present study has as objective to make an estimate of stock biomass and carbon in Floresta Ombrófila Mista fragment in Faxinal system, located in South-Central of Paraná. The amount of biomass above soil of arboreal vegetation of individuals with DBH ≥ 10 cm was 88.15 Mg. ha⁻¹ biomass of 37.06 Mg. ha⁻¹ of carbon.

Key-words: Allometric equations; Kyoto Protocol; CDM.

INTRODUÇÃO

Sob a região de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista (FOM) estabeleceu-se o chamado “Paraná Tradicional”, o sistema de criatório e de invernadas, que espalhou povoamentos por suas paisagens, influenciando hábitos e costumes. Dentre eles, o Sistema de Faxinal (SF) com seu sistema comunitário, predominando o criatório extensivo e o extrativismo da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze da *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., que se tornaram as principais fontes econômicas durante o período de ocupação do estado. O aproveitamento desta mata conjugada às áreas circunvizinhas geralmente com cultivo agrícola e ainda conciliada à forma de vida com fortes traços de coletivismo denomina-se “Sistema Faxinal”. Segundo EMATER (1994) “existiram 121 Faxinais no Paraná”. Porém, dados publicados por Marques (2004) “apontam pelo menos 152, dos quais 44 ainda se mantêm ativos e agregam cerca de 3.000 famílias, com população de aproximadamente 16.000 habitantes”. Somente em 1997 o SF foi reconhecido formalmente, por meio do Decreto Estadual nº 3446/97, que criou as Áreas Especiais de Uso Regulamentado (ARESUR), para incluí-lo no Cadastro Estadual de Unidades de Conservação (CEUC) (IAP, 1988). Os municípios que possuem SF em seu território adquirem o direito de receber, pela Lei do ICMS Ecológico (Lei Complementar nº 59/91), um maior percentual na distribuição dos recursos do ICMS.

Segundo Machado (1992), uma topossequência típica da região é composta por três ambientes:

¹ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste, Caixa Postal 3010, CEP 85015-430, Guarapuava (PR). farinha@unicentro.br

² Engenheira Ambiental, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Av. Sete de Setembro, 3165 - CEP 80230-901, Curitiba (PR). suelen.van@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. BR 386 km 40, Linha 7 de Setembro s/n, CEP 98.400-000, Frederico Westphalen (RS). Rafaelo.balbinot@gmail.com

⁴ Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Campus CESNORS, Rua 21 de Abril, 325 – CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). eng.rafaelvendruscolo@gmail.com

⁵ Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Campus CENORS, Rua Plácido de Castro, 1055 - CEP 99560-000, Sarandi (RS).g_dalagnol@yahoo.com.br

os topos, as baixada e as vertentes. Na área de baixada encontram-se os SF (criador comunitário) onde os colonos residem; nas áreas de topo e encostas dá-se o cultivo agrícola. Entre essas duas áreas situam-se as vertentes as quais também são destinadas ao cultivo contínuo, diferenciando-se das demais áreas de cultura devido ao maior tempo de pousio (entre 3 e 5 anos), devido suscetibilidade a erosão.

Recentes trabalhos nos trazem informações acerca do potencial de fixação de carbono de nossas florestas, fundamentais para futuros projetos.

Brun (2004), encontrou em uma Floresta Estacional Decidual Secundária (FEDS), com cerca de 50 anos, em Santa Tereza, RS, uma biomassa acima do solo média de 157,6 Mg. ha⁻¹ (incluindo extrato arbustivo, herbáceo e lianas), sendo sua maior parte formada pela madeira (52,41%), seguido pelos galhos (28,4%).

Vogel, Schumacher e Trüby (2006) “também estudaram uma FEDS com aproximadamente 70 anos no município de Itaara, RS, e a estimativa média da biomassa total acima do solo foi de 210,0 Mg. ha⁻¹. Já em uma FOM Montana no Paraná”, Watzlawick *et al* (2002) “estimou a biomassa acima do solo para três estágios sucessionais (inicial, médio e avançado) em 69,4, 168,8 e 397,8 Mg. ha⁻¹, respectivamente”. Apesar destes esforços, permanecem incertezas sobre como diferentes usos da terra e atividades florestais afetam os estoques de carbono e as emissões de gases de efeito estufa.

Neste contexto, percebemos que o SF constitui parte expressiva da realidade agrícola e ambiental do estado do Paraná em termos histórico, social e de produção econômica. Porém, ainda é pouco conhecido pela sociedade científica e pelos técnicos do setor. Na perspectiva local constata-se uma deficiência em termos de pesquisa, conhecimento e conservação do SF, principalmente relacionados ao conhecimento da real importância e contribuição do SF no seqüestro de carbono, Assim, o presente estudo teve como objetivo realizar estimativas do estoque de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista em Sistema Faxinal localizada na Região Centro-Sul do Paraná

MATERIAIS E MÉTODOS

O Faxinal do Marmeleiro de Baixo se localiza na zona rural do município de Rebouças, Paraná. Segundo Marques (2004), “a área total deste Faxinal é de aproximadamente 560 ha, incluindo-se as áreas de lavoura e do criadouro, onde vivem cerca de 200 a 250 famílias”. O município de Rebouças encontra-se no Segundo Planalto Paranaense, o qual se apresenta como um grande patamar intermediário entre os grandes planaltos paranaenses, situado a altitude média de 815 m.s.n.m. Em condições de topografia ondulada e fortemente ondulada os solos são pouco desenvolvidos, predominando as classes Litólico e Cambisololo, que segundo Belinazi Jr (1983), “com tais características enquadram-se no uso para pastagens e florestas”.

“Segundo a classificação de Köppen, o clima é Cfb, subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos, sem estações secas e com geadas. A temperatura média do mês mais frio é menor que 18° C e do mês mais quente é menor que 22° C” (ITCF, 1990).

Neste local foi instalada uma de parcela permanente de inventário florestal, de acordo com Watzlawick (2007),” possuindo 100 x 100 m (1 ha), sub-dividida em 100 sub-unidades contíguas de 10 x 10 m (100 m²)”. Para catalogação dos dados foram confeccionadas planilhas nas quais os indivíduos existentes em cada sub unidade amostral, foram identificados e contados de acordo com o nome popular e nome científico (gênero e espécie), sendo também mensurado seu respectivo Diâmetro a Altura do Peito (DAP). Todas as árvores com DAP ≥ 10 cm foram medidas e identificadas. As alturas totais foram estimadas utilizando-se as equações hipsométricas ajustadas que seguem, para espécies folhosas e para araucária.

$$\text{Araucaria angustifolia:} \quad \text{HT} = -21,284 + 10,951 \ln(\text{DAP})$$

$$\text{Espécies folhosas:} \quad \text{HT} = -2,231 + 4,750 \ln(\text{DAP})$$

Para a obtenção dos valores de biomassa, foi utilizada a equação ajustada por Koehler, Watzlawick e Kirchner (2002).

$$Y = \exp[-3,255172 + 0,93907 \ln(\text{DAP}^2 \text{HT})]$$

Nas estimativas de carbono fixado foram utilizados os teores médios determinados por Watzlawick *et al.* (2003) “para 39 espécies da Floresta Ombrófila Mista, vale ressaltar que os teores foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade de confiança”.

Utilizando-se as informações anteriores foi calculada a quantidade de biomassa e carbono fixado para a floresta como um todo, bem como para cada espécie encontrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A floresta em estudo possui uma densidade arbórea de 297 indivíduos. ha⁻¹, sendo representando por 13 famílias botânicas, 19 gêneros e 24 espécies, conforme Tabela 1.

TABELA 1: Relação de espécies ocorrentes no Faxinal Marmeleiro de Baixo.

TABLE 1: List of species occurring in Faxinal Marmeleiro de Baixo.

Nome Vulgar	Nome Científico	Família
Araucária	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.	Araucariaceae
Branquilha	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	Euphorbiaceae
Cafezeiro de mato	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae
Caingá	<i>Calyptanthus grandifolia</i> Berg.	Myrtaceae
Canela guaiaca	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae
Canela imbuia	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Lauraceae
Canela sassafras	<i>Ocotea odorifera</i> (Vellozo) Rohwer	Lauraceae
Capororocão	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Myrsinaceae
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae
Curvatã	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Sapindaceae
Erva-mate	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	Aquifoliaceae
Figueira	<i>Ficus enormis</i> (Mart. ex Miq.) Mart.	Moraceae
Guabiroba	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg.	Myrtaceae
Guaçatunga	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Salicaceae
Guaçatunga graúda	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	Salicaceae
Imbuia	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & C. Mart.) Barroso	Lauraceae
Leiteiro	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Euphorbiaceae
Miguel pintado	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Sapindaceae
Murta	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) Berg.	Myrtaceae
Pessegueiro bravo	<i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schlecht.) D. Dietrich	Rosaceae
Sapopema	<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	Elaeocarpaceae
Sapuva	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	Fabaceae
Sete capote	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg	Myrtaceae
vacuum	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	Sapindaceae

Dentre as 24 espécies ocorrentes, três espécies representaram 51,31 % da quantidade de biomassa e carbono fixado, sendo elas: *Blepharocalyx salicifolius* (20,86%), *Ocotea puberula* (16,60%), *Campomanesia xanthocarpa* (13,85%). Os indivíduos mortos representam 4,79 %.

Albuquerque (2009) “no estudo do Faxinal Marmeleiro de Baixo, referente à análise dos parâmetros como Valor de Importância (VI) da vegetação, observou-se o predomínio de *Blepharocalyx salicifolius* (Humboldt, Bonpland; Kunth), que corresponde a 26,46% do VI da comunidade total analisada, seguida da *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. 7,67% do VI, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees 6,74% do VI”.

Cordeiro *et. al.* (2007) “estudando a regeneração de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava-PR observou também que a *Campomanesia xanthocarpa* foi a terceira espécie com maior frequência por área sendo de 16,76%”. Sonego *et. al.* (2007) “descrevendo a estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista no RS, observaram que a *Blepharocalyx salicifolius* e a *Ocotea puberula* aparecem entre as quatro espécies com maior frequência de indivíduos observados com diâmetros acima de 10 cm”. Analisando o resultado dos autores citados com o presente trabalho nota-se que a quantidade de indivíduos por hectare esta diretamente relacionada com a quantidade de biomassa e carbono acumulados, pois, teoricamente quanto maior a frequência maior será a representatividade desses indivíduos nas quantidades de biomassa e carbono.

Na Figura 1 pode-se observar a quantidade de carbono por espécie.

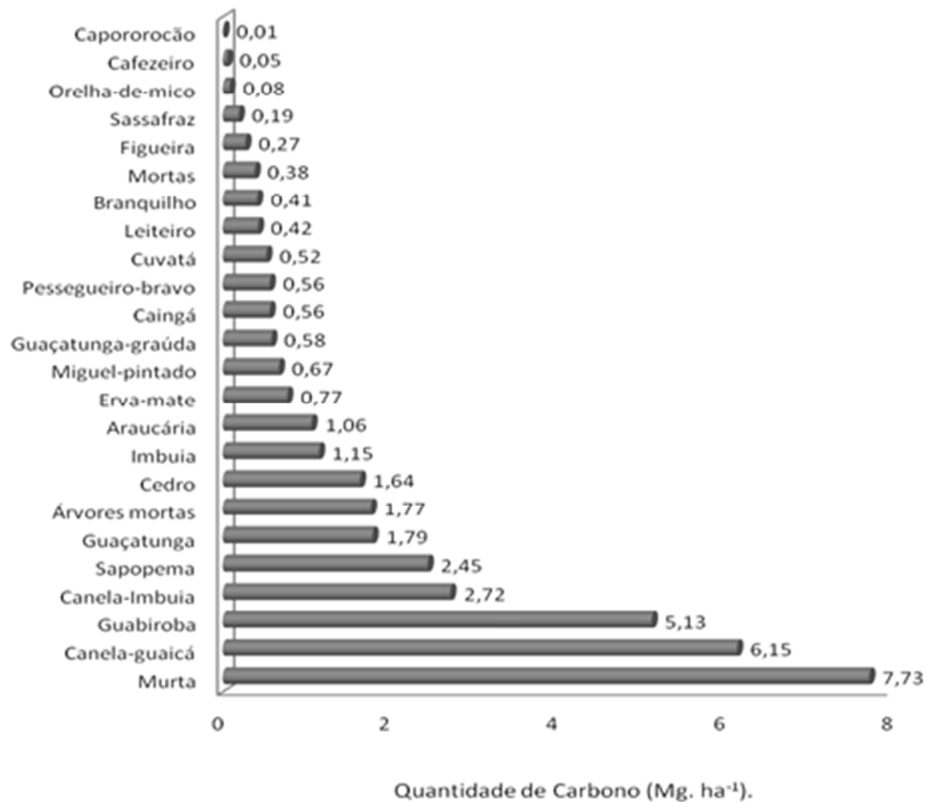


FIGURA 1: Quantidade de Carbono em Mg. ha⁻¹ para cada uma das espécies encontradas.
 FIGURE1: Amount of Carbon in Mg. ha⁻¹ for each species found.

A biomassa acima do solo dos indivíduos com DAP ≥ 10 cm foi de 88,16 Mg. ha⁻¹ e o estoque de carbono foi de 37,06 Mg. ha⁻¹, valores estes que ao serem comparados ao estudo de Watzlawick *et al.* (2003) “pode-se considerar que a floresta em estudo encontra-se entre os estágios de regeneração inicial para médio de desenvolvimento”. Amaral *et al.* (2010) “em seu trabalho de análise da distribuição espacial de biomassa e carbono arbóreo acima do solo em floresta ombrófila mista encontrou, 115,19 Mg. ha⁻¹, de biomassa e 47,91 Mg. ha⁻¹ de carbono total”.

Sabendo que a floresta estudada se trata de um SF temos um valor de 42,03% de carbono por unidade de biomassa amostrada. Silveira (2010) “estudando uma Floresta Ombrófila Densa por meio de derivação do volume comercial chegou a valores de 41,98% de carbono por unidade de biomassa”, valores abaixo da concentração de carbono na vegetação obtida por Higuchi e Carvalho Júnior (1994) “que está em torno de 48% para florestas tropicais”.

Já Socher *et al.* (2007) “estudando a biomassa aérea em uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária PR encontraram em torno de 170 Mg. ha⁻¹”, ou seja o dobro do que o encontrado no presente trabalho, mas vale lembrar que se trata de um Sistema de Faxinal.

CONCLUSÕES

Foram encontrados 88,16 Mg. ha⁻¹ de biomassa e 37,06 Mg. ha⁻¹ de carbono acima de 10 cm de DAP para o Sistema de Faxinal.

As espécies *Blepharocalyx salicifolius*, *Ocotea puberula*, *Campomanesia xanthocarpa* contribuíram com metade da biomassa e carbono total encontrados.

O Sistema de Faxinal contribui para o estoque de carbono e pode ser utilizados em projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. M. de. **Florística, Estrutura e Aspectos Físicos de Floresta Ombrófila Mista em Sistema de Faxinal no Município de Rebouças, Paraná**. 105f. 2009. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati - PR.

- AMARAL, L. de P.; FERREIRA, R. A.; WATZLAWICK, L.F e GENÚ, A.M. Análise da Distribuição Espacial de Biomassa e Carbono Arbóreo Acima do Solo em Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ambientia**, Guarapuava, PR, v.6, Ed. Especial, p 103-114, 2010.
- BELLINAZZI, JR. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras do sistema de capacidade de uso. Campinas, SBCS, 4. Ed. 1983.
- BRUN, E. J. **Biomassa e nutrientes na floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS**.136f. 2004. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W.A. Regeneração Natural do Componente Arbóreo em Área de Floresta Ombrófila Mista, Guarapuava, PR. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 825-827, jul. 2007.
- EMATER - EMPRESA PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Levantamento preliminar dos Faxinais do Estado do Paraná**. Curitiba, 1994.
- HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. “Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Seminário Emissão x Sequestro de CO₂ – Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil, Rio de Janeiro”. Anais.Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 125-145, 1994.
- IAP. ICMS Ecológico em perguntas e respostas: instruções básicas para unidades de conservação. SEMA, IAP. Curitiba, 1998.
- ITCF. Atlas do Estado do Paraná. Convênio UFPR. Curitiba, 1990.
- KOEHLER, H.S.; WATZLAWICK, L.F.; KIRCHNER, F.F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: SANQUETTA, C.R. et al. (Eds.) As florestas e o carbono. Curitiba, p.251-264. 2002
- MACHADO, M.L. da S. Gerenciamento de Propriedades do Centro-Sul / Pr. Londrina, IAPAR 8p, 1992.
- MARQUES, C.L.G. Levantamento preliminar sobre o Sistema Faxinal no Estado do Paraná. Relatório de Consultoria Técnica, IAP, Curitiba, 193p. 2004. (mimeog.)
- SILVEIRA, P. “Estimativa da Biomassa e Carbono Acima do Solo em um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa Utilizando o Método da Derivação do Volume Comercial”.**Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 789-800, 2010.
- SOCHER, L. G; RODERJAN, C. V. e GALVÃO, F. “Biomassa Aérea de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial no Município de Araucária PR”. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 2, 2008.
- SONEGO, R.C; BACKES, A.; SOUZA, A.F. Descrição da Estrutura de Uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, Utilizando Estimadores Não-paramétricos de Riqueza e Rarefação de Amostras. **Acta bot. bras.** 21(4), p 943-955, 2007.
- VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; TRÜBY, P. Quantificação da Biomassa em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 419-425. 2006.
- WATZLAWICK, L.F. Comparação e Análise Estrutural em Quatro Áreas da Floresta Ombrófila Mista em Sistema Faxinal, Bolsista Produtividade – CNPq (2007/09)
- WATZLAWICK, L.F. et al. Fixação de carbono em floresta ombrófila mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C.R. et al. (Eds.) As florestas e o carbono. Curitiba, p.153-173. 2003.
- WATZLAWICK, L.F. et al. Teores de carbono em espécies da floresta ombrófila mista. In: SANQUETTA, C.R. et al. (Eds.) Fixação de Carbono: atualizações, projetos e pesquisas. Curitiba. 95-110p. 2004.

ESTRATIFICAÇÃO VOLUMÉTRICA DA FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ, EXTREMO NORTE, BRASIL

ESTRATIFICATION VOLUMETRIC OF STATE FOREST OF AMAPÁ, BRAZIL

Robson Borges de Lima¹; Perseu da Silva Aparício²; Wegliane Campelo da Silva Aparício³; Eleneide Doff Sota⁴; Marcelino Carneiro Guedes⁴; Lana Patrícia dos Santos Oliveira⁵

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a estratificação volumétrica da floresta estadual do Amapá, empregando-se as técnicas de análises de agrupamento e discriminante. A pesquisa foi conduzida na unidade de conservação Floresta Estadual do Amapá que compreende uma área descontínua estimada em 2.369.400 ha. Foi realizado um inventário pelo Instituto Estadual de Florestas na qual adotaram-se o processo amostral estratificado com 30 unidades primárias dispostas em forma de cruz em que foi estimado os volumes do fuste comercial das árvores com DAP (Diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo) ≥ 50 cm, com 8 ha cada unidade amostral. Reuniram-se os volumes estimados do fuste comercial das árvores individuais por unidade primária em ordem crescente. Elaborou-se uma matriz X de dados desses volumes, em que cada variável x_{ij} representou o i -ésimo volume classificado na j -ésima unidade primária. A matriz X foi utilizada como *input* nas análises de agrupamento e discriminante. A aplicação da análise de agrupamento, método de *Ward*, resultou em agrupamentos hierárquicos das unidades primárias em classes de estoques de acordo com as diferentes tipologias. A análise do dendrograma permitiu estratificar o povoamento em três grupos distintos, denominados classes I, II e III de estoques volumétricos, sendo a maior classe de estoque encontrada na tipologia Floresta de Terra Firme Densa de Baixo Platô (81, 81%), e menor na tipologia Transição Cerrado Floresta. A análise discriminante indicou que 100% das tipologias foram corretamente classificados. A Floresta Estadual do Amapá apresentou classes de estoques volumétricos em mínimo, médio e máximo volumes, considerando as diferentes tipologias. A estratificação das unidades primárias com mínimo, médio e máximo estoques volumétricos permite melhor planejamento e controle da produção florestal, bem como a execução das atividades de colheita, de tratamentos silviculturais e de monitoramento ou inventário florestal contínuo.

Palavras-chave: análise multivariada; capacidade produtiva; manejo florestal.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the stratification of the forest volume of Amapá State, using the techniques of cluster and discriminant analysis. The research was conducted within the conservancy of the Amapá State Forest which covers an area estimated at 2,369,400 ha discontinued. An inventory was conducted by State Institute of Forests were adopted in which the sampling process stratified 30 primary units arranged in a cross which was estimated in the commercial trunk volume of trees with DBH (diameter at breast height to 1,30 m above the ground) ≥ 50 cm, with 8 ha each sample unit. Met the estimated volumes of commercial trunk of individual trees per unit primary in ascending order. Were developed a matrix X of data from these volumes, in which each variable x_{ij} represents the i th volume classified in the j -th primary unit. The matrix X is the input for the cluster and discriminant analysis. The application of cluster analysis, Ward's method resulted in hierarchical clusters of the primary units in stock classes according to the different types. The analysis of the dendrogram allowed to stratify the population into three distinct groups, called classes I, II and III of volume stock being the largest class of stock found in the dry land forest type Dense Low Plateau (81, 81%), and lower Transition Forest typology in Savannah. Discriminant analysis indicated that 100% of the types were correctly classified. The State Forest of Amapá presented classes of volumetric stock at minimum, average and maximum volumes, considering the different types. The stratification of primary units with minimum, average and

¹Acadêmico de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Rodovia Salvador Diniz, 1957, CEP 68925-000, Santana (AP). rbl_florestal@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

³Engenheira Florestal, Dr., Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellaparicio@unifap.br

⁴ Engenheiro (a) Florestal, Dr. (a), Pesquisador (a) da Embrapa/AP, Professor do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. Rodovia JK quilômetro 5, CEP: 68900-000, Macapá (AP). mcguedes@cpafap.embrapa.br; esotta@cpafap.embrapa.br

⁵ Bióloga, Msc, Gerente do Núcleo de Serviços Ambientais, Instituto Estadual de Florestas – IEF/AP. Avenida Procópio Rola, 90, CEP: 68900-000, Macapá (AP). lana_p_oliveira@hotmail.com

maximum volumetric inventories allows planning and control of forest production, as well as the implementation of harvesting, silvicultural treatments and monitoring or continuous forest inventory.

Keywords: analysis multivariate; productive capacity; forest management.

INTRODUÇÃO

A Ciência Florestal pode contribuir, efetivamente, na questão do uso adequado e racional das florestas tropicais, com destaque para a floresta Amazônica, de forma a minimizar a exploração predatória. Em primeiro lugar, a engenharia florestal pode proporcionar o manejo adequado das florestas nativas (BARROS e SILVA JÚNIOR, 2009) e em segundo, determinar com precisão a produção florestal, com base na capacidade produtiva dos povoamentos florestais.

O Estado do Amapá, situado no extremo norte do Brasil, apresenta potencial para aplicação de planos de manejo florestal. De acordo com Medeiros (2008), considerando a madeira como principal produto a ser explorado, a capacidade produtiva da floresta pode ser avaliada por meio da medida do volume por área e por ano. O volume pode ser influenciado por inúmeros fatores: qualidade do local, composição de espécies, variações nos crescimentos das espécies e estoque volumétrico.

Souza e Souza (2006), afirmaram sobre a classificação em áreas homogêneas de produtividade de cada zona ou classe de sítio e fundamenta a elaboração e execução dos planos de manejo sustentável. Dentre os principais métodos de classificação de capacidade produtiva, Scolforo (1997) menciona os métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos são aqueles em que a capacidade é medida por meio da avaliação do crescimento da floresta e os métodos indiretos são quando a capacidade produtiva é estimada a partir de atributos do sítio.

A capacidade produtiva de um povoamento florestal pode ser avaliada por meio do agrupamento do volume em classes de estoque visando contribuir com melhores atividades de manejo e aumento da produtividade. Uma ferramenta capaz de gerar informações quantitativas confiáveis a respeito da classificação da capacidade produtiva de povoamentos florestais é a estatística multivariada.

A aplicação da estatística multivariada na área florestal é pouco freqüente, principalmente em estudos que envolvem a classificação multivariada de sítios (SOUZA e SOUZA, 2006; SOUZA et al., 1997; SOUZA 2003; LOPES, 2003; LIMA JÚNIOR et al., 2009). Dentre os métodos multivariados, as técnicas de análise de agrupamento e discriminante são as de maior viabilidade para a classificação de sítios homogêneos em florestas naturais inequiduais.

A análise de agrupamento, em sua aplicação, engloba uma variedade de técnicas com a finalidade de reunir os objetos (indivíduos, elementos) verificados nos grupos em que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, objetivando propor classificações (VICINI e SOUZA, 2005). Já a análise discriminante, segundo Medeiros (2008), busca a separação, ou discriminação, de séries de observações, bem como pode ser utilizada na alocação, ou classificação, de novos indivíduos em grupos previamente definidos com base em variáveis mensuradas nos respectivos indivíduos que compõem cada um dos grupos.

Considerando que a cobertura florestal da Floresta Estadual do Amapá está distribuída em sua maioria em Floresta de Terra Firme Densa de Baixos Platôs, com grande variações em espécies, densidade, diâmetro, altura e volume para diferentes sítios, procurou-se estratificar o povoamento em classes homogêneas de estoque volumétrico com potencial de exploração comercial.

Em função do exposto, a pergunta que orienta este trabalho é: a Floresta Estadual do Amapá apresenta classes de estoques volumétricos de acordo com suas diferentes fitofisionomias? A hipótese deste trabalho é que a Floresta Estadual do Amapá apresenta classes de estoques volumétricos distribuídas em máximo, médio e mínimo volumes conforme as tipologias florestais predominantes, identificando diferentes sítios dentro de uma mesma comunidade vegetal.

O objetivo deste estudo foi determinar a estratificação volumétrica da Floresta Estadual do Amapá, empregando-se as técnicas de análises de agrupamento e discriminante, levando em consideração distintas fitofisionomias.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área de estudo

A Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP) está localizada no extremo norte do Brasil, no Estado do Amapá. Compreende uma área descontínua estimada em 2.369.400 ha, distribuída entre os municípios de Mazagão, Porto Grande, Pedra Branca do Amapari, Serra do Navio, Ferreira Gomes, Tartarugalzinho, Pracuuba, Amapá, Calçoene e Oiapoque.

A FLOTA/AP está dividida em quatro módulos florestais (Figura 1), definidos e priorizados em função das condições de infra-estrutura e vias de acessos existentes nesta região, bem como da necessidade de dinamizar os pólos de desenvolvimento produtivo do Estado que se localizam nas áreas de influencia destes módulos (PAOF, 2010). Os módulos I, II, III e IV contribuem com 13,10; 14,45; 31,25 e 41,2 %, da área total da FLOTA/AP, respectivamente.

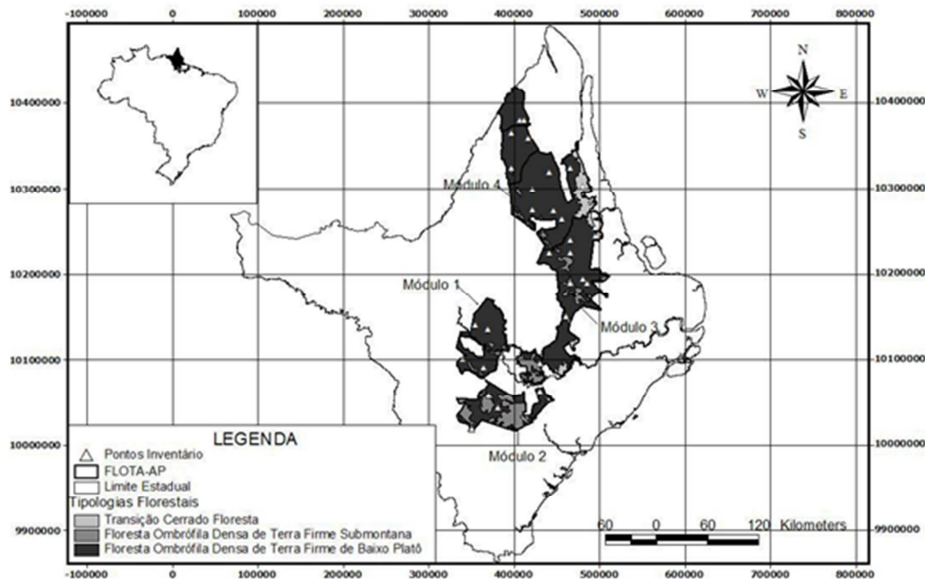


FIGURA 1: Imagem da Floresta Estadual do Amapá, com distribuição das unidades primárias (pontos de inventário), módulos e fitofisionomias florestais, Amapá, Brasil.

FIGURE 1: Image of the limitation of the four forest modules and your primary units where it was accomplished the inventory and calculation of the trees in the State Forest of Amapá, Amazonian, Brazil.

O clima da região é do tipo Af, quente-úmido, com chuvas em todas as estações do ano, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média para todo o estado é dominada por um regime de altas temperaturas, em torno de 25 °C, onde as médias das máximas e mínimas atingem, respectivamente, 32 e 22 °C. O período chuvoso estende-se de dezembro a julho, e o de estiagem de agosto a novembro. A precipitação média anual na região é de 2.284 mm, com índice pluviométrico no mês mais seco igual ou superior a 60 mm (SUDAM, 1984).

Sistema de Amostragem

O trabalho foi realizado com dados dendrométricos e florísticos adquiridos em 30 unidades amostrais utilizados, anteriormente, pelo Instituto Estadual de Florestas/AP (IEF) para execução do “Inventário Florestal na Floresta Estadual do Amapá”, no período de agosto a novembro de 2009.

O inventário florestal da FLOTA/AP foi realizado por meio de amostragem conglomerados, sendo sorteadas e distribuídas de forma aleatória na floresta 30 unidades primárias (UP), abrangendo os estratos: Floresta de Terra Firme Densas Baixos Platôs (FTFDDBP) - 23 unidades primárias; Floresta de Terra Firme Densa Submontana - 4 unidades primárias; e Transição Cerrado Floresta - 3 unidades.

Cada unidade primária compreende uma área de 2,5 x 2,5 km, de forma permanente, compostos por 5 subunidades conglomeradas (Unidades Secundárias) dispostas em cruz a partir de seu centro e distantes 200 metros entre si. As Unidades Secundárias foram compostas de quatro subunidades de amostra de 20 x 200 m cada (Unidades Terciárias) dispostas em forma de cruz, a uma distância de 50 m do ponto central (Figura 2). Dentro de cada unidade amostral foram mensuradas todas as árvores com diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo (DAP) \geq 10 cm.

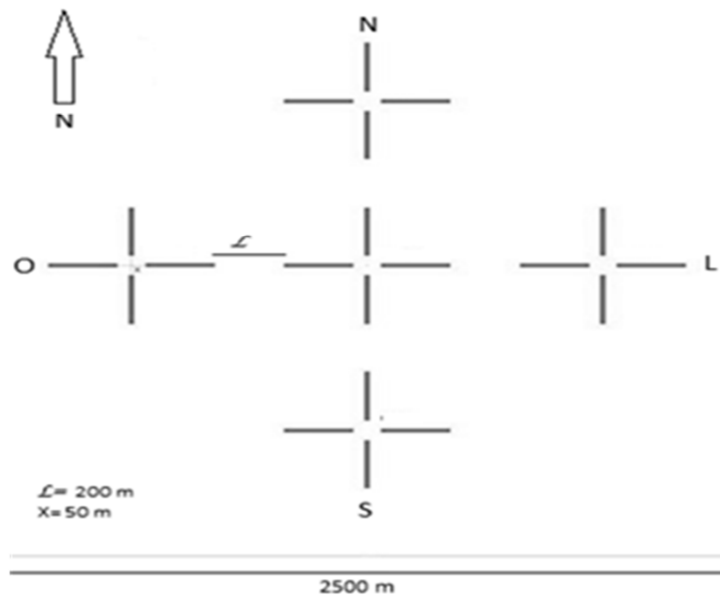


FIGURA 2: Unidade Primária e a distribuição espacial das subunidades conglomeradas (Unidades Secundárias) e subunidades de amostra (Unidades Terciárias), utilizadas no inventário florestal realizado pelo IEF/AP.

FIGURE 2: Primary Unit and the space distribution of the conglomerate subunitates (Secondary Units) and sample subunitates (Tertiary Units), used in the forest inventory accomplished by IEF/AP

Análise dos dados

De posse dos dados dendrométricos obtidos na amostragem, selecionaram-se apenas os indivíduos cubados com $DAP \geq 50$ cm para estimativa volumétrica e posterior definição das classes de estoques volumétricos.

Desta forma, o volume de fuste com casca de árvores individuais foi estimado pelo emprego da equação:

$$\ln Vol = -8,75290 + 1,87694 (\ln DAP) + 0,82168 (\ln HC)$$

$$R^2_{aj} = 0,94461 \text{ e } CV(\%) = 1,92236$$

Reuniram-se os volumes estimados de fuste comercial dessas árvores por hectare por unidade primária, em ordem crescente. Elaborou-se uma matriz X de dados desses volumes, em que cada variável x_{ij} representou o i -ésimo volume classificado na j -ésima unidade primária.

A matriz X foi utilizada como *input* nas análises de agrupamento e discriminante. Utilizaram-se a distância euclidiana simples e o método de Ward, com o emprego das expressões:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{h=i}^p (x_{hi} - x_{hj})^2}, h = 1, 2, \dots, p$$

$$d^2_{ij} = (\bar{x}_i - \bar{x}_j)^2$$

Em que d_{ij} = distância euclidiana estimada entre os unidades primárias i e j ; x_{hi} = volume na unidade primária i ; x_{hj} = volume na unidade primária j e d^2_{ij} = distância entre as médias das classes de estoque I e J .

Para a definição das classes homogêneas de estoque volumétrico, traçou-se a linha de corte ou linha de feno, que é uma linha paralela ao eixo horizontal do dendrograma obtido da análise de agrupamento (SOUZA et al., 1990).

A análise discriminante foi utilizada para verificar a distinção e classificação das classes homogêneas de estoque volumétrico obtidas pela análise de agrupamento. Na análise de agrupamentos, as unidades primárias ou conglomerados formaram grupos homogêneos e distintos, agrupados nas classes I, II e III de estoques volumétricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados 7481 indivíduos com $DAP \geq 50$ cm, com destaque para os gêneros *Eschweilera*, *Protium*, *Inga*, *Micropholis*, *Pouteria* e *Licania* que apresentaram maior número de indivíduos para as três diferentes fitofisionomias (INAM, 2010).

Empregando-se o critério de agrupamento, as 30 unidades primárias da Floresta Estadual do Amapá foram reunidas em três grupos distintos volumetricamente (Figura 3). O dendrograma obtido da análise de agrupamento apresenta no eixo vertical a distância euclidiana simples e no eixo horizontal as unidades primárias agrupadas formando as classes homogêneas de estoque volumétrico.

A definição do número de classes de estoque deu-se ao traçar a linha de corte no dendrograma ao nível de homogeneidade de 24% da máxima distância entre as unidades ($120m^3$), formando três classes denominadas I, II e III de estoques volumétricos.

A classe I é formada por 25% das unidades primárias. Dessas unidades, duas representam a fitofisionomia Transição Cerrado-Floresta, enquanto que as demais são uma da FTFDSm e cinco da FTFDBP. A classe II de estoque, formada pelas unidades I17 a J16 foram agrupadas como intermediárias, com volume médio de $136,68 m^3 \cdot há^{-1}$.

O comportamento das classes de Estoque volumétricos em relação às diferentes fitofisionomias pode estar associada aos afloramentos rochosos presentes em algumas das unidades primárias. De fato, a classe I apresenta em sua maioria a distribuição das unidades primárias na fitofisionomia FTFDBP, porém com afloramento rochosos bastante presentes, o que pode influenciar em menor densidade de indivíduos. (INAM, 2010).

A classe III de estoque, formada pelas unidades J12 a K27 apresentou unidades nas tipologias e sua maioria na tipologia Floresta de Terra Firme Densa de Baixo Platô (81, 81%). Segundo Higuchi et al. (2008), essa tipologia apresenta maior predominância de espécies arbóreas gigantes e maior densidade demonstrando uma classe de estoque volumétrico relativamente maior em relação às outras classes de estoque.

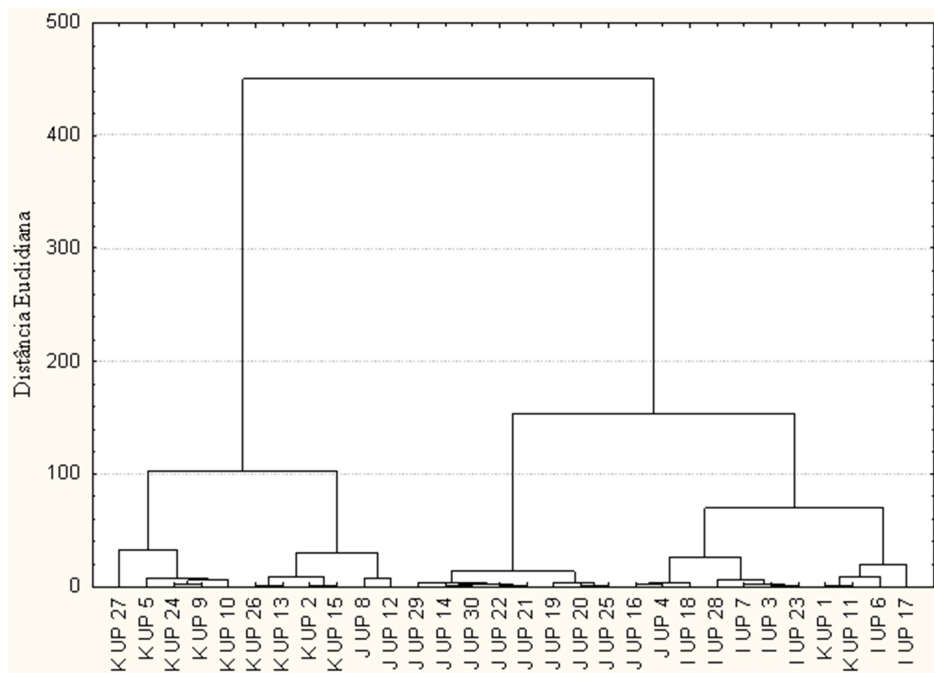


FIGURA 3: Dendrograma mostrando os grupos das unidades primárias representando as classes de estoques volumétricos, obtidos da análise de agrupamento utilizando a distância euclidiana simples e o método de *Ward*, Floresta Estadual do Amapá, Amazônia, Brasil.

FIGURE 3: Dendrograma showing the groups primary units representing the classes of stocks volumetric, obtained of the grouping analysis using the distance simple Euclidean and the *Ward* method, State Forest of Amapá, Amazonian, Brazil.

As classes I, II e III de estoques volumétricos englobaram talhões com baixo, médio e alto estoques volumétricos, com os respectivos volumes mínimo, médio, máximo e os desvios-padrão (Tabela 2).

TABELA 2: Caracterização das classes de estoque volumétrico, mediante os valores dos volumes mínimo, médio e máximo e os desvios-padrão.

TABLE 2: Characterization of the classes of stock volumetric, by the values of the volumes minimum, medium and maximum and the Standard deviation

Classes de estoque	Volume (m ³ /ha)			
	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio Padrão
I	88, 47	110, 08	166, 84	27.90
II	123, 82	136, 68	154, 27	8.36
III	162, 13	177, 86	206, 08	14.30
Total	88, 47	144, 22	206, 08	27.90

Esses valores mostram e confirmam a estratificação em classes de estoques de acordo com a análise de agrupamento e discriminante. De acordo com o Inam (2010), a fitofisionomia FTFDBP, com maior número de unidades primárias apresentou nível de declividade plano a levemente ondulado, o que pode favorecer no valor encontrado de volume máximo para a classe III de estoque.

A análise discriminante apresentou probabilidades de 0,26667; 0,43333; e 0,30000, respectivamente, nas classes I, II e III de estoques volumétricos. O procedimento final de classificação indicou que 100% das unidades primárias foram corretamente classificados nas classes de estoque (Tabela 3).

TABELA 3: Número de classes de estoque e porcentagens de classificação correta obtidas da análise discriminante

TABLE 3: Number of stock classes and percentages of correct classification obtained of the analysis discriminante

classes de estoque	I (p=0,26667)	II (p=0,43333)	III (p=0,30000)	Classificação correta (%)	Total
I	8	0	0	100	8
II	0	13	0	100	13
III	0	0	9	100	9
Total	8	13	9	100	30

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza e Souza (2006), com classificação 100% correta em talhões de 10 hectares no Estado do Pará. Os autores ainda afirmaram que a classificação multivariada da floresta em classes I, II e III de estoques volumétricos mostrou-se um método eficiente na estratificação de áreas homogêneas de florestas inequiduais, que podem se constituir em estratos, compartimentos, classes de sítio e unidades de produção anual (UPA). Esse método pode ter aplicação em inventário florestal, na elaboração e execução de planos de manejo, na delimitação de zonas de florestas de produção e proteção e, sobretudo, em estudos fitossociológicos e ambientais, em geral.

Cabe ainda ressaltar que a Floresta Estadual do Amapá apresenta em sua maior composição três diferentes tipologias. As unidades primárias foram distribuídas abrangendo essas três tipologias, o que de fato não deve está influenciando nos valores volumétricos de cada unidade primária. Assim, não suporta-se a hipótese de que as três diferentes fitofisionomias proporcionam a classificação de estoques volumétricos.

CONCLUSÕES

A Floresta Estadual do Amapá apresentou classes de estoques volumétricos em mínimo, médio e máximo volumes, não considerando as diferentes fitofisionomias.

A estratificação das unidades primárias com mínimo, médio e máximo estoques volumétricos permite melhor planejamento e controle da produção florestal, bem como a execução das atividades de colheita, de tratamentos silviculturais e de monitoramento ou inventário florestal contínuo.

A aplicação de técnicas estatísticas multivariadas para definir a capacidade produtiva da Floresta Estadual do Amapá mostrou-se prática e fundamental para o conhecimento do potencial madeireiro da região. A adoção de técnicas de manejo podem ser auxiliadas pelas análises de agrupamento e discriminante, de forma a inferir na produtividade das unidades primárias, determinando assim as melhores formas de exploração sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, P. L. C; SILVA JÚNIOR, A. T. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de anapu, oeste do Estado do Pará, amazônia oriental. **Revista Ciências Agrárias**. Belém, n. 51, p.115-126. 2009.

HIGUCHI, N; SANTOS, J; SILVA, R. P; LIMA, A. N; TEIXEIRA, L. M; CARNEIRO, V. M. C; FELSEMBURGH, C. A; TRIBUZY, E. S. **Noções Básicas de Manejo Florestal**. Manaus: INPA/ CPST, 2008. 274 p.

INAM- Instituto Natureza Amazônica. **Relatório do Inventário Florestal Amostral da Floresta Estadual do Amapá**. 2010, 190p.

LIMA JÚNIOR, L. M; et al. Utilização de técnicas multivariadas na classificação de fases de crescimento de *leucaena Leucocephala* (lam.) De wit. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 921-935. 2009.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus Grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 2003, 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria.

MEDEIROS. R. M. **Estratificação volumétrica e crescimento em uma floresta ombrófila densa, município de Almerim, Estado do Pará**. 2008, 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa.

PAOF, **Plano de outorga florestal do Amapá**, p. 37, 2010.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: métodos para a classificação de sítios florestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 151p.

SOUZA, A. L.; FERREIRA., R. L. C.; XAVIER, A. **Análise de agrupamento aplicada à área florestal**. Viçosa: SIF, 1997. 109 p. (Boletim Técnico SIF, 16).

SOUZA, A. L; SOUZA, D. R. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, amazônia oriental. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.49-54, 2006.

SOUZA, D. R. **Sustentabilidade ambiental e econômica do manejo em Floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental**. 2003, 135f. Tese (Doutorado em Ciência florestal) Universidade Federal de Viçosa.

SUDAM. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**, Belém, PA, Publicação, Nº39, p. 125, 1984.

VICINI, L; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005. 215p.

COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS OBTIDAS PELOS MÉTODOS TRADICIONAIS DE CAMPO E A VARREDURA LASER TERRESTRE A DIFERENTES DISTÂNCIAS DA ÁRVORE

COMPARISON OF DENDROMETRIC VARIABLES OBTAINED BY TRADITIONAL FIELD METHODS AND TERRESTRIAL LASER SCANNING AT DIFFERENT DISTANCES FROM THE TREE

Rorai Pereira Martins Neto¹; André Leonardo Bortolotto Buck²; Matheus Nunes Silva²; Christel Lingnau³; Álvaro Muriel Lima Machado⁴; Vagner Alex Pesck²

RESUMO

O laser scanner terrestre apresenta-se como alternativa à coleta de dados dendrométricos em campo sem a necessidade da derrubada da árvore. Métodos estão sendo desenvolvidos para obter valores de altura e diâmetros de árvores tornando necessário o estudo sobre a correta posição do equipamento em campo. Os objetivos deste trabalho foram obter variáveis dendrométricas por meio da varredura laser terrestre em duas árvores, a diferentes distâncias de posicionamento do equipamento e validar os resultados com dados tradicionais medidos em campo com o intuito de detectar a melhor distância do equipamento para mensuração de árvores. A coleta de dados consistiu em duas etapas: a varredura laser com a árvore em pé, medições de diâmetros (suta e fita métrica) e altura total (trena) com a árvore derrubada. A varredura simples foi feita com o equipamento Leica HDS3000, da base até o topo da árvore. Os diâmetros foram obtidos nas alturas absolutas de 0,0; 0,1; 0,7; 1,30 m, e em alturas parciais até o topo da árvore. A melhor distância para a obtenção das variáveis dendrométricas foi de 15 m para ambas as árvores. As distâncias menores que 10 m não são indicadas para a mensuração de árvores. A determinação da altura total foi bastante coerente com as medidas paramétricas. Os diâmetros estimados pelo laser para uma altura relativa de até 55% da altura total apresentaram coeficiente de correlação superiores a 0,9 para as duas árvores. Acima desta altura a ramificação inviabilizou a determinação de diâmetros. Estudos sobre as distâncias do equipamento em relação a árvore devem ser realizados envolvendo ainda o relevo para verificar a influência deste na obtenção de variáveis dendrométricas utilizando o laser scanner terrestre.

Palavras-chave: diâmetros; distâncias de varredura; alturas relativas.

ABSTRACT

The terrestrial laser scanner is presented as an alternative to data collection dendrometric in the field without the necessity of cutting down the tree. Methods are being developed to obtain values of height and diameter of trees making it necessary to evaluate the correct position of the equipment in the field. The aim of this paper was to obtain dendrometric variables through terrestrial laser scanning of two trees, using different tree-equipment distances, and to validate these results with traditional measuring methods. Data collection consisted of two steps: laser scanning with the standing tree, measurements of diameter (caliper and tape measure) and total height (tape) with the tree cut down. The simple scan was made with the equipment Leica HDS3000, from the base to the top of the tree. The diameters were obtained at heights 0.0, 0.1, 0.3, 0.7; 1.30 and at partial heights up to the top of the tree. The best distance to obtain the dendrometric variables was 15 m for both trees. Distances less than 10m are not suitable for the trees measurement. The total height determination was quite consistent with the parametric measures. The laser-estimated diameters up to 55% of total height showed correlation greater than a 0.9 for both trees, comparing to traditional methods. Above this height, branches obstructed determination of diameters. Studies about target-equipment distance should be realized taking in account the topography in account to verify its influence on estimates of dendrometric variables.

Keywords: diameters; scanning distances; relative heights.

INTRODUÇÃO

¹ Acadêmico de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Av. Prof. Lothário Meissner, 900, 80210-170, Curitiba – PR. rorai.neto@gmail.com

² Engenheiros Florestais, Pós-Graduandos em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Av. Prof. Lothário Meissner, 900, 80210-170, Curitiba – PR. andrenado@ibest.com.br/matheusnssilva@gmail.com/vagnerapesck@hotmail.com

³ Engenheira Florestal, Dr., Prof. Adjunta, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná. Av. Prof. Lothário Meissner, 900, 80210-170, Curitiba – PR. lingnau@ufpr.br

⁴ Engenheiro Eletrônico, Dr., Prof. Adjunto, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná. Rua. Cel Francisco H dos Santos s/n, 81531-990, Curitiba – PR. alvaroml@ufpr.br

Os equipamentos laser scanner terrestre apresentam grande potencial na determinação de variáveis dendrométricas (LICHTI *et al.*, 2000, 2002). O inventário florestal e o manejo florestal requerem a medição de parâmetros que descrevem a geometria das árvores. Nos casos mais simples, esses parâmetros se limitam à altura (h) e ao diâmetro a altura do peito (DAP).

A obtenção de variáveis mais complexas, como diâmetros ao longo do fuste necessários para ajuste de equações de volume e funções de forma, é praticamente inviável sem a derrubada da árvore quando utilizados os métodos tradicionais de mensuração (BIENERT *et al.*, 2006a). Com a varredura laser é possível obter de forma eficiente diâmetros em alturas parciais da árvore, o que possibilita a cubagem sem a necessidade do corte.

Os trabalhos de inventário florestal são muito demorados e caros, sendo passíveis de erros (WEZYK, 2007) ocasionados por má operação de equipamentos ou por condições adversas, como vegetação densa ou até cansaço da equipe (HOPKINSON *et al.*, 2004). Devido a isso, tecnologias e métodos que possam acelerar o trabalho, reduzindo os custos e os erros vêm sendo procurados (WEZYK, 2007). Atualmente, há uma exigência crescente de obtenção de dados de alta precisão, rapidez na coleta e que possam ser reproduzidos de forma eficiente (THIES e SPIECKER, 2004).

Nos inventários florestais as variáveis dendrométricas informam o estado da floresta para o seu manejo. A varredura laser é um novo método de coletar estas variáveis.

O sistema laser scanner terrestre está sendo considerado como um efetivo método de monitoramento de florestas, com precisão de dados gerados em constante melhoria (KROOKS *et al.*, 2010).

Thies e Spiecker (2004) realizaram um estudo sobre validação e prospecções futuras sobre a tecnologia laser terrestre em inventários florestais. Os autores testaram varreduras simples e múltiplas das áreas em estudo para a medição de DAP, altura total e altura da base da copa em comparação aos métodos tradicionais de medição, utilizando sutas e fitas métricas. Os resultados apresentados pelo sistema Laser, em comparação aos métodos tradicionais, para o DAP, mostraram boa precisão, sendo que no melhor caso o desvio padrão foi de 1,3%.

Além da tortuosidade do fuste que é obtida a partir do reconhecimento de árvores individuais e que também indica a qualidade do mesmo, é possível avaliar a qualidade da madeira pela análise da superfície do fuste através da inserção e número de galhos (Schütt *et al.*, 2004). Danos causados por pragas e doenças, os quais ocasionam a perda de folhas ou acículas, são difíceis de serem avaliados pelos métodos tradicionais. No entanto, Seifert e Seifert (2006), citado por Lingnau *et al.* (2009) estimaram a biomassa de acículas em árvores em pé através do sensor laser. A vantagem deste método é que o laser além de permitir a estimativa da biomassa permite a obtenção de variáveis dendrométricas (diâmetros em diferentes alturas e altura total), através das quais já se pode estimar o volume de madeira.

Em um estudo realizado por Hopkinson *et al.* (2004), foi feita a comparação entre a medição de variáveis dendrométricas (DAP, altura e volume totais) pelos métodos tradicionais de campo com as medições da varredura laser. Os resultados obtidos indicaram que há uma conformidade entre as estimativas convencionais e as do laser em relação ao DAP e a altura total.

Dado o contexto atual, o presente estudo tem como objetivo obter variáveis dendrométricas (diâmetro e altura) por meio da varredura laser terrestre em duas árvores a diferentes distâncias de posicionamento do equipamento, e validar os resultados com dados tradicionais medidos em campo com o intuito de avaliar a melhor distância do equipamento para mensuração de árvores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta de Dados

O estudo foi realizado em um povoamento de *Pinus* spp, com uma densidade de 1275 árvores ha⁻¹, sem tratamentos silviculturais e com uma idade média de 12 anos. O povoamento está localizado no campus III da Universidade Federal do Paraná.

A coleta de dados consistiu de duas etapas: varredura laser com a árvore em pé e medições de altura e diâmetros com a árvore derrubada. Para as medições tradicionais feitas em campo com a árvore derrubada foram utilizadas suta, fita métrica e trena. A varredura laser foi realizada com o equipamento Leica Geosystems HDS3000 (Figura 1 e Tabela 1). O equipamento possui ainda como acessório um tripé, baterias, cabos para baterias e cabo de rede. Foi necessário também para a coleta um computador portátil com o software Cyclone 5.1.



FIGURA 1: Coleta de dados com o equipamento laser HDS3000 no povoamento de pinus.
 FIGURE 1: Data acquisition with HDS3000 laser equipment in pine stand.

TABELA 1: Especificações do equipamento Leica HDS3000 (Fonte: Leica Geosystems).
 TABLE 1: Equipment Specifications Leica HDS3000 (Source: Leica Geosystems).

Características técnicas:	
Aquisição de pontos	Até 4000 pontos por segundo
Campo de visão	360° (horizontal) x 270° (vertical)
Acurácia posição / distância	6mm / 4mm (1 a 50m) - 1 sigma
IFOV	60microrad x 60microrad - 1 sigma
Alcance	Até 100 m

Para a determinação das variáveis dendrométricas com a árvore em pé por meio do laser, foi realizada uma varredura simples em diferentes distâncias de posição do equipamento sendo elas de 5, 10, 15 e 20 m, com uma resolução de 1 cm na horizontal e 2 cm na vertical para determinação da altura total e diâmetros a diferentes alturas.

Os diâmetros foram obtidos nas alturas absolutas de 0,0; 0,1; 0,3; 0,7 e 1,30 m e em alturas relativas até o topo da árvore, as quais foram de 5, 10, 15, 25, 35, 45, 50 e 55 %, e acima a cada 10%. Com a árvore derrubada, foram obtidos os mesmos diâmetros supracitados com suta e fita métrica e a altura total com trena.

Processamento de Dados

Os dados oriundos da varredura laser a diferentes distâncias foram processados no software *Cyclone 5.1* da Leica, no qual foram filtrados visualmente a fim de permitir o isolamento das árvores em questão. Posteriormente, em ambiente de programação, foram determinadas as variáveis dendrométricas.

Determinação de alturas

A altura total foi determinada por dois métodos. O primeiro método determina a altura do tronco através da subtração entre a coordenada Z do ponto maior cota e o de menor cota oriundos da filtragem manual (SILVA *et al.*, 2011). O segundo método, o qual é uma adaptação do primeiro método, adota a coordenada Z do ponto de menor cota e obtém uma média dos 20 pontos de maior cota e determina a altura do fuste. De acordo com Lingnau *et al.* (2009), a determinação da altura total está intimamente ligada aos processos de filtragem realizados anteriormente, ou seja, um método não eficiente de filtragem faz com que ocorram erros tanto na determinação da base da árvore quanto na determinação do topo da copa da árvore.

Determinação de diâmetros

Após a filtragem e o isolamento das árvores, foi criado em ambiente de programação um algoritmo que separa os pontos pertencentes a cada fatia com uma espessura de 1 cm, espessura essa que é equivalente à largura da fita métrica utilizada para a medição direta. Os diâmetros foram calculados por dois diferentes métodos (SILVA *et al.*, 2011).

O primeiro método, desenvolvido por Lingnau *et al.* (2009), consiste na leitura dos dados das fatias e determina as coordenadas X_{min} , X_{max} , Y_{min} , Y_{max} , correspondentes a mínimos e máximos das abscissas e ordenadas. A distância planimétrica é calculada entre o ponto que possui a coordenada X_{min} e o que possui X_{max} , e o mesmo é realizado com Y_{min} e Y_{max} . Entre as duas distâncias a maior delas é escolhida como primeira aproximação do diâmetro. O seguir a distância de todos os pontos da fatia a

estes dois pontos substituindo um deles cada vez que se encontra uma distância maior. Ao final, a distância entre os pontos mais afastados é adotada como diâmetro da fatia.

O segundo método ajusta uma circunferência por mínimos quadrados, encontra os diâmetros por meio da minimização do desvio padrão da distância euclidiana entre um centro hipotético da circunferência e os pontos que definem a fatia utilizando o método Simplex (SILVA *et al.*, 2011). O ponto central ótimo, que minimiza esta função, é definido como centro da fatia e a distância média entre este e os demais pontos é considerado raio da fatia a partir do qual é determinado o diâmetro (LIANG *et al.*, 2008; BIENERT *et al.*, 2006b, BIENERT *et al.*, 2007; LITKEY *et al.*, 2008; ASCHOFF *et al.*, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As árvores filtradas a partir de dados da varredura laser a diferentes distâncias encontram-se na Figura 2.

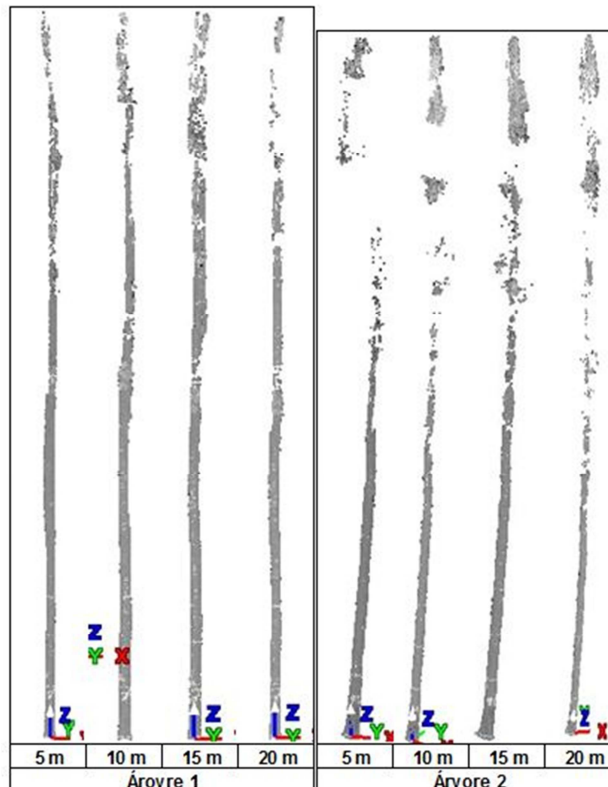


FIGURA 2: Dados laser filtrados manualmente.
FIGURE 2: Manually filtered laser data.

Os pontos não pertencentes às árvores como pontos do solo, vegetação rasteira e galhos, foram filtrados para a posterior determinação das variáveis dendrométricas.

Obtenção da altura total

As alturas totais das árvores 1 e 2, medidas com a trena, são respectivamente 17,14 e 16 m. Os resultados obtidos mostram que a determinação da altura total através da varredura laser é eficiente quando comparadas com a altura medida com a trena. A distância mais indicada para o posicionamento do equipamento para as duas árvores é de 15 m, na qual foram observados os menores erros obtidos (0,53 % para árvore 1 e -3,67 % para a árvore 2). A distância de 5 m foi a menos indicada para ambas as árvores, visto que nesta distância foram obtidos os maiores erros (-6,15% para a árvore 1 e -10,04% para a árvore 2). Tanto a melhor distância quanto a menos indicada foram obtidas através do segundo método (Figura 3).

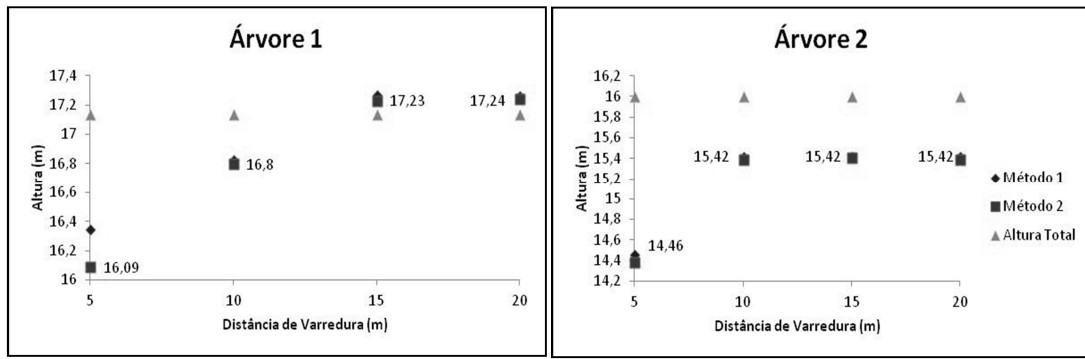


FIGURA 3: Obtenção de alturas através da varredura laser a diferentes distâncias.
 FIGURE 3: Achievement of heights with laser scanning using different distances.

Nota-se que as super e subestimativas das alturas obtidas no processamento dos dados laser têm sido uma tendência independente da espécie avaliada. O autor Hopkinson *et al.* (2004) com medições em povoamentos de *Pinus resinosa* relata a mesma problemática e atribuem os erros à alta densidade de copa e ao mau posicionamento do equipamento. O maior valor do erro na árvore dois deve-se a uma baixa densidade amostral de pontos no dossel superior devido a sobreposição de copas de árvores do dossel inferior no campo de visada do laser, problema também encontrado por Hopkinson *et al.* (2004).

Obtenção de diâmetros

Para os diâmetros a diferentes alturas obtidos pelo primeiro método, a varredura laser mostrou-se eficiente até 55% da altura total para distância de 15 m. Como essa distância foi a que apresentou melhores resultados para altura e resultados mais homogêneos para comparação, foi adotada esta como a melhor distância de varredura. Acima de 55% ocorre maior ramificação, superestimando na maioria dos casos, os diâmetros em função da densidade da copa, quando comparadas com os métodos tradicionais de campo (Figura 4).

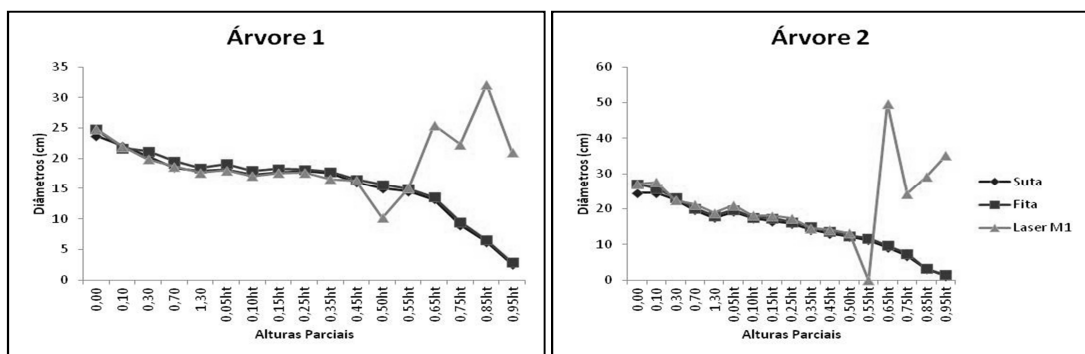


FIGURA 4: Comparação dos diâmetros obtidos com a suta, a fita métrica e o Método 1 com dados laser a 15 m das árvores.

FIGURE 4: Comparison of diameters obtained with the caliper, tape measure and Method 1 with laser data to 15 m from the trees.

A distância menos indicada foi de 10 m para a árvore 1 com o Método 1 e 5 m para árvore dois com o Método 2 (Figura 5). Isto se deve ao maior ângulo de visada entre o equipamento e o alvo para a varredura ser realizada em distâncias pequenas, dificultando a obtenção de dados nas partes mais altas da árvore.

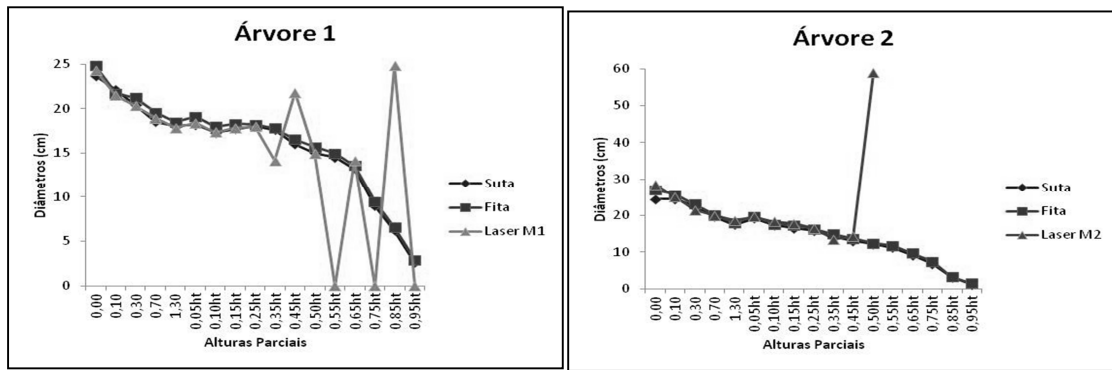


FIGURA 5: Comparação dos diâmetros obtidos com a suta, fita métrica e dados laser a 10 m para a árvore 1 com o método 1 e a 5 m para árvore 2 com o método 2.

FIGURE5: Comparison of the diameters obtained with the caliper, tape measure and laser data to 10 m to the tree 1 with method 1 and 5 m for tree 2 with method 2.

Os coeficientes de correlação obtidos, através do ajuste da linha de tendência para os dois métodos de determinação de diâmetros comparados tanto com a suta e com a fita estão na Figura 6. A Figura 7 demonstra a correlação obtida suta e o primeiro método determinado com os dados laser para a melhor distância, a qual foi de 15 m. Todos os dados supracitados foram obtidos até a altura parcial de 55%.

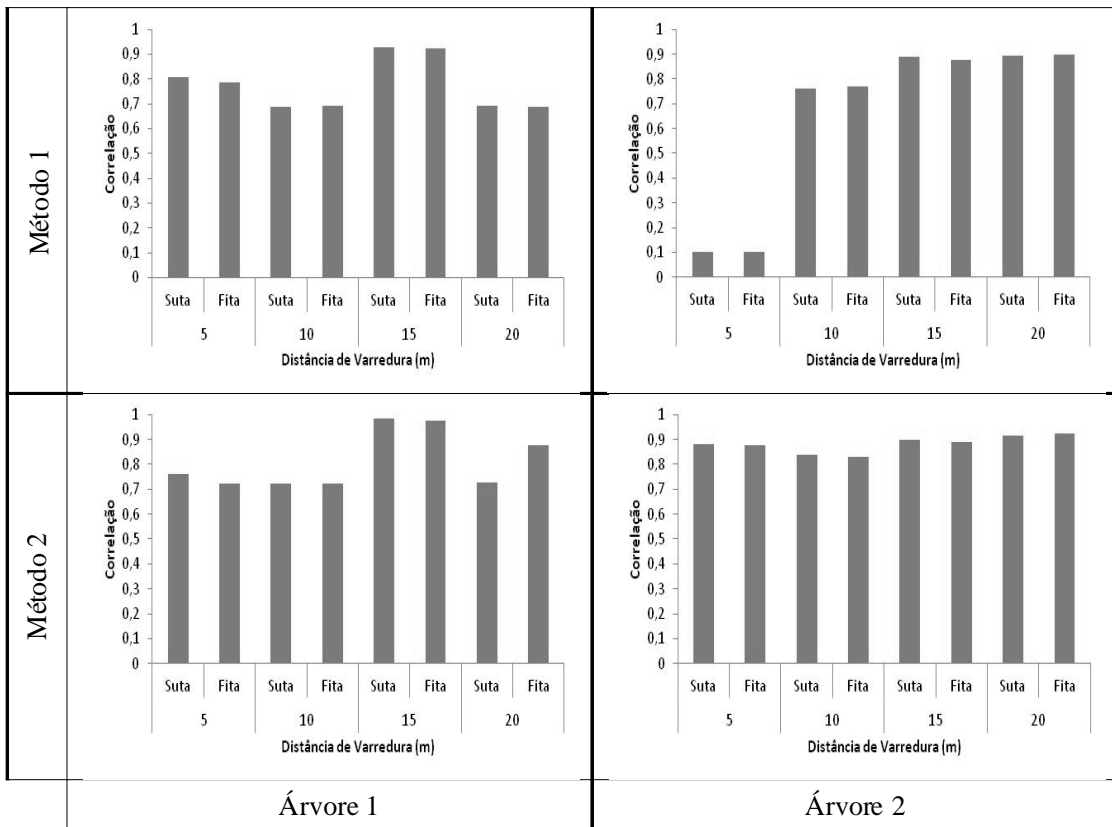


FIGURA 6: Correlação para a determinação dos diâmetros por meio de dois métodos laser a diferentes distâncias quando comparado com a suta e a fita métrica.

FIGURE 6: Correlation for the determination of the diameters through two laser methods at different distances when compared with caliper and tape.

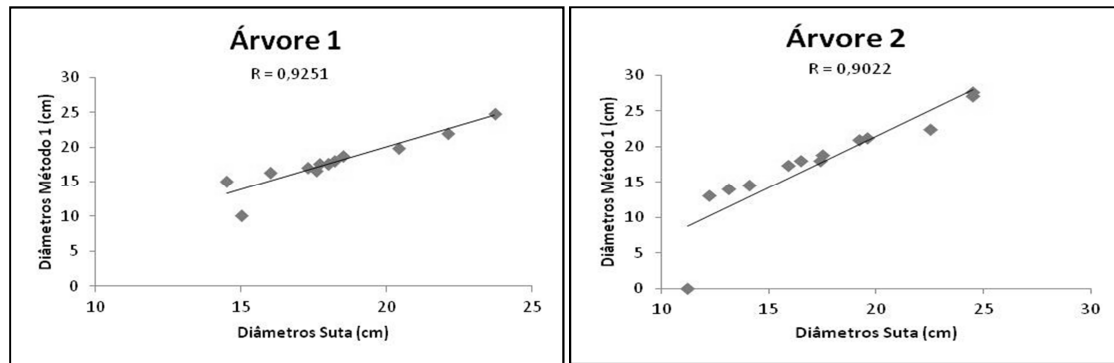


FIGURA 7: Correlação entre a varredura laser a 15 m da árvore e a suta até 55% da altura total.
 FIGURE 7: Correlation between scanning laser 15 m and the tree caliper until 55% of total height.

Na Figura 6 é possível verificar que existem correlações maiores do que os utilizados neste estudo, porém para efeitos de comparação e de indicação para estudos futuros, utilizamos os mesmos métodos para as duas árvores, as quais deram valores muito similares.

As distâncias menos indicadas foram as de 10 m para a árvore 1, cuja menor correlação foi 0,69 obtido com o primeiro método do laser quando comparado com a suta, e para a árvore 2 a distância de 5 m, a qual a menor correlação foi de 0,1 comparando o segundo método tanto com a fita, quanto com a suta. Quando observada a árvore 1, nota-se que as correlações estão próximas de 0,7, podendo ser esclarecida pelo fato de os diâmetros terem sido bem estimados na parte mais baixa do fuste. Já a árvore 2 apresenta valores mais discrepantes para as variáveis do estudo, quando comparadas com a árvore 1, isto pode ser explicado pelo fato que a copa de outra árvore estar entrelaçada com a copa da árvore 2, a qual possuía muitos galhos, gerando mais erros. A árvore 1 estava relativamente isolada.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo em questão mostrou que a melhor distância de posicionamento do equipamento para a obtenção tanto de diâmetros ao longo do fuste, quanto de altura total, foi de 15 m. A distância de 5 m foi a que se mostrou menos adequada para determinação da altura total. As distâncias de 5 e 10 m não foram boas para a determinação de diâmetros. A falta de tratos silviculturais torna a obtenção de diâmetros acima de 55% da altura total inviável, superestimando-os. A determinação da altura foi ótima, porém a falta de podas e desbastes e principalmente, a intervenção da copa da outra árvore na linha de visada do laser fez com que os erros fossem altos na árvore 2. Recomenda-se desenvolver filtros automatizados para eliminar os galhos ao longo do tronco. Outros estudos devem ser realizados para a obtenção de variáveis dendrométricas a diferentes distâncias, levando em conta a topografia do terreno e também em plantios, nos quais, há um padrão como espaçamento definido e diferentes densidades. Vale ressaltar que os resultados obtidos foram obtidos para árvore com uma altura média de 16,5 m, sendo assim necessários outros estudos para diferentes alturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCHOFF, T.; SPIECKER, H. Algorithms for the automatic detection of trees in laser scanner data. **International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. xxxvi – 8/w2. Freiburg, 2004.
- BIENERT, A. *et al.* Tree detection and diameter estimations by analysis of Forest terrestrial lasescanner point clouds. **ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007**. Finland, 2007.
- BIENERT, A.; MAAS, H.G.; SCHELLER, S. Analysis of the information content of terrestrial laserscanner point clouds for the automatic determination of forest inventory parameters. In: Workshop on 3D Remote Sensing in Forest, 14-15. Vienna, 2006a.
- BIENERT, A.; SCHELLER, S.; KEANE, E.; MULLOOLY, G.; MOHAN, F. Application of terrestrial laser scanners for the determination of forest inventory parameters. **International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, 36. 2006b.
- HOPKINSON, C.; CHASMER, L.; YOUNG-POW, C.; TREITZ, P. Assessing forest metrics with a ground-based scanning lidar. **Canadian Journal of Forest Research**, 34, pp. 573-583.2004.
- KROOKS, A. *et al.* Monitoring Forest Defoliation with Terrestrial Laser Scanner. **Silvilaser**, 2010.

- LIANG, X. *et al.* Plot-level trunk detection and reconstruction using one scan mode terrestrial laser scanning data. **2008 International workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications**, IEEE, China, Beijing, 30 June–2 Jul, 2008.
- LICHTI, D. D *et al.* Benchmark tests on a three-dimensional laser scanning system. *Geomat. Res. Aust.*, v. 72, p. 1-23, 2000.
- LICHTI, D. D *et al.* Ground-based laser scanners: operation, systems applications. *Geomatica*, v. 56, p. 21-33, 2002.
- LINGNAU, C.; MACHADO, A.M.L.; BAVARESCO JUNIOR, A.; COLLA, F.L. Determinação de diâmetros a diferentes alturas de árvores individuais a partir de dados laser terrestre. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 14, 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009.
- LITKEY, P. *et al.* Single-scan TLS methods for Forest parameter retrieval. In: **Silvilaser 2008**, 2008, Edinburgh UK. p. 295 – 304.
- SCHÜTT, C.; WINTERHALDER, D.; THIES, M.; KRETSCHMER, U.; SPIECKER, H. Approaches for recognition of wood quality on standing trees based on terrestrial laserscanner data. **International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. xxxvi – 8/w2. Freiburg, 2004.
- SILVA, M. N.; BUCK, A. L. B.; LINGNAU, C.; MACHADO, A. M. L.; MIRANDA, B. P. Varredura Laser terrestre para determinação das variáveis dendrométricas da *Araucaria angustifolia*. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011.
- THIES, M.; SPIECKER, H. Evaluation and future prospects of terrestrial laser scanning for standardized forest inventories. **International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. xxxvi – 8/w2. Freiburg, 2004.
- WEZYK, P.; KOZIOL, K.; GLISTA, M.; PIERZCHALSKI, M. Terrestrial laser scanning versus traditional forest inventory first results from the polish forests. **ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007**, Espoo, September 12-14, 2007, Finland, pp. 424-429.2007.

ESTUDO COMPARATIVO DA PRODUTIVIDADE NA CONDUÇÃO DE *Eucalyptus* sp. NA REGIÃO DA DEPRESSÃO CENTRAL, RS

COMPARATIVE STUDY OF PRODUCTIVITY IN THE CONDUCT OF *Eucalyptus* sp. IN THE REGION OF DEPRESSION CENTRAL, RS

Rudy Almansa Silva¹; Rafael Machado da Silva²; Eduardo Pagel Floriano³

RESUMO

Este estudo tem como objetivo determinar a produtividade de bosques de eucalipto de idade avançada manejados em talhadia conduzindo-se diferentes números de brotos por cepa. A área de estudo se localiza no município de São Sepé – RS e é composta por um talhão de *Eucalyptus sp.* com 0,169 ha, manejado em talhadia. O delineamento experimental é inteiramente casualizado com três tratamentos tendo três a quatro repetições cada, sendo a unidade experimental constituída por uma árvore central e pelas seis árvores mais próximas a mesma. O experimento foi implantado ao final do primeiro ano após o início da brotação, quando se regulou o número de brotos por cepa. Foi medido a Altura (h) e o Diâmetro (DAP) dos brotos ao final do 2º ano, do 3º ano e do 4º ano após o início da brotação. Os tratamentos são os seguintes: Tratamento 1 - 1 broto por cepa; Tratamento 2 - 2 brotos por cepa; Tratamento 3 - 3 brotos por cepa. A análise de variância da altura (h), proporção de área basal da árvore central em relação à parcela (PG) e área basal/ha (G) resultaram em F significativo entre os anos e entre os tratamentos. O valor de F não foi significativo para (h), (PG), (G) na interação entre ano x tratamento. Pelo teste de Tukey houve crescimento significativo da altura de 1,7 m do 3º para o 4º ano e o Tratamento 3 apresentou a maior média (9 m) contra cerca de (8 m) dos demais; a (PG) do Tratamento 1 foi maior (20%) contra 15% nos demais; a (G) cresceu significativamente (4 m²/ha) do 3º para o 4º ano e a média foi superior no Tratamento 3 (21,3 m²/ha), já o Tratamento 2 apresentou (10,5 m²/ha) e o Tratamento 1 apresentou (7 m²/ha). O Tratamento 3 apresentou os melhores resultados quanto à produtividade até o momento, porém o Tratamento 1 apresenta brotos mais vultosos e de maior utilidade. Ainda não se podem fazer recomendações para a condução dos povoamentos, devendo-se acompanhar o crescimento até o final da rotação.

Palavras-chave: Produtividade; Condução de Brotos; *Eucalyptus sp.*; Tratamentos.

ABSTRACT

This study aims to determine the productivity of old age stands of eucalyptus managed in coppice, leading to different numbers of sprouts per stub. The study area is located in São Sepé - RS and comprises a block of *Eucalyptus sp.* with 0.169 ha managed in coppice. The experimental design is completely randomized design with three treatments with three to four repetitions each; the experimental unit consists of a central tree and the six trees nearest to it. The experiment was established at the end of the first year after the onset of sprouting, when was regulated the number of sprouts per stub. It was measured the height (h) and diameter (dbh) of shoots at the end of 2nd year, 3rd year, and 4th year after the onset of sprouting. The treatments were: Treatment 1-1 sprout per stub; Treatment 2-2 sprouts per stub; Treatment 3-3 sprouts per stub. Analysis of variance of the height (h), proportion of basal area of the central tree in relation to the plot (PG) and basal area per ha (G) resulted in significant F between years and between treatments. The value of F was not significant for h, PG, G for the interaction between year x treatment. Tukey's test shown significant height growth (1.7 m) from the 3rd to the 4th year, and Treatment 3 had the highest average (9 m) compared to about 8 m of the others; PG of Treatment 1 was higher (20%) against 15% for the other, G increased significantly (4 m²/ha) from the 3rd to the 4th year and the average was higher in Treatment 3 (21.3 m²/ha), the Treatment 2 showed 10.5 m²/ha treatment and presented a 7 m²/ha. Treatment 3 showed the best results in terms of productivity so far, but the Treatment 1 has a substantial greater shoots and more useful. Recommendations can't be done for conducting the stands yet; it's required to follow the growth until the end of the rotation for thus.

Keywords: Productivity; Driving Buds; *Eucalyptus sp.*; Treatments.

INTRODUÇÃO

¹ Acadêmico, Graduando em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal do Pampa, Av. Antônio Trilha 1847 - CEP: 97300-000 - São Gabriel(RS). almansarudy@yahoo.com.br

² Acadêmico, Graduando em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal do Pampa, Av. Antônio Trilha 1847 - CEP: 97300-000 - São Gabriel(RS). rafael_machadodasilva@yahoo.com.br

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pampa. CEP: 97300-000 - São Gabriel(RS). eduardofloriano@unipampa.edu.br

Em toda a Metade Sul do Rio Grande do Sul é comum o plantio de pequenos bosques de eucalipto nas propriedades rurais para produção de lenha e abrigo para o gado há mais de 50 anos. Muitos destes povoamentos têm sido explorados irregularmente e perderam parte de seu potencial produtivo. Nessas áreas, ocorrem principalmente dois problemas: mortalidade e envelhecimento das cepas, o que tem como consequência uma queda na produtividade.

Grande parte dos povoamentos de *Eucalyptus* spp. da Região da Depressão Central-RS, têm aproveitamento irregular, além disso, o incremento médio anual de indivíduos plantados por semente é baixo em relação aos clones. Na Região, o incremento médio anual dos plantios por sementes podem passar de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e os plantios clonais podem atingir $50 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Os povoamentos mais antigos utilizavam material genético pouco adaptado e de baixo nível de seleção para a região, tendo produtividades que poucas vezes ultrapassam os $25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, mesmo quando bem manejados. Entretanto, os proprietários mostram resistência quanto a sua substituição, devido ao custo de renovação com novos plantios.

Plantações bem conduzidas podem produzir, a cada sete anos, entre 150 a 300 esteres (madeira empilhada) por ha de madeira para lenha, carvão vegetal, moirões e madeira para a indústria de celulose (EMBRAPA FLORESTAS, 2000).

O desenvolvimento de árvores e povoamentos é influenciado por três grupos de fatores: fatores genéticos, fatores ecológicos (sítios), e fatores operacionais (BURGER, 1980).

Neste cenário, uma das alternativas para alcançar maior produtividade destes bosques, com menor custo, seria a adoção de técnicas de manejo mais adequadas, que poderiam ser repassadas aos produtores após a sua comprovação.

Objetivos

Este estudo tem como objetivo geral avaliar a produtividade de um povoamento de *Eucalyptus* sp, em idade avançada manejado em talhadia, com diferente número de brotos por cepa, na Região da Depressão Central, RS, e como objetivo específico, determinar as diferenças entre o crescimento em altura, em área basal por unidade de área e em proporção de área basal da árvore central em cada tratamento com diferente número de brotos.

METODOLOGIA

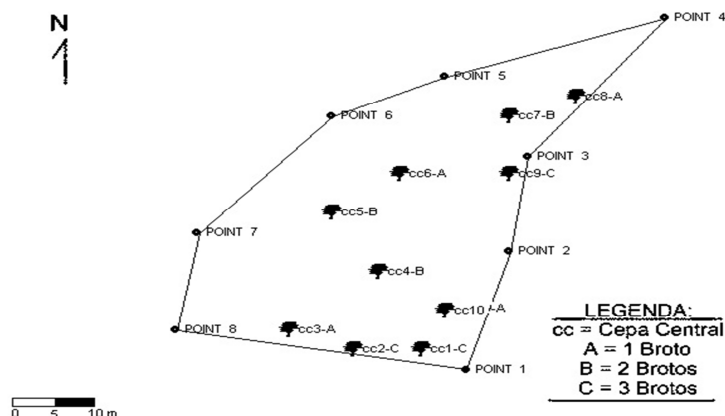
Localização

A área de estudo está localizada no município de São Sepé - RS, no distrito de Tupancy com as seguintes coordenadas geográficas: $30^\circ 03' 21''$ Sul e $53^\circ 47' 28''$ Oeste, elevação 55 m, sendo para isto utilizado GPS Garmin, modelo Etrex Legend.

Descrição do povoamento

O povoamento florestal é composto por um talhão de *Eucalyptus* sp. o qual foi implantado ao final da década de 70 com espaçamento de 2×2 metros aproximadamente. Neste povoamento fora instalada uma área para o estudo com 0,169 hectares, onde foi realizada uma desbrota, nas cepas de todo o povoamento, um ano após o início da brotação prevalecendo cepas com um, dois e três brotos cada, conforme Figura 1.

*



Fonte: Autores, 2008.

FIGURA 1: Croqui da área de estudo.

FIGURE 1: Sketch of the study area.

Procedimento

O delineamento experimental utilizado para o estudo é inteiramente casualizado, tendo a unidade experimental constituída por uma árvore central e pelas seis árvores mais próximas à mesma.

Para realização da demarcação, os tratamentos foram marcados com tinta óleo de cores diferentes, sendo tinta de cor vermelha para as árvores centrais e tinta de cor branca para as seis árvores mais próximas.

Foram utilizados três tratamentos com três a quatro repetições num total de dez repetições, sendo:

1. Tratamento 1 - 1 broto por cepa, tendo quatro repetições;
2. Tratamento 2 - 2 brotos por cepa, tendo três repetições;
3. Tratamento 3 - 3 brotos por cepa, tendo três repetições.

Cada tratamento se apresenta de forma que as seis cepas mais próximas da cepa central, de cada tratamento, apresentam o mesmo número de brotos desta, sendo que estas medidas foram, e estão sendo, atualizadas anualmente no mês de julho até o término do estudo no ano de 2016, levando em consideração uma rotação de sete anos.

Medição da altura

A medida das alturas dos brotos fora realizadas com a utilização de uma vara de Bambu sendo esta graduada, com uma fita adesiva, de 0,5 em 0,5 metro.

A forma de medir as alturas fora com a operação de duas pessoas, enquanto uma, posicionava a vara de Bambu próxima (ao lado) de cada broto, a outra pessoa realizava a leitura da altura do broto, distante aproximadamente uma vez e meia da altura do mesmo, anotando-se a medida em uma planilha.

Medição do diâmetro

Com uma fita métrica fora medido o CAP, a 1,3 metros do solo, dos brotos das cepas centrais, dos brotos das seis cepas mais próximas e a distância entre a cepa central em relação às seis cepas mais próximas. Ressaltando que, as seis cepas mais próximas da cepa central apresentam o mesmo número de brotos desta.

Para a obtenção do DAP, fora efetuado a conversão do CAP pela fórmula:

$$CAP / \pi$$

Onde: $\pi = 3,1415927$

Combate a formigas

Como o controle de formigas é uma das principais atividades relacionadas com o fator operacional de povoamentos em regime de talhadia, teve-se o cuidado de efetuar um controle ponderado referente ao caso.

Com a utilização de iscas, procurou-se eliminar os formigueiros existentes ao redor do povoamento no início da implantação do estudo, e também colocadas, regularmente, no interior do povoamento para manter o controle do inseto.

Unidade experimental

A unidade experimental é constituída por uma árvore central e as seis mais próximas, conforme a Figura 2.

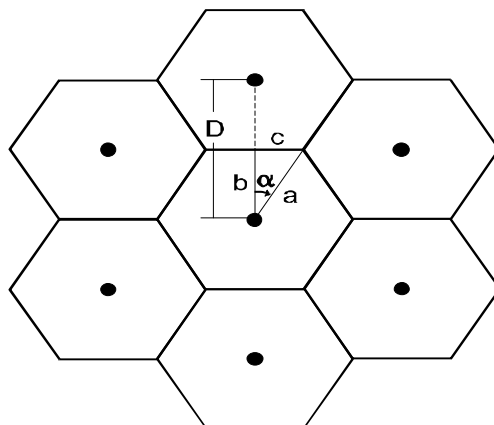


FIGURA 2: Unidade experimental.

FIGURE 2: Experimental Unit.

A área da unidade experimental é determinada conforme se descreve a seguir, em função das

dimensões relacionadas na figura anterior.

A área do triângulo retângulo abc é calculada por:

$$\text{Área do } \Delta \text{ abc} = \text{base} \cdot \text{altura} / 2$$

$$\text{Área do } \Delta \text{ abc} = c \cdot b / 2$$

Em que: $b = D / 2 = \text{altura}$; $c = b \cdot \text{tg } \alpha$, ou $c = b \times \text{tg } 30^\circ$: $c = 0,57735 \times b$; D = média das distâncias das seis árvores mais próximas até a árvore central.

A área do hexágono central é calculada por 12 vezes a área do triângulo abc. E, a área da unidade experimental é calculada como 7 vezes a área do hexágono central, ou:

$$\text{Área do Hexágono} = 12 \cdot c \cdot b / 2 = 6 \cdot c \cdot b$$

$$\text{Área do Hexágono} = 6 \cdot 0,57735 \times b \cdot b$$

$$\text{Área do Hexágono} = 3,4641 \cdot b^2$$

$$\text{Área da Unidade Experimental} = 7 \cdot 3,4641 \cdot b^2$$

Em que, $b = D/2$.

Então:

$$\text{Área da Unidade Experimental} = 7 \cdot \text{Área do Hexágono}$$

ou

$$\text{Área da Unidade Experimental} = 6,062175 \times D^2$$

Em que: D = distância média das 6 árvores mais próximas até a árvore central.

Para o cálculo das demais variáveis expressas para um hectare, usa-se o fator de proporcionalidade de área (FLORIANO, 2009), para converter as estatísticas por unidade amostral em estimativas por hectare, sendo calculado por:

$$F = A / a$$

Em que: F = fator de proporcionalidade de área; A = 10000 m² (1 ha); a = área da unidade experimental em m².

O número de indivíduos, ou frequência de indivíduos por unidade amostral, calculado pela equação:

$$N = n \cdot F = n \cdot A / a = n \cdot 10000 / a$$

Em que: N = número de indivíduos por hectare; n = número de indivíduos encontrados na unidade amostral; A = 10000 m² (1 ha); F = fator de proporcionalidade de área; a = área da unidade experimental em m².

A área basal por hectare (G) é encontrada por meio da expressão:

$$G = \left(\sum_{i=1}^n g_i \right) \cdot F$$

Em que: G = área basal em m² por hectare; $g_i = \text{área basal individual da árvore } i \text{ em m}^2 (g_i = \pi \cdot d_i^2 / 4)$; d_i = diâmetro a altura do peito da árvore i; F = fator de proporcionalidade de área;

A Proporção de Área Basal (pG) é encontrada por meio da expressão:

$$pG = \left(\sum_{i=1}^n g_i / \sum_{i=1}^n g_j \right)$$

Em que: pG = Proporção de área basal em m²; $g_i = \text{área basal individual de cada broto da cepa central da árvore } i \text{ em m}^2 (g_i = \pi \cdot d_i^2 / 4)$; d_i = diâmetro a altura do peito de cada broto da cepa central da árvore i; $g_j = \text{área basal individual de cada broto de cada uma das seis cepas mais próximas a cepa central em m}^2 (g_j = \pi \cdot d_j^2 / 4)$; d_j = diâmetro a altura do peito de cada broto de cada uma das seis cepas mais próximas a cepa central.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados coletados foram transferidos para serem contabilizados no programa SAS-9.1.

Conforme o avaliado, as análises da variância da altura (h), proporção de área basal (PG) e área basal/ha (G), conforme (Tabelas 1, 2 e 3) respectivamente, resultaram em um valor de F significativo entre os anos e entre os tratamentos.

TABELA 1: Análise da variância para altura (m), em *Eucalyptus sp* na Região da Depressão Central - RS.
TABLE 1: Analysis of variance for height (m), in *Eucalyptus sp* in the Region of the Central Depression – RS.

FV	GL	Soma de Quadrados	Quadrado da Média	Valor de F	Pr > F
Ano	2	542, 9913979	271, 4956990	768, 68	<, 0001
Tratamento	2	45, 2678790	22, 6339395	64, 08	0, 0009
Ano*Tratamento	4	1, 4127817	0, 3531954	0, 09	0, 9868
Resíduo	201	828, 092768	4, 119865		
Total	209	1417, 7648266			

TABELA 2: Análise da variância para proporção de área basal (m²/ha), em *Eucalyptus sp* na Região da Depressão Central - RS.

TABLE 2: Analysis of variance for proportion of basal area (m²/ha), in *Eucalyptus sp* in the Region of the Central Depression – RS.

FV	GL	Soma de Quadrados	Quadrado da Média	Valor de F	Pr > F
Ano	2	0, 01318253	0, 00659127	12,67	0, 0186
Tratamento	2	0, 01483461	0, 00741730	14,26	0, 0151
Ano*Tratamento	4	0, 00208028	0, 00052007	0, 10	0, 9808
Resíduo	21	0, 10784576	0, 0051351		
Total	29	0, 13794318			

Na interação entre ano e tratamento (ano*tratamento) o valor de F não foi significativo para (h),(PG), (G), (Tabelas 1, 2 e 3) respectivamente, ou seja, com o decorrer dos primeiros anos o tratamento que obteve os melhores resultados no primeiro ano após a desbrota, manteve-se apresentando os resultados mais eficientes.

TABELA 3: Análise da variância para área basal / ha (m²/ha), em *Eucalyptus sp* na Região da Depressão Central - RS.

TABLE 3: Analysis of variance for basal area / ha (m²/ha), in *Eucalyptus sp* in the Region of the Central Depression – RS.

FV	GL	Soma de Quadrados	Quadrado da Média	Valor de F	Pr > F
Ano	2	406, 915512	203, 457756	85, 5	0, 0005
Tratamento	2	1104, 175382	552, 087691	232, 00	< 0001
Ano*Tratamento	4	9, 518781	2, 379695	0, 02	0, 9994
Resíduo	21	2863, 538426	136, 358973		
Total	29	4384, 148099			

TABELA 4: Teste de Tukey da altura para anos, em *Eucalyptus sp* na Região da Depressão Central - RS.

TABLE 4: Tukey test of time for years, in *Eucalyptus sp* in the Region of the Central Depression – RS.

Ano	Altura média	Grupo		
3	10,2	A		
2	8,5		B	
1	6,3			C

Pelo teste de Tukey, houve crescimento significativo da (h) de 1,7 m, do 2º para o 3º ano de medições, conforme (Tabela 4) e o Tratamento 3 apresentou a maior média (9 m) contra cerca de (8 m) dos demais, conforme mostra a (Tabela 5).

TABELA 5: Teste de Tukey da altura para tratamentos, em *Eucalyptus sp* na Região da Depressão Central - RS.

TABLE 5: Tukey Test for time of treatment, in *Eucalyptus sp* in the Region of the Central Depression – RS.

Tratamento	Altura média	Grupo		
3	9,0	A		
2	8,1		B	
1	7,9			B

Para(PG), segundo o teste de Tukey, o Tratamento 1 foi maior com aproximadamente (20%) contra

15% nos demais, conforme (Tabela 6), e que em relação a anos, do 2º para o 3º ano após a desbrota os resultados formam semelhantes, (Tabela 7).

TABELA 6: Teste de Tukey para proporção da área basal para tratamento, em *Eucalyptus sp* na Região da Depressão Central - RS.

TABLE6: Tukey test for proportion of basal area of treatment, in *Eucalyptus sp* in the Region of the Central Depression – RS.

Tratamento	PG média	Grupo	
1	0,1993	A	
3	0,1577		B
2	0,1507		B

TABELA 7: Teste de Tukey para proporção da área basal para ano, em *Eucalyptus sp* na Região da Depressão Central - RS.

TABLE7: Tukey test for proportion of the baseline year, in *Eucalyptus sp* in the Region of the Central Depression – RS.

Ano	PG média	Grupo	
3	0,2036	A	
1	0,1568		B
2	0,1563		B

Para (G), houve crescimento significativo de (3,9 m²/ha) do 2º para o 3º ano de medições, conforme (Tabela 8) e sendo superior o Tratamento 3 (21,3m²/ha), já o Tratamento 2 obteve (10,5 m²/ha) e o Tratamento 1 obteve (7 m²/ha), (Tabela 9).

TABELA 8: Teste de Tukey para área basal / ha para ano, em *Eucalyptus sp* na Região da Depressão Central - RS.

TABLE 8: Tukey test for basal area / ha year, in *Eucalyptus sp* in the Region of the Central Depression – RS.

Ano	G média	Grupo		
3	16,6	a		
2	12,7		b	
1	7,7			c

TABELA 9: Teste de Tukey para área basal / ha para tratamento, em *Eucalyptus sp* na Região da Depressão Central - RS.

TABLE 9: Tukey test for basal area / ha treatment, in *Eucalyptus sp* in the Region of the Central Depression – RS.

Tratamento	G média	Grupo		
3	21,3	a		
2	10,5		b	
1	7,0			c

CONCLUSÃO

Sendo assim, conclui-se que o Tratamento 3 apresenta os melhores resultados quanto à produtividade até o momento, porém o Tratamento 1 apresenta brotos mais vultosos e de maior utilidade. Ainda não se podem efetuar recomendações para a condução de povoamentos de *Eucalyptus sp.*, devendo-se acompanhar o crescimento até o final da rotação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURGER, D. **Ornamento Florestal I - A Produção Florestal** – 4ª ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1980. 124p.

FLORIANO, E. P. **Fitossociologia Florestal**. São Gabriel: Ambiente Inteiro, 2009. 142p. Disponível em: <<http://ambienteinteiro.org.br/livros/>>. Acesso em: 20/11/2009.

EMBRAPA. Plantio de Eucalipto na Pequena Propriedade Rural. **EMBRAPA-CNPQ**, Colombo, PR Documentos, n. 54, 2000.

ESTIMATIVAS DE BIOMASSA DE FUSTE DE CLONES DE *Eucalyptus* sp. NA CHAPADA DO ARARIPE, PERNAMBUCO

ESTIMATING STEM BIOMASS OF *Eucalyptus* sp. CLONES IN CHAPADA DO ARARIPE, PERNAMBUCO

Rute Berger¹; José Antônio Aleixo da Silva²; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira³;
Fernando Henrique de Lima Gadelha⁴; Francisco das Chagas Vieira Sales⁴; José Alves Tavares⁵

RESUMO

O Pólo Gesseiro da Chapada do Araripe-PE é responsável por aproximadamente 94% da produção nacional de gesso, sendo sua matriz energética composta por cerca de 75% de lenha, em sua maior parte proveniente da Caatinga. A substituição da lenha de mata nativa por lenha de reflorestamento poderia apresentar-se como uma alternativa mais sustentável e economicamente viável para o setor e para a região. Assim, as espécies do gênero *Eucalyptus* tornam-se promissoras, já que seu desempenho vem sendo estudado na região, e pode alcançar produtividades muito superiores às da mata nativa. Neste sentido, buscaram-se ajustar equações de estimativa de biomassa em função de parâmetros dendrométricos de clones de *Eucalyptus* sp., pertencentes a um experimento implantado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada na Chapada do Araripe, município de Araripina, no Semiárido de Pernambuco. Foram analisados 4 clones, com dados de análise de biomassa de fuste e variáveis dendrométricas (diâmetro a altura do peito e altura total) coletados em idades variando entre 48 e 84 meses. Foram avaliados 7 modelos para estimativa de biomassa verde de fuste (PVF), em kg, em função de diâmetro a altura do peito e altura. De acordo com os resultados obtidos, em geral todos os modelos se ajustaram bem, sendo que as melhores estatísticas ($R^2_{aj.} = 96,15\%$ e $S_{yx} = 1,9\%$) e análise de resíduos indicam que a equação: $PVF = -3,47046.d^{1,81076}.h^{1,25850}$ é a que melhor estima o PVF em função de variáveis dendrométricas (d=diâmetro a altura do peito; h=altura total).

Palavras-chave: equações; biomassa; *Eucalyptus*; semiárido de Pernambuco

ABSTRACT

The Gypsum Pole of Araripe-PE is responsible for close to 94% of the Brazilian national plaster production, and the source of energy for the industries is composed by almost 75% firewood, mostly from the Caatinga Forest. The native firewood replacement by reforestation could be a good option, in the way of more sustainability and economic viability to the region. In this way, species of *Eucalyptus* sp. are promising, because their productivity in the region is higher than the native forest productivity. The aim of this study was to fit biomass models using dendrometrical parameters for *Eucalyptus* clones from an experiment in the Experimental Station Araripina which belongs to the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), in the Chapada do Araripe, Araripe City, Pernambuco Semi-arid region. There were evaluated 4 clones, and the stem biomass, diameter at breast high (DBH) and height (h) were obtained at the ages between 48 and 84 months. There were evaluated 7 models to estimate green stem biomass (GSB), in kg, using DBH and height as independent variables. The results indicate, generally, that all models were good-fitted and the better statistics of coefficient of determination ($R^2_{aj.}$), stand error of estimate (S_{yx}) and graphic analysis of residues were obtained with the equation:

$$GSB = -3,47046.DBH^{1,81076}.h^{1,25850}$$

Keywords: equations, biomass; *Eucalyptus*; Pernambuco semi-arid

INTRODUÇÃO

¹ Engenheira Florestal, M.Sc., Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Professora Assistente do Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Dom Manoel de Medeiros, S/N, CEP 52171-900, Recife (PE). ruteberger@yahoo.com.br.

² Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor Associado do Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Dom Manoel de Medeiros, S/N, CEP 52171-900, Recife (PE). jaaleixo@uol.com.br.

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Dom Manoel de Medeiros, S/N, CEP 52171-900, Recife (PE). rinaldo@dcfl.ufrpe.br.

⁴ Engenheiro Florestal, M.Sc., Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Dom Manoel de Medeiros, S/N, CEP 52171-900, Recife (PE). fhlg_9@hotmail.com; franciscoef@yahoo.com.br.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Estação Experimental de Araripina, Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA

O Brasil tem destaque mundial em reservas de gipsita, com um potencial de produção estimado em 1.668.570.905 toneladas (ton.), as quais encontram-se em sua maioria situados no Nordeste. A porção das reservas que apresenta melhores condições de aproveitamento econômico está situada na região do Araripe, na fronteira dos Estados do Piauí, Ceará e Pernambuco, com destaque para as desse último (LYRA SOBRINHO et al., 2007), detentor de 18% das reservas nacional. A gipsita explorada nessa área é considerada a de melhor qualidade do mundo (BALTAR et al., 2003; MANSO e HESSEL, 2007; SÁ, 2008).

A microrregião de Araripina possui 8.092 km², com população estimada de 213.850 habitantes. A principal atividade econômica é a exploração mineral, onde se destaca o Arranjo Produtivo Local do Pólo Gesseiro do Araripe, que é responsável por 94% da produção nacional de gesso, o que em 2008 correspondeu a cerca de 4,3 milhões de toneladas (SINDUSGESSO, 2010).

No processo da calcinação da gipsita, as indústrias têm na sua matriz energética, aproximadamente, 3% de energia elétrica, 5% de óleo diesel, 8% de óleo BPF (Baixo Poder de Fusão), 10% de coque e 74% de lenha (ATECEL, 2006), em sua maior parte proveniente da Caatinga. De acordo com estudos publicados pelo Ministério do Meio Ambiente e pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco (MMA/SECTMA, 2007), o consumo de energéticos florestais no setor industrial/comercial da região, mais especificamente a lenha, é superior a 3 milhões de metros estéreos ao ano, que corresponde a pouco mais de 900.000 m³, aproximadamente.

De acordo com Lyra Sobrinho et al. (2007), a atual matriz energética constitui um dos principais entraves ao desenvolvimento do setor gesseiro no Estado de Pernambuco. O estudo da economia de combustíveis torna-se cada vez mais estratégico para o Pólo Gesseiro, já que o acesso a fontes de combustível como gás natural e o óleo BPF requer investimentos de médio e longo prazo. Além disso, esses são combustíveis cuja aquisição implica em custos mais elevados, o que impulsiona os empresários do setor a optar pela exploração predatória do estoque de lenha da Caatinga (ALBUQUERQUE, 2002; LYRA SOBRINHO et al., 2007; SINDUSGESSO, 2010).

Entretanto, o aumento da degradação ambiental dessa microrregião está naturalmente associado à industrialização de minerais, especialmente, a gipsita. Em conseqüência, na medida em que a indústria do gesso cresce, utilizando a lenha de floresta nativa como principal energético para a calcinação, aumenta a devastação do estoque lenheiro da região. Desta forma, as indústrias são obrigadas a adquirir lenha nos estados vizinhos, transferindo o problema da falta de combustível para outras áreas (GADELHA et al., 2006).

Diante disso, Gadelha (2010) sugere que a substituição da matriz mais utilizada, ou seja, a lenha de mata nativa, por lenha de reflorestamento poderia se apresentar como uma alternativa mais sustentável e economicamente viável para o setor e para a região. Neste sentido, a introdução de florestas plantadas de rápido crescimento se configura como uma opção potencial para o Pólo Gesseiro do Araripe. O aumento da produtividade das florestas plantadas tende a reduzir a devastação das florestas nativas, cujas leis de proteção são mais rígidas. Por outro lado, quando as florestas plantadas são bem manejadas, geralmente, são mais eficientes e econômicas como fonte de matéria prima para a indústria florestal (HARRISON et al., 2000). Deve-se ressaltar que existem áreas suficientes para plantios de novas florestas de rápido crescimento sem a necessidade de corte de áreas com vegetação nativa (SÁ, 2008).

Uma das culturas passíveis de utilização em programas de plantio é a de espécies do gênero *Eucalyptus*, originário da Austrália, pertencente à família Myrtaceae, com mais de 700 espécies e variedades endêmicas no país. É um gênero de grande plasticidade e de dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em grande amplitude edafoclimática, extrapolando as do local de origem, apresentando uma variação longitudinal de ocorrência que vai de 7°N até 43°39'S (LIMA, 1996). Devido às condições de clima e solo da região, a cultura do *Eucalyptus* é apontada como uma das mais promissoras, notadamente, pelo seu diversificado aproveitamento: lenha, estacas, papel, madeira para embalagem e construção civil.

Segundo MMA/SECTMA (2007), a exploração de um hectare de mata nativa no Araripe produz em média 15 st/ha/ano (ou 4,5 m³/ha/ano), para um consumo domiciliar de 579.048,75 st (174.412,27 m³), o que corresponde a um corte de 3.860 ha de floresta nativa. Para o setor industrial, o consumo é de 1.322.750 st (398.418,67 m³) resultante de um corte de 8.818 ha de floresta, totalizando 12.678 ha para ambos os setores. No entanto, Gadelha (2010) verificou em um experimento de clones de eucaliptos implantado na Estação Experimental de Araripina, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) um incremento médio anual de 56 st/ha/ano (ou 28 m³/ha/ano), com uma rotação de cinco anos, o que permite estimar a necessidade de 4.724 ha de plantio de eucaliptos para atender a demanda do setor industrial do Araripe.

Diante desse potencial, há necessidade de realizar mais estudos sobre o desenvolvimento da cultura na região, sua relação com o meio ambiente, propriedades e possibilidades de uso.

Atualmente, os estudos de biomassa florestal são considerados fonte de informação valiosa para o manejo sustentável (MELLO e GONÇALVES, 2008), porque permitem a quantificação da ciclagem de nutrientes e a quantificação para fins energéticos, além de promover conhecimento sobre o carbono

acumulado nas diferentes porções das árvores, obtido indiretamente por fatores de conversão aplicados às estimativas de biomassa (SILVEIRA et al., 2008).

A quantificação de biomassa pode ser realizada por métodos diretos (determinação) ou indiretos (estimativas). A modelagem tem sido considerada como ferramenta indispensável para a predição de biomassa (AJIT et al., 2006), considerando a dificuldade de determinação direta da variável. Nesse sentido, vários estudos foram desenvolvidos em plantios de *Eucalyptus*, sendo normalmente baseados em modelos empíricos, que descrevem a aplicação de equações alométricas para estimativas de biomassa em função de variáveis dendrométricas, tais como diâmetro à altura do peito – DAP (SCHUMACHER e CALDEIRA, 2001; SILVA et al., 2004; AJIT et al., 2006), altura ou a combinação de ambas (SANQUETTA et al., 2001; SILVA et al., 2004; MELLO e GONÇALVES, 2008).

O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes modelos para estimar a biomassa acima do solo de clones de *Eucalyptus* implantados na região do Araripe-PE, e fornecer subsídios para maior conhecimento do desempenho deste gênero florestal na região.

MATERIAL E MÉTODO

Local do estudo

Os dados deste estudo são provenientes de um experimento implantado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada na Chapada do Araripe, município de Araripina, no semiárido de Pernambuco, com coordenadas geográficas de posição 07°27'37" S e 40°24'36" W e altitude de 831 metros.

A precipitação média anual de 760 mm, concentrada entre os meses de novembro a maio, representando mais de 80% do total anual, o que provoca deficiências hídricas que se acumulam a partir do mês de junho até o mês de outubro, quando essa é mínima, sendo atenuada nos meses de fevereiro a abril nos quais ocorre um pequeno excesso (ITEP/LAMEPE, 2009). O clima é do tipo Bshw', semiárido, quente, com chuvas de verão-outono, pela classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 24°C (ARAÚJO, 2004). O solo é do tipo Latossolo amarelo (EMBRAPA SOLOS, 2006).

Características do experimento e do material analisado

O experimento foi implantado no início do mês de março de 2002, com espaçamento de 3 x 2 m, sendo constituído de 15 tratamentos (clones de híbridos de *Eucalyptus*) com 4 repetições (Tabela 1), estabelecidos em delineamento casualizado em blocos.

TABELA 1: Tratamentos do experimento utilizado para avaliação de equações de biomassa.
TABLE 1: Treatments of the experiment used to evaluate biomass equations.

Trat.	Clone	Descrição
01	C49	Híbrido de <i>Eucalyptus tereticornis</i> (cn)
02	C80	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)
03	C315	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)
04	C101	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)
05	C78	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)
06	C156	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i> (pc)
07	C39	Híbrido de <i>E. urophylla</i> (cn)
08	C27	Híbrido de <i>E. brassiana</i> (cn)
09	C51	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)
10	C158	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)
11	C41	Híbrido de <i>E. urophylla</i> (cn)
12	C31	Híbrido de <i>E. brassiana</i> (cn)
13	C25	Híbrido de <i>E. brassiana</i> (cn)
14	C33	Híbrido de <i>E. urophylla</i> (cn)
15	C11	Híbrido de <i>E. brassiana</i> (cn)

Em que: Trat. = tratamento; pc = polinização controlada e cn = cruzamento natural.

O material analisado neste estudo foi selecionado de acordo com os resultados apresentados por SILVA (2008), em que os 4 clones de maior crescimento, referentes aos tratamentos 5, 7, 11 e 15 foram selecionados como objeto deste estudo.

Os dados para análise de biomassa de fuste foram coletados em idades variando entre 48 e 84 meses, sendo obtidas informações de um total de 81 árvores. As árvores foram selecionadas aleatoriamente, derrubadas e cubadas, sendo que para este estudo foram medidos os dados de diâmetro a altura do peito (DAP) em cm e altura total (h) em metros, para cada árvore. Para a determinação de biomassa verde de fuste (PVF) em kg, os fustes foram desganhados e pesados com balança no campo.

Para o ajuste de equações de PVF foram testados alguns modelos sugeridos por Sanquetta et al. (2001) e Sanquetta et al. (2009), apresentados na Tabela 2, utilizando o pacote estatístico STATISTICA (STATSOFT, 2001)

TABELA 2: Modelos de biomassa de fuste (PVF) testados para clones de *Eucalyptus* na região do Araripe-PE.

TABLE 2: Green stem biomass (GSB) models for *Eucalyptus* clones in the Araripe-PE region.

Nº	Modelo
1	$PVF_i = \beta_0 + \beta_1 DAP_i + \beta_2 DAP_i^2 + \varepsilon_i$
2	$PVF_i = \beta_0 + \beta_1 DAP_i + \beta_2 DAP_i^2 h + \varepsilon_i$
3	$PVF_i = \beta_0 + \beta_1 DAP_i + \beta_2 DAP_i^2 + \beta_3 DAP_i^2 h + \varepsilon_i$
4	$PVF_i = \beta_0 + \beta_1 DAP_i^2 + \beta_2 DAP_i^2 h + \varepsilon_i$
5	$PVF_i = \beta_0 + \beta_1 DAP_i + \beta_2 h + \varepsilon_i$
6	$PVF_i = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2} + \varepsilon_i$
7	$PVF_i = \beta_0 d^{\beta_1} + \varepsilon_i$

PVF_i = Peso verde de fuste em kg; DAP_i = diâmetro à altura do peito em m; h_i = altura em m; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = coeficientes do modelo; ε_i = erro aleatório.

As equações resultantes foram analisadas quanto à qualidade de acordo com as estatísticas de Coeficiente de Determinação Ajustado ($R^2_{aj.}$), erro padrão da estimativa (S_{yx}) e distribuição gráfica dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ajustes dos modelos de biomassa verde de fuste dos clones analisados e as estatísticas de qualidade correspondentes são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3: Coeficientes e estatísticas de qualidade dos modelos testados para a estimativa de biomassa verde de fuste (PVF) de clones de *Eucalyptus*.

TABLE 3: Coefficient and quality statistics of the models fitted to estimate green stem biomass of *Eucalyptus* clones.

Modelo Nº	b_0	b_1	b_2	b_3	S_{yx} (%)	$R^2_{aj.}$ (%)
1	93,67853	-20,18896	1,62471		13,0	91,69
2	37,96200	-4,95703	0,04871		7,3	97,36
3	9,26990	0,31940	-0,30428	0,05314	7,2	97,41
4	11,12393	-0,28868	0,05300		7,2	97,44
5	-197,40065	14,15947	7,79511		12,6	92,16
6	-3,47046	1,81076	1,25850		1,9	96,15
7	-1,95293	2,57841			2,9	90,77

Diante dos resultados apresentados na Tabela 3, evidencia-se que quase todos os modelos ajustaram-se bem aos dados de PVF, com $R^2_{aj.}$ (%) variando de 90,77 à 97,44 e S_{yx} (%) variando entre 1,9 e 13,0. Os melhores valores de $R^2_{aj.}$ (%) foram obtidos para os modelos 4 e 3, respectivamente com 97,44% e 97,41%, sendo os piores ajustes encontrados para os modelos 7 e 1, com 90,77% e 91,69%, respectivamente. No caso do erro padrão da estimativa, os melhores valores foram obtidos com o ajuste dos modelos logaritimizados 6 e 7, respectivamente 1,9% e 2,9%. Já os modelos 5 e 1 apresentaram os piores resultados de S_{yx} %, respectivamente 12,6% e 13,0%.

Os modelos que alcançaram melhor desempenho quanto às estatísticas de $R^2_{aj.}$ (%) e S_{yx} (%) são semelhantes aos obtidos por Sanquetta et al. (2001), para *Pinus taeda* no sul do Estado do Paraná. Para estes autores, o fato de haver bom ajuste entre PVF e as variáveis dendrométricas DAP e altura refere-se à alta correlação destas com as medidas do tronco.

Para complementar a análise de qualidade de ajuste, a análise gráfica dos resíduos para todas as equações ajustadas é apresentada na Figura 1.

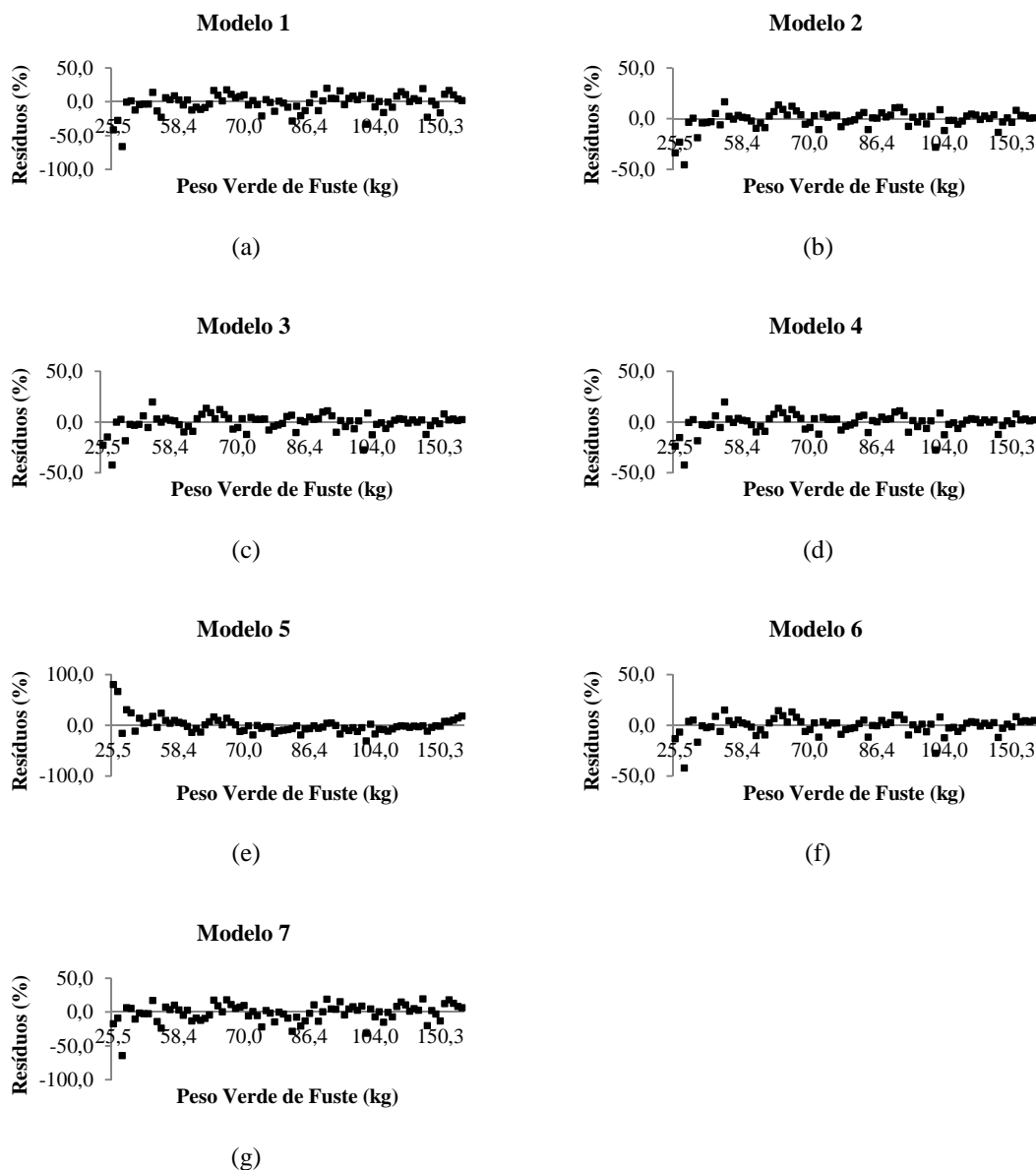


FIGURA 1: Análise gráfica de resíduos para as equações de biomassa ajustadas para clones de *Eucalyptus*.

FIGURE 1: Graphic analysis of residues of the biomass equations fitted to *Eucalyptus* clones.

Os resíduos plotados em percentagem de PVF (kg), mostram que as equações ajustadas para os modelos 1, 2, 3 e 4 (a, b, c, d) apresentam uma pequena tendência de ajuste para os valores mais baixos de PVF (kg), sendo a magnitude do resíduo maior para o modelo 1 (a). Por outro lado, o modelo 5 (e) mostra pequena tendenciosidade para valores mais baixos e mais altos de PVF. Os modelos 6 e 7 (f, g) não evidenciam tendências, entretanto a magnitude dos resíduos foi maior para o modelo 7 (g).

Desta forma, considerando o conjunto de estatísticas de qualidade ($R^2_{aj.} = 96,15\%$ e $S_{yx} = 1,9\%$) e a análise gráfica dos resíduos, o modelo 6 (logaritimizado) apresenta os melhores resultados para estimar PVF em função de variáveis dendrométricas.

Schumacher e Caldeira (2001) ajustaram um modelo logarítmico para a estimativa de biomassa de *Eucalyptus globulus*, justificando sua escolha pelo alto grau de ajuste destas funções. Da mesma maneira, Mello e Gonçalves (2008) avaliaram dois modelos logaritimizados para biomassa aérea e do sistema radicular de *Eucalyptus grandis*, obtendo resultados muito bons no caso do ajuste de biomassa da porção de fuste. Sanquetta et al. (2001) também obtiveram melhores resultados com o ajuste do modelo que resultou ser o de melhor desempenho neste estudo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem afirmar que os modelos avaliados apresentaram, de forma geral, boas estatísticas de ajuste para a estimativa de biomassa de Peso Verde de Fuste em função

de variáveis dendrométricas, para os clones avaliados.

De acordo com as estatísticas de qualidade ($R^2_{aj.} = 96,15\%$ e $S_{yx} = 1,9\%$) e a análise gráfica dos resíduos, os melhores resultados foram obtidos com o ajuste do modelo 6:
 $PVF = -3,47046.d^{1,81076}.h^{1,25850}$

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais da UFRPE pela estrutura e apoio disponibilizado, ao Instituto Agrônomo de Pernambuco pelo apoio na condução da pesquisa e ao Conselho Nacional para o desenvolvimento da Pesquisa e a Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco pelo financiamento da pesquisa e concessão de bolsas de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJIT, P.R. et al. Allometry for estimating above ground biomass of *Eucalyptus tereticornis* under energy and boundary plantations in Central India. **Annals of Arid Zone**. n.45, v.2, p.175-182, 2006.

ALBUQUERQUE, J. L. **Diagnóstico ambiental e questões estratégicas: uma análise considerando o Pólo Gesseiro do sertão do Araripe – Estado de Pernambuco.**2002. 185f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

ARAÚJO, S.M.S. **O Pólo Gesseiro do Araripe: Unidades geo-ambientais e impactos da mineração.** Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 276f. Tese de doutorado (Programa de Pós-graduação em Geociências, Área de Administração e Política de Recursos Minerais), 2004.

Associação Técnica Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior – ATECEL. **Diagnóstico energético do setor industrial do pólo gesseiro da meso região de Araripina – PE.** Campina Grande, 2006. 126 p.

BALTAR, C.A.M. et al. **Diagnóstico do Pólo Gesseiro de Pernambuco (Brasil) com ênfase na produção de gipsita para fabricação de cimento.** 2003. Disponível em http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Consultas/MAGALHAESCarlos_IVIBERMAC.pdf. Acesso em: 05.03.2008.

EMBRAPA SOLOS. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento do Recife. Solos do Nordeste, 2006. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html>. Acesso em: Julho 2009.

GADELHA, F. H. L. et al. Análise do crescimento de híbridos de *Eucalyptus* spp. na Região do Pólo Gesseiro de Pernambuco. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX, 6. **Anais...** Recife - PE 2006.

GADELHA, F. H. L. **Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de *Eucalyptus urophylla* (cruzamento natural) e *Eucalyptus brassiana* (cruzamento natural) na Chapada do Araripe-PE.** 65f. (Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da UFRPE), 2010.

HARRISON, R. B. et al. Effect of spacing and age on nitrogen and phosphorus distribution in biomass of *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, n.133, p. 167-177, 2000.

ITEP / LAMEPE. Laboratório de meteorologia de Pernambuco. **Médias históricas da chuva (mm) de janeiro a dezembro para o Estado de Pernambuco (1980 – 2008).** Disponível em: <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>. Acesso em: Novembro de 2009.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto.** São Paulo; EDUSP, 2 ed. 1996, 301 p.

LYRA SOBRINHO, A. C. P.; AMARAL, A. J. R.; DANTAS, J. O. C. **Gipsita.** Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <http://www.dnpm-pe.gov.br/>. Acesso em: 09.12.2007.

MANSO, C. L. C.; HESSEL, M. H. Revisão sistemática de *Pygidiolampas araripensis* (Burlen, 1966), (*Echinodermata: Cassiduloidea*) na bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 26, n. 3, p 271-277, 2007.

MELLO, S. L.; GONÇALVES, J.L.M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.1, p.101-111, 2008.

MMA/SECTMA. **Região do Araripe-Pernambuco, Diagnóstico florestal.** Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2007. 91 p.

SÁ, I. B. et al. Potencialidades Florestais da Região do Araripe: uma abordagem utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. In: IV Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – **In: IV Geonordeste**. Aracaju-SE, 2008.

SANQUETTA, C.R. et al. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 2. ed. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2009, 316 p.

SANQUETTA, C.R. et al. Relações individuais de biomassa e conteúdo de carbon em plantações de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do Estado do Paraná, Brasil. **In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL**, 2.. 2001. Santa Maria, Anais... Santa Maria: UFSM-CCR-PPGEF, 2001. p.415-427.

SCHUMACHER, M. V. e CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidennii*. **Ciência Florestal**, v.11, n.1, p. 45-53, 2001.

SILVA, H. D. et al. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.49, p.83-95, jul./dez. 2004.

SILVA, S.M.F.S. **Comparação entre equações volumétricas regionais e equações baseadas em volume da primeira tora em clones de eucalyptus na chapada do Araripe-PE**. Dissertação (Mestrado em ciências Florestais) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, 58 f. 2008,

SILVEIRA, P. et al. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, v.38, n.1, p.185-206, jan./mar. 2008.

Sindicato das Indústrias do Gesso – SINDUSGESSO. **Pólo gesso**. Disponível em: <<http://www.sindusgesso.org.br/>> Acesso em 14 de set. de 2010.

STATSOFT. **STATISTICA** (data analysis software system), version 6. StatSoft, Inc., 2001.

ANÁLISE DE SEIS FORMAS DE CONCEPÇÃO DE UM MODELO DE REGRESSÃO: UM ESTUDO COM DADOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

ANALYSIS OF SIX WAYS TO DESIGN A REGRESSION MODEL: A STUDY WITH DATA FOR HYPSONOMETRIC RELATIONSHIP

Rodrigo Geroni Mendes Nascimento¹; Bruno Henrique Czelusniak²; Sebastião do Amaral Machado³

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi testar a hipótese de igualdade de seis formas possíveis de concepção do modelo de Stofells e Van Soest, visando à modelagem da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia*. Foram analisadas 338 araucárias de um fragmento de 15,24 ha de Floresta Ombrófila Mista situado no *Campus III* da UFPR, em Curitiba - PR. A medição dos pares altura e diâmetro de cada árvore foi realizada por meio de hipsômetro Vertex III e fita métrica, respectivamente. O modelo de Stofells e Van Soest foi ajustado utilizando três métodos, não linear, linear e o jackknife, bem como apresentado sob seis formas diferentes: modelo não linear, modelo logarítmico, modelo logarítmico corrigido pelo FCM e as três formas anteriores ajustadas pelo método jackknife. As estatísticas de ajuste e precisão, Índice de Schlaegel e erro padrão da estimativa em porcentagem, indicaram que o modelo ajustado na sua forma não linear é mais preciso que os demais e os ajustes obtidos pelo método jackknife são menos eficientes dentre todos os estudados, apresentando distribuição de resíduos com tendenciosidade.

Palavras-chave: Regressão; método jackknife; Índice de Schlaegel.

ABSTRACT

The aim of this paper was to test the equality hypothesis of six possible ways to design the Stofells and Van Soest model, aiming at modeling the hypsonometric relationship of *Araucaria angustifolia*. It was analyzed 338 trees from 15.24 ha of Ombrophylous Mix Forest fragment located in *Campus III* of the UFPR, Curitiba-PR, Brazil. The measurement of the pairs height and diameter of each tree was done by Vertex III hypsonometer and measuring tape, respectively. The Stofells and Van Soest model was adjusted using three methods: nonlinear, linear and jackknife, as well as presented under six different ways: non-linear model, logarithmic model, logarithmic model corrected by MCF and the three previous forms set by the Jackknife method. The fitting and precision statistics, Schlaegel Index and standard error of estimate in percentage, indicated that the adjusted non-linear model is more accurate than others, and adjustments made by the Jackknife are less effective among all studied, with biased distribution of residuals.

Keywords: regression, jackknife method, Schlaegel index.

INTRODUÇÃO

Muitas vezes estudos de certos fenômenos na área florestal envolvem duas ou mais variáveis que, freqüentemente, despertam interesse em estabelecer uma relação funcional entre as mesmas. Simplificar essas relações, por meio de um modelo matemático, é uma das obrigações dos florestais que visam à minimização de custos operacionais e das incertezas na gestão do recurso florestal.

Freqüentemente, com base em dados amostrais, o gestor florestal deseja estimar o valor de uma variável Y, correspondente ao conhecido de uma variável X. Segundo Spiegel (1969) isso pode ser realizado mediante a avaliação do valor de Y, a partir de uma curva que se ajusta aos dados amostrais. Essa curva resultante é denominada de regressão de Y sobre X, visto que Y é avaliado a partir de X. A idéia por trás da análise de regressão sempre é expressar nossas expectativas sobre a variável dependente como uma função da(s) variável(eis) independente(s) (LATTIN et al., 2011).

O problema associado à regressão consiste em determinar a função que melhor expressa essa relação. Funções lineares freqüentemente são úteis, mas podem ocorrer situações em que não conseguem descrever uma relação biológica. Clow e Urquhart (1974) afirmaram em seu trabalho que estes casos exigem curvas de alguma natureza matemática que, a partir de considerações teóricas, possibilitam o conhecimento da forma exata que a curva deve tomar. Esses autores ainda indicam que se não há conhecimento específico suficiente sobre a relação, o seu comportamento geral é um indicativo para

¹ Eng.º Florestal, Mestrando em Eng. Florestal, UFPR, Bolsista CNPq, geronimendes@hotmail.com;

² Graduando em Eng. Florestal, UFPR, Bolsista CNPq, bruno-floresta@hotmail.com;

³ Prof. Sênior da Eng. Florestal da UFPR, Pesquisador 1A do CNPq, samachado@ufpr.br.

* Endereço institucional de todos os autores: Curso de Eng. Florestal da UFPR – Av. Pref. Lothário Meissner, 632. Jardim Botânico, Curitiba, PR. CEP: 80210-170.

aproximação de um tipo certo de curva suave.

Modelos não lineares são frequentemente usados para representar diversas relações dendrométricas em povoamentos florestais (NASCIMENTO et al., 2010). Esses modelos normalmente são de difícil resolução e a minimização da soma dos quadrados de resíduos é geralmente realizada com sucesso, porém requerem pesados cálculos iterativos e o uso de um programa computacional (DRAPPER e SMITH, 1998). Embora os detalhes e resultados de tais programas variem devido aos algoritmos usados, sua eficiência é equivalente ao ajuste de modelos lineares ajustados pela técnica da Soma de Quadrados e Produtos Corrigidos (SQPC).

As relações não lineares podem, às vezes, ser transformadas em lineares, mediante transformação adequada das variáveis (SPEIGEL, 1969). Dentre as ferramentas matemáticas mais utilizadas na linearização de modelos, a operação logarítmica é a mais conhecida pelos florestais, bem como a mais estudada devido suas características matemáticas e cuidados adicionais em seu uso. Na aplicação de modelos logarítmicos sempre é necessário expressar os valores estimados em unidades aritméticas, porém a conversão do logaritmo de Y em apenas Y resulta em uma média geométrica ao contrário de uma aritmética. Segundo Meyer (1941) esse erro é denominado de Discrepância Logarítmica e seu ajuste se dá pelo fator de correção desenvolvido pelo mesmo autor, denominado Fator de Correção de Meyer (FCM).

Dentre os métodos de ajuste de modelos para regressão, seja ela linear ou não, o método de redução de tendência denominado Jackknife é um ferramental de grande utilidade ao gestor florestal. O "Jackknife" é o nome dado por J. W. Tukey ao método de estimativa da variância de uma estatística por meio da reutilização da amostra, sendo baseada na técnica de redução de viés de estimadores paramétricos como sugerido por Quenouille (1949). Esse método pode ser empregado no ajuste de qualquer tipo de função matemática e seu uso está ligado à redução de custos ligados a intensidade amostral em qualquer tipo de levantamento, sendo adequado no uso de amostras pequenas visando à criação de modelos dendrométricos.

Tendo em vista as diversas formas possíveis de ajustar uma mesma função matemática, o objetivo deste trabalho é modelar a relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* Bert. O. Kuntz, utilizando o modelo proposto por Stoffels e Van Soest (1953), ajustando-o sob três métodos de regressão diferentes, bem como aplicando ou não o FCM na sua forma linear, verificando a influência dessas diferentes formas de concepção do modelo nos parâmetros estatísticos de ajuste e precisão.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo e dados utilizados

O presente trabalho foi realizado em um fragmento de floresta, atualmente denominado "Capão da Engenharia Florestal", situado no Campus III, Jardim Botânico da UFPR. A área do capão é de 15,24 ha, dos quais 12,96 ha são ocupados por Floresta Ombrófila Mista. Por se tratar de uma área urbana, observa-se um alto nível de antropização, principalmente nas bordaduras do capão, onde prevalecem capoeiras e capoeirões, com presença marcante de taquarais, em uma área de aproximadamente 2,28 ha.

A área de estudo foi submetida a um censo (2006/2007), onde foram medidos todos os indivíduos arbóreos com DAP acima de 10 cm, sendo identificados e plaqueteados. Dentro do fragmento foram contabilizadas a presença de 349 pinheiros, sendo possível medir às circunferências a altura do peito (CAP's) e as respectivas alturas totais. As CAPs foram medidas com fita métrica e as alturas com o hipsômetro Vertex III.

Esse fragmento florestal possui características sucessionais secundárias devido a intenso processo de exploração florestal ocorrido anteriormente a década de 1980. A proximidade da floresta ao centro urbano de Curitiba – PR facilitou tal processo e atualmente o remanescente possui araucárias com idade média de 100 a 120 anos.

Modelo testado e formas de ajuste

Segundo Machado et al. (2008) o melhor modelo para descrição da relação hipsométrica no capão da engenharia florestal da UFPR foi o modelo proposto por Stoffels e Van Soest (1953). O modelo é apresentado da seguinte forma:

$$\ln h = b_0 + b_1 \cdot \ln DAP$$

Onde: $\ln h$ = Log base e da altura total em metros; $\ln DAP$ = Log base e do diâmetro à 1,30 m do solo em centímetros; b_0 e b_1 = Coeficientes do modelo.

A forma natural desse modelo é uma exponencial. Sua representação matemática, expressa dessa forma pelos autores, se deu nessas condições devido à capacidade tecnológica da época em que o modelo foi aplicado. Antes do uso em larga escala de computadores por diversos pesquisadores, o ajuste de modelos não lineares, conforme habitualmente fazemos hoje, era oneroso e pouco comum na época. Para

o presente trabalho foi utilizada sua forma não linear ($h = b_0 \cdot DAP^{b_1}$) e linearizada pela operação logarítmica, verificando o efeito dessa transformação no ajuste.

O modelo de Stoffels e Van Soest (1953) foi ajustado utilizando regressão linear e não linear bem como a técnica Jackknife aplicada para as duas formas de concepção do modelo. No ajuste por regressão linear foi verificado o efeito do Fator de Correção de Meyer no modelo, empregando-se a fórmula apresentada por Baskerville (1972):

$$FCM = e^{\frac{QMR}{2}}$$

Onde: QMR : Quadrado médio dos resíduos do modelo do modelo logarítmico; e = Exponencial de Euler.

Técnica Jackknife

O nome jackknife foi usado para refletir a utilidade versátil deste método analítico. Jackknife em português significa “canivete”. A tradução literal não dá o sentido pretendido pelo nome do método porque no Brasil, o canivete não é tão utilizado como nos EUA. No Brasil, apenas o “bom-bril”, o que tem mil e uma utilidades, tem o mesmo sentido do “canivete” para os americanos (HIGUCHI, 1992).

A técnica consiste em reutilizar uma amostra da população para estimar qualquer parâmetro estatístico, apenas recombina a amostra em grupos e efetuando novamente os procedimentos para obtenção dos estimadores populacionais. Essa técnica é conhecida por sua versatilidade, pois pode ser aplicada a qualquer procedimento estatístico que vise à estimativa de qualquer parâmetro populacional. As estimativas dos coeficientes de regressão b_0 e b_1 foram submetidos ao jackknife para subgrupos, como se segue:

$$\hat{\theta}_* = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \hat{\theta}_{*i}$$

Onde: $\hat{\theta}_{*i}$ = pseudo valor obtido por: $r \cdot \hat{\theta}_* - (r - 1) \cdot \hat{\theta}_{-i}$, para $i = 1, 2, \dots, r$; $\hat{\theta}_*$ = estimativa para a amostra r ; $\hat{\theta}_{-i}$ = estimativa parcial com a exclusão do i -ésimo subgrupo.

Yang e Kung (1983) sugerem que as árvores amostradas para os subgrupos que serão submetidos ao Jackknife, devem ser selecionadas usando a seguinte ordem estatística:

$$r_i = \frac{n(i - 0,5)}{r}$$

Onde: r_i é i -ésima árvore da amostra e n é o número total da população.

Esta fórmula tem demonstrado ser eficiente para seleção de amostras em populações com distribuição normal com o intuito da aplicação do Jackknife. Segundo Yang e Kung (1983) para povoamentos puros equiâneos têm sido registrados ótimos resultados, já que nesses povoamentos florestais a distribuição diamétrica segue a normalidade. Como a distribuição diamétrica da araucária (MACHADO et al., 2009), bem como a altimétrica (MACHADO et al., 2010) nesse fragmento florestal segue a distribuição normal, a ordem estatística apresentada foi utilizada para seleção do grupo r .

Após os dados ordenados pelo DAP, o grupo r foi sorteado, composto por 9 árvores, e submetido ao processo Jackknife de ajuste, tanto o modelo na sua forma linear quanto a não linear, corrigida ou não pelo FCM. O modelo foi aplicado a todos os dados e analisado conforme seu desempenho por meio de estatísticas de ajuste e precisão, bem como pela similaridade estatística com os dados observados e os tratamentos estudados.

Estatísticas de ajuste de regressão

Utilizou-se como critério estatístico da análise de regressão a análise gráfica dos resíduos, erro padrão da estimativa em porcentagem ($Sy_{x\%}$) e o Índice de Schlaegel (SCHLAEGEL, 1981) ou coeficiente de determinação corrigido e ajustado (R^2_{aj}).

$$Sy_{x\%} = \frac{\sqrt{Sq.res}}{\frac{n-p}{h_0}} \cdot 100 \text{ IA ou } R^2_{aj} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \cdot \left(\frac{Sq.res}{Sq.tot} \right)$$

Onde: \bar{h}_o = Altura média observada (m); $Sq.res$ = Soma dos quadrados dos resíduos/erros; $Sq.tot$ = Soma dos quadrados total; n = Número de dados observados; p = Número de coeficientes do modelo.

Associado as estatísticas de ajuste e precisão, foi efetuado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, visando à comparação das médias estimadas, por cada método, com o valor paramétrico da altura total dos pinheiros, verificando a distância estatística de cada procedimento de ajuste a média real.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a ordem estatística usada, foram amostradas 9 árvores para compor o grupo r e efetuar o método Jackknife, selecionadas ao longo da amplitude diamétrica e altimétrica. As árvores amostradas foram a 19º, 56º, 94º, 131º, 169º, 207º, 244º, 282º e 319º. Essas árvores estão em destaque na Figura 1, identificando a abrangência da amostragem sobre a totalidade dos dados.

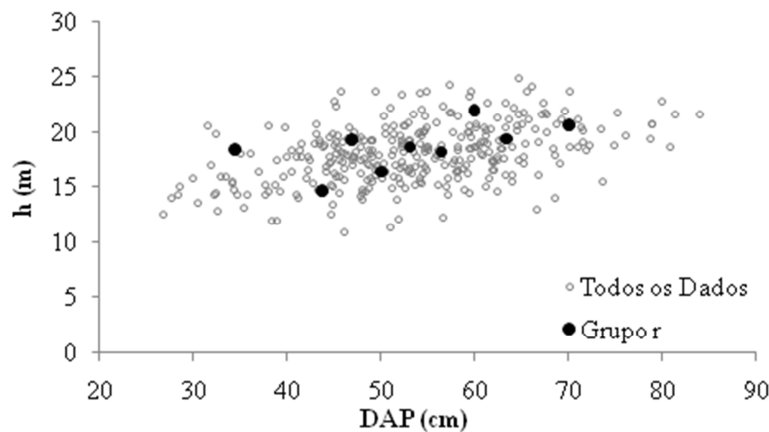


FIGURA 1: Dispersão dos pares de altura total e DAP para as 338 araucárias do Capão da Engenharia Florestal, bem como para o grupo de árvores selecionadas.

FIGURE 1: Dispersion of pairs of height and DBH for the 338 araucária trees in the Copse of the Faculty of Forest, as well as for the group of selected trees.

A partir das árvores selecionadas o modelo de Stoffels e Van Soest (1953) foi ajustado pelo método Jackknife utilizando regressão não linear, linear e linear corrigida pelo FCM compondo a Tabela 1. Na Tabela 1 estão as formas de ajustes para o modelo de Stoffels e Van Soest (1953), bem como as estatísticas de ajuste e precisão de cada forma de concepção.

TABELA 1: Estatísticas de ajuste e precisão para o modelo de Stoffels e Van Soest (1953), para cada forma de concepção do modelo.

TABLE 1: Fitting statistics and parameters estimated for Stoffels and Van Soest (1953) model, by each form of the model adjustment.

Modelo	Código	b_0	b_1	FCM	IA	$syx_{\%}$
$h = b_0 \cdot DAP^{b_1}$	NL	5,418159	0,304591		0,1911	12,99%
	NL _j	4,413826	0,211333		-0,0960	45,91%
$Ln h = b_0 + b_1 \cdot Ln DAP$	LL	1,660626	0,309758		0,1875	13,02%
	LL _j	2,245593	0,173557		0,0942	13,81%
	LL _c	1,660626	0,309758	1,008903	0,1910	13,00%
	LL _{cj}	2,245593	0,173557	1,006591	0,0684	14,00%

Legenda: NL = Método de ajuste não linear; LL = Método de ajuste linear; j = Quando empregado Jackknife; c = Quando empregado FCM; cj = Quando empregado Jackknife e o FCM.

As estatísticas de ajuste e precisão baixas obtidas na Tabela 1 para as diferentes formas de ajuste do modelo são explicadas pela idade média dos indivíduos usados, bem como pela grande variabilidade diamétrica frente à altimétrica das araucárias estudadas, sendo facilmente observada na Figura 1. Em florestas consolidadas, a competição entre indivíduos faz com que surjam extratos, ocorrendo indivíduos dominantes, co-dominantes e dominados, bem como uma variação diferente para as duas variáveis, assim possibilitando, ao longo dos anos, uma curva hipsométrica mais estável, ocorrendo uma associação de diferentes diâmetros para uma mesma altura (MACHADO et al., 2008).

Os melhores resultados foram obtidos pelo modelo NL, apresentando um erro padrão da estimativa de 12,99% e um coeficiente de determinação ajustado e corrigido de 0,1911. Para o modelo LL_C, os valores de erro e IA são 13,00% e 0,1910 respectivamente, valores muito próximos do obtido pelo NL. Esses resultados indicam uma diferença em erro médio de 0,01% para o modelo LL_C quando comparado ao NL, indicando que, mesmo com a correção pelo FCM, há uma desvantagem em termos de precisão quando um modelo não linear é ajustado por regressão linear após linearização.

O modelo LL sofre um efeito mais acentuado devido a sua forma ajuste, realizada por regressão linear simples sem a correção pelo FCM. As estatísticas de ajuste e precisão pioram chegando a 13,02% e 0,1875 para o $syx_{\%}$ e o IA respectivamente. Trabalhando com os dados em uma escala log há um amortecimento da variabilidade e redução da assimetria entre X e Y, sendo essa transformação eficaz na remoção de heterocedasticidade (CHATTERJEE e HADI, 2006). Porém quando o antilog é aplicado no modelo ajustado, o efeito de amortecimento da escala é evidenciado pelas subestimativas de Y, refletindo em baixos valores de estatísticas de ajuste e precisão.

Os modelos gerados pela ferramenta Jackknife obtiveram os piores desempenhos. Os motivos causadores de tal resultado estão ligados ao efeito de cada observação usada na composição do modelo, bem como de sua posição no rol de dados, tamanho da amostra e representatividade da população. Segundo Higuchi (1992) esta técnica pode produzir resultados desconcertantes, como variância negativa e coeficiente de determinação maior do que um ou negativos. Isto é possível porque as estimativas submetidas ao Jackknife são produtos de diferenças ponderadas não elevadas ao quadrado.

Esse fato ocorreu em subgrupos de r, quando a técnica foi aplicada no modelo NL_J, resultando em coeficientes médios de b_0 e b_1 que geraram o valor de -0,0960 para o Índice de Schlaegel (Tabela 1). Esse fato só se deu ao modelo na sua forma não linear, indicando uma maior influência da técnica na composição dos estimadores para esse modelo. Na Tabela 2 estão os resultados quanto à distância estatística entre as médias de cada modelo, bem como a distância à média da altura dos valores observados.

TABELA 2: Teste de Tukey aplicado as seis formas de concepção do modelo analisado, bem como a média paramétrica da variável altura total da população de araucária no Capão da Engenharia Florestal.

TABLE 2: Tukey's test applied to the six forms of the model examined, as well as the parametric average of total height variable for population of araucária trees in the Cope of the Faculty of Forest.

Teste de Tukey aNível DE 5% dep		
Código	Altura Média (m)	Grupos Homogêneos
NL _J	10,1942	A
LL	17,9614	B
OBS	18,1168	B
NL	18,1169	B
LL _C	18,1213	B
LL _J	18,7819	C
LL _{CJ}	18,9057	C

Legenda: OBS = Média dos dados observados.

Dentre as seis formas de concepção do modelo estudado, o ajuste por regressão não linear e a regressão linear, corrigida ou não pelo FCM, são mais próximas estatisticamente dos dados observados, possuindo valores médios estimados muito próximos do valor paramétrico, sendo do mesmo grupo estatístico nesse quesito. Os modelos ajustados pela técnica Jackknife não fazem parte do mesmo grupo estatístico dos dados observados, corroborando com os resultados apresentados na Tabela 1. O modelo NL_J é o único em seu grupo de homogeneidade, sendo o mais distante da média paramétrica para sua estimativa da média. Já os modelos LL_J e LL_{CJ} fazem parte de um grupo único, que apesar de distante da média observada, estão mais próximos que o grupo do modelo NL_J.

A diferença, em termos de $syx_{\%}$, entre os modelos não submetidos ao Jackknife e os que sofreram foi: NL e NF_J = 32,92%; LL e LL_J = 0,79% e; LL_C e LL_{CJ} = 1,00%. Higuchi (1982), visando à estimativa do volume total de espécies amazônicas com DAP acima de 20 centímetros, obteve 5% de diferença entre as equações não submetidas ao método Jackknife e as submetidas, empregando o método com uma amostra com 10 árvores em um total de 387. Já Yang e Kung (1983) encontraram uma diferença de 3% em favor do volume médio não submetido ao Jackknife, sendo que estes autores usaram $r = 4$ de $n = 100$.

Na Figura 2 é possível ver o desempenho de cada modelo a partir do gráfico de resíduos para todos os dados observados da população de araucária. Dentre as seis formas de apresentação do modelo testado a NF_J obteve a análise gráfica de resíduos fora do esperado, bem como com desempenho aquém do aceitável, subestimando a altura total para todo o rol de diâmetros. Os modelos LL_J e LL_{CJ} comparados aos demais, superestimam as alturas totais ao longo de toda a distribuição diamétrica, gerando uma

concentração maior de pontos abaixo do eixo X, diferindo dos demais gráficos (Figura 2).

Os resultados gráficos apresentados na Figura 2 dos modelos NL_J, LL_J e LL_{CJ} são um reflexo expressivo dos resultados apresentados pelas Tabelas 1 e 2, indicando que a técnica não obteve sucesso quando aplicado ao modelo na sua forma não linear. Já para os modelos LL_J e LL_{CJ} as estatísticas de ajuste e precisão geradas foram próximas aos valores paramétricos, porém com coeficientes de determinação ajustados e corrigidos baixos indicando um valor de p não significativo para b_1 .

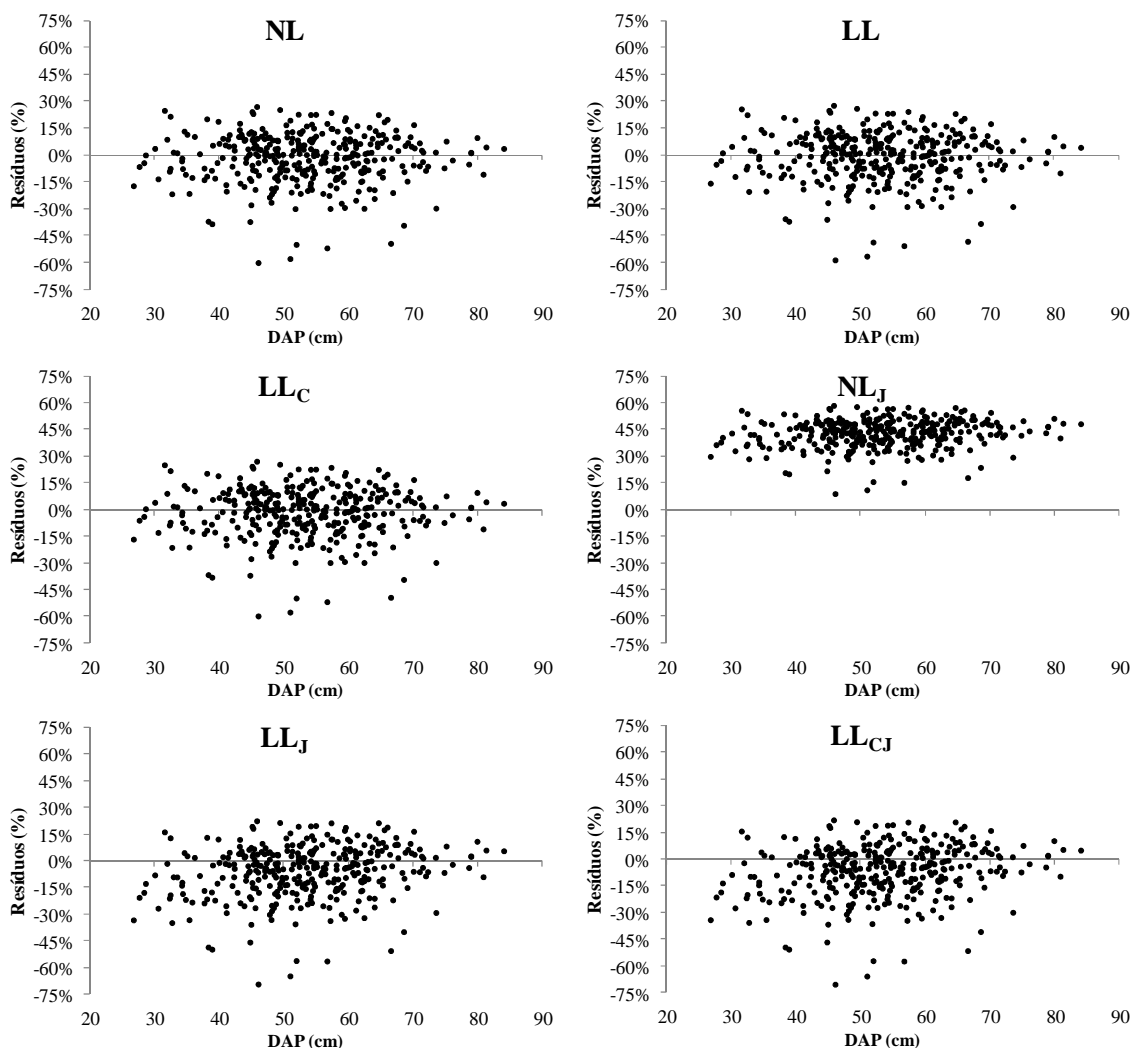


FIGURA 2: Análise gráfica de resíduos para o modelo de Stoffels e Van Soest (1953) para seis formas de ajuste testadas.

FIGURE 2: Graphic analysis of residuals for the Stoffels and Van Soest model (1953) for six ways of fitting tested.

A inclusão de variáveis como custo de coleta de dados de altura, deslocamento em campo, uso de hipsômetro para medição de altura total, tempo de coleta da variável, entre outras, na análise dos resultados obtidos, fica claro que o uso da técnica Jackknife se justifica para os modelos LL_J e LL_{CJ}, já que a variável de interesse é de difícil obtenção e o custo de sua coleta é elevado dentro do inventário florestal. Porém o intervalo de confiança para a média estimada por esses modelos difere estatisticamente da média paramétrica, compondo um grupo de homogeneidade em que não incluía a média de altura total da população de araucárias (Tabela 2).

CONCLUSÕES

O modelo de Stoffels e Van Soest (1953), ajustado por meio de regressão linear, não linear e Jackknife, bem como aplicando ou não o Fator de Correção de Meyer, diferem estatisticamente, sendo o modelo ajustado pela regressão não linear o mais preciso na estimativa da altura total.

O modelo não linear ajustado pela técnica Jackknife é o menos preciso dentre as 6 formas de concepção testadas, sendo que a estimativa da altura média por tal modelo é a mais distante dos valores

paramétricos bem como dos outros tratamentos, apresentando subestimativas ao longo de todo o rol de diâmetros testados.

Os modelos LL_J e LL_{CJ} compuseram um grupo homogêneo quanto à distância da média paramétrica, porém suas estatísticas de ajuste indicam menor precisão na estimativa da altura total bem como a análise gráfica dos resíduos indicam superestimativas ao longo de toda a distribuição diamétrica.

O uso do FCM se justifica quando aplicado regressão linear em um modelo logaritmo, pois mesmo com sua aplicação, há sempre um pior desempenho na estimativa da variável Y ao longo da dispersão de X quando não ocorre a correção da discrepância logarítmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASKERVILLE, G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 2, p. 49 – 53, 1972.

CHATTERJEE, S.; HADI, A. S. **Regression analysis by example**. 4º ed. New Jersey, EUA: John Wiley & Sons, Inc. 2006. 375 p.

CLOW, D. J.; URQUHART, N. S. **Mathematics in biology: calculus and related topics**. New York, EUA: W. W. Norton & Company, Inc. 1974. 727 p.

DRAPPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3º Ed. New York, EUA: John Wiley & Sons, Inc. 1998. 704 p.

HIGUCHI, N. Usando o método "Jackknife" para estimar volume de madeira da Floresta Amazônica. **In: Atas da 24ª Reunião regional da associação brasileira de estatística, 12ª Semana do estatístico**. Manaus, 1992. p. 42 – 56.

LATTIN, J.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. **Análise de dados multivariados**. São Paulo: Cengage Learning. 2011. 455 p.

MACHADO, S. do A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. da; MIGUEL, E. P.; TÊO, S. J. Distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 103 - 110, Mar./Apr. 2009.

MACHADO, S. do A.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; SILVA, L. C. R. da; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TÊO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da engenharia florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 5 – 16, jan./jun. 2008.

MACHADO, S. do A.; NASCIMENTO, R. G. M.; MIGUEL, E. P.; TÊO, S. J.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D. Distribution of total height, transverse area and volume for *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 12-21, jan./mar. 2010.

MEYER, H. A. **A correction for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation**. In. Pennsylvania Forest School Research, Pennsylvania, EUA. 1941. 3 p.

NASCIMENTO, R. G. M.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO, D. J. de; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; CAVALHEIRO, R. Relações dendrométricas de *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 369 – 374, nov./dez. 2010.

QUENOUILLE, M. H. Approximate tests of correlation in time series. **Journal of Royal Statistical Society**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 68 – 84, 1949.

SCHLAEGEL, B. E. Testing, reporting, and using biomass estimation models. **In: Proceedings of the 1981 Southern Forest Biomass Workshop**, Gresham, C.A. Belle W. Baruch Forest Science Institute of Clemson University, Clemson, SC, 1981, p. 95-112.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 2º Ed. Rio de Janeiro: Ao livro técnico S.A. 1969. 580 p.

STOFFELS, A.; VAN SOEST, J. The main problems in sample plots. **Ned Bosbouw tijdschr**, v. 25, p. 190-199, 1953.

YANG, Y. C.; KUNG, F. H. Method for estimation bole volume. **Journal of Forestry**, v. 81, n. 4, p. 224 – 227, abril, 1983.

MODELAGEM DA PRODUÇÃO DA BRACATINGA (*Mimosa scabrella* Benth.) NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

YIELD MODELLING OF BRACATINGA (*Mimosa scabrella* Benth.) IN THE METROPOLITAN REGION OF CURITIBA

Luiza Maria Teóphilo Aparecido¹; Sebastião do Amaral Machado²; Ronan Felipe de Souza³; Andressa Ribeiro⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi testar modelos matemáticos para descrever a produção das variáveis dendrométricas da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), em função da idade em três diferentes classes de sítio na região metropolitana de Curitiba. Para isto, foram realizadas análises de tronco em 29 indivíduos coletados com idade variando de 7 a 18 anos, a fim de obter dados de altura, diâmetro à altura do peito, área transversal e volume. Foram testados 13 modelos matemáticos. A seleção do melhor modelo foi baseada no coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão de estimativa percentual ($S_{yx}\%$) e análise gráfica de resíduos; em seguida foi realizado o ranqueamento dos modelos a fim de sintetizar os resultados e selecionar o melhor deles. O ranking indicou que os melhores modelos foram o de Prodan, de Gram e de Hoerl. Os modelos que apresentaram os piores ajustes foram os modelos de Weibull, Prodan Modificado e Logístico.

Palavras-chave: variáveis dendrométricas; classe de sítio; modelos matemáticos, ranqueamento.

ABSTRACT

This work had as an objective to test mathematical models that describes dendrometrical variables yield of the bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), based on age in three different class sites in the metropolitan region of Curitiba. For that, 29 individuals were collected and were submitted to full stem analysis with ages varying between 7 and 18 years, with the purpose of obtaining height, diameter at breast height, cross section and volume data. Thirteen models were used. The selection of the best model was based on the adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}), relative standard error of estimate in percentage ($S_{yx}\%$) and residual graphic analysis; afterwards, it was performed a ranking of models to synthesize the results and select the best model. The ranking indicated that the best fittings were obtained using Prodan, Gram and Hoerl models. The models that presented the worse fitting were Weibull, Prodan Modified and Logisitic models.

Keywords: dendrometric variables; site class; mathematical models; ranking.

INTRODUÇÃO

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) é uma espécie florestal pioneira, heliófita em todas as fases de seu desenvolvimento, de rápido crescimento e de ciclo curto (LORENZI, 1992), apresentando altas taxas de regeneração e mortalidade inicial, assim como susceptibilidade a solos mal drenados (CARPANEZZI et al., 1988).

Esta espécie é amplamente manejada em pequenas propriedades da região metropolitana de Curitiba através do sistema de regeneração natural pelo uso do fogo, sendo consorciada no primeiro ano com cultivo agrícola anual. Após a colheita, o bracatingal é abandonado, não sofrendo raleios até que a idade de rotação seja atingida. Em geral, a madeira é utilizada para fins energéticos ou para a construção civil na forma de estacas. Dentre outros usos desta espécie pode-se citar sua utilização na apicultura e recuperação de áreas degradadas. Com estas características, um estudo aprofundado do crescimento desta espécie deve ser feito, para aplicar um manejo adequado.

Entende-se por crescimento de uma árvore o aumento gradual do valor das variáveis que dela se mede (ENCINAS et al., 2005). O crescimento de uma árvore poderá apresentar variações para diferentes locais, também denominados de sítios. O comportamento de crescimento específico para cada sítio, aliado a integração com fatores selecionados do ambiente, possibilita ao silvicultor/manejador reconhecer e

¹Graduanda de Engenharia Florestal/UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner, 632. CEP 80210-170 Curitiba, PR. luizamaria2000@yahoo.com.br

²Eng. Florestal, PhD, Professor sênior de Engenharia Florestal/UFPR. Pesquisador 1A do CNPq. Av. Prof. Lothário Meissner, 632. CEP 80210-170 Curitiba, PR. samachado@ufpr.br

³Eng. Florestal, Doutorando de Engenharia Florestal/UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner, 632. CEP 80210-170 Curitiba, PR. ronanflorestral@gmail.com

⁴Eng. Florestal, Mestranda em Engenharia Florestal/UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner, 632. CEP 80210-170 Curitiba, PR. andressa.florestral@gmail.com

visualizar em conjunto as características distintas da floresta, permitindo relacionar a capacidade produtiva do povoamento, bem como realizar o zoneamento (da produtividade, dos atributos da espécie, do solo e/ou relevo, do clima), possibilitando o desenvolvimento de ferramentas para tomada de decisão na intervenção nos povoamentos (HESS, 2006).

Com isto, uma ferramenta e uma maneira lógica de expressar o crescimento e a produção florestal são através de modelos matemáticos, sendo que estes podem ser caracterizados por gráficos, por tabelas, por gráficos e tabelas; por um conjunto ou uma equação, ou um conjunto de submodelos cada qual com uma ou mais equações (SCOLFORO, 1998). Além da produção e crescimento, a modelagem é de fundamental importância para a projeção das estimativas obtidas ao longo do tempo para a tomada de decisões sobre a rotação silvicultural e econômica (MENDONÇA, 2010).

Segundo Vanclay (1994), modelo é uma abstração, ou uma representação simplificada, de algum aspecto da realidade. No caso de modelos de crescimento, estes são referentes a um sistema de equações que prevêem o crescimento e a produção de um povoamento sobre uma grande variedade de condições. Para isto, modelagem do crescimento deve ter um retorno suficiente que garanta que o inventário seja adequado e que a predição do modelo seja confiável. Com isto, gerando-se diferentes tipos e qualidades de modelos de crescimento. Assim sendo é imprescindível a comparação do desempenho entre modelos.

Com isto, o presente trabalho teve como objetivo testar treze modelos matemáticos que possam descrever a produção das variáveis dendrométricas da bracinga e avaliar seu desempenho, através do uso de escores dos valores ponderados, a fim de escolher o melhor modelo de crescimento por sítio e por variável.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área de estudo:

Os indivíduos utilizados na base de dados foram coletados na região norte de Curitiba, conhecida como Vale do Ribeira. Esta região possui média anual de pluviosidade de 1200 mm e nível de umidade relativa entre 82 e 84%. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (Subtropical Mesotérmico Úmido) sem estação seca, com verões suaves e invernos relativamente frios. Essa região tem as suas condições meteorológicas e de dinâmica atmosférica influenciadas pelas massas de ar tropicais e polares. Com isso, há uma regularidade na distribuição pluviométrica associada às baixas temperaturas no inverno.

Possui relevo ondulado e montanhoso, caracterizado por uma grande incidência de áreas de altas declividades, com altitudes variando de 600 a 1200m, como os municípios de Campo Largo, Rio Branco do Sul e Colombo (SUDERHSA, 2007). Nestas altitudes, a vegetação é caracterizada por apresentar uma formação florestal de transição, com predomínio de espécies de bracinga e araucária.

Base de dados:

A base de dados utilizada no presente estudo proveio da análise de tronco de 29 árvores dominantes, segundo o critério de Assmann para classificação de sítio, com idades variando de 7 a 18 anos. Os indivíduos foram coletados em três sítios diferentes localizados na região metropolitana de Curitiba (Figura 1). Para uma cobertura homogênea de indivíduos por classe de sítio, as alturas foram previamente medidas em campo.

Após a derrubada das árvores, retiraram-se discos a 0,10m, 0,70m e 1,30m de altura, e a partir desta altura, a cada 2m até o ponto de inversão morfológica, seguindo a método de cubagem de Smalian. Os discos foram devidamente identificados ainda em campo, e depois acondicionados secos, e lixados no laboratório.

A partir da análise de tronco, proposta por Barusso (1977), foi possível determinar em cada idade o diâmetro através da medição dos raios, estimar a variável altura total através do método de paralelismo, e calcular as variáveis área transversal e volume. Após o processamento destes dados e separação das árvores em seus sítios correspondentes, realizou-se o ajuste de cada variável em cada sítio através de modelos matemáticos.

Modelagem

Foram testados 13 modelos matemáticos encontrados na literatura florestal (Tabela 1), os quais foram ajustados utilizando o software TableCurve 2D, em que as relações matemáticas entre os parâmetros são estimados pela minimização iterativa dos mínimos quadrados usando o algoritmo de Levenberg-Marquardt. Com isto obtendo o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) e a análise gráfica dos resíduos para cada modelo.

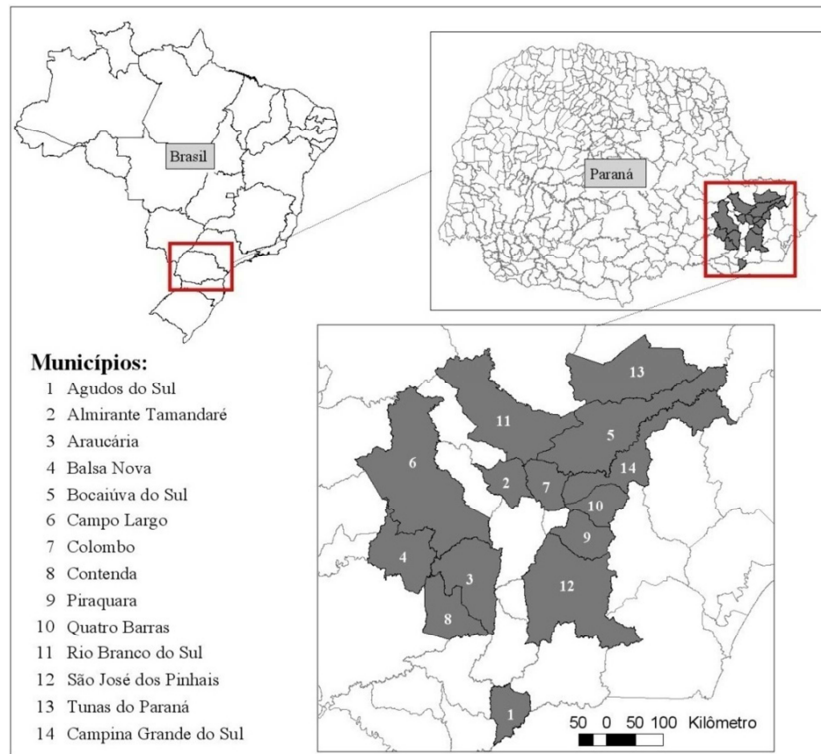


FIGURA 1: Localização da região metropolitana de Curitiba em que os indivíduos foram coletados.
 FIGURE 1: Localization of the metropolitan region of Curitiba where the individuals were collected.

TABELA 1: Modelos testados para produção das variáveis dendrométricas.
 TABLE 1: Tested models for yield of dendrometric variables.

Autor	Modelo Matemático
Chapman-Richards	$Y = b_0(1 - e^{(-b_1 \cdot t)})^{b_2}$
Bertalanffy	$Y = b_0(1 - e^{(-b_1 \cdot t)})^3$
Logístico	$Y = \frac{b_0}{(1 + b_1 \cdot e^{(-b_2 \cdot t)})}$
Gompertz	$Y = b_0 \cdot e^{-b_1 \cdot e^{-b_2 \cdot t}}$
Backman	$Y = b_0 + (b_1 \cdot \ln(t)) + (b_2 \cdot \ln(t)^2)$
Backman Modificado	$Y = b_0 + (b_1 \cdot t) + (b_2 \cdot t^2)$
Prodan	$Y = \frac{(b_0 + (b_1 \cdot t) + (b_2 \cdot t^2))}{t^2}$
Prodan Modificado	$Y = \frac{(b_1 \cdot t) + (b_2 \cdot t^2)}{(b_1 \cdot t) + (b_2 \cdot t^2)}$
Weibull	$Y = b_0(1 - e^{(-b_1 \cdot t)^{b_2}})$
Mischerlich	$Y = b_0(1 - e^{(-b_1 \cdot t)})$
Gram	$\ln Y = b_0 + (b_1 \cdot \ln(t)) + (b_2 \cdot t)$
Hoerl	$\ln Y = b_0 + (b_1 \cdot (1/t)) + (b_2 \cdot \ln(t))$
Moissev	$\ln Y = b_0 + (b_1 \cdot t) + (b_2 \cdot t^2) + (b_3 \cdot t^3)$

Critérios de Seleção do Melhor Modelo

A seleção do melhor modelo foi baseada nos parâmetros estatísticos dos modelos matemáticos ajustados, considerando a eficiência dos mesmos. Com isto, foi possível utilizar o método do Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP), atribuindo-se pesos às estatísticas calculadas. Assim, o melhor parâmetro correspondeu ao menor peso (equivalente a 1) e o pior com o maior peso (equivalente a 13). Conseqüentemente, o melhor modelo será aquele com a menor soma de pontos, e o pior com a maior soma (ranking). Este método foi feito para cada variável dendrométrica e cada sítio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seleção por variável dendrométrica

Os dados das variáveis dendrométricas referentes aos sítios I, II e III foram ajustados com os

treze modelos, obtendo então, as estatísticas de ajuste para cada um deles. Os valores ponderados dos escores estatísticos (VP) dos sítios foram somados por variável, assim possibilitando o ranqueamento dos modelos pelas variáveis (Tabela 2). Os resultados apresentados nas Tabelas 3, 5 e 7 são referentes às estatísticas do ajuste do modelo selecionado para cada variável dendrométrica, ou seja, o melhor modelo escolhido (que obteve o menor VP) dentre os três sítios.

TABELA 2: Ranking dos modelos a partir dos valores ponderados das variáveis dendrométricas.
TABLE 2: Model ranking obtained through the weighted values of the dendrometric variables.

Colocação	Altura	Diametro	Area Transversal	Volume
1º	Prodan	Hoerl	Gram	Gram
2º	Gram	Prodan	Prodan	Hoerl
3º	Chapman-Richards	Backman Modificado	Hoerl	Bertalanffy
4º	Mitscherlich	Backman	Chapman-Richards	Moissev
5º	Hoerl	Chapman-Richards	Bertalanffy	Prodan
6º	Backman Modificado	Gram	Gompertz	Chapman-Richards
7º	Weibull	Gompertz	Moissev	Gompertz
8º	Gompertz	Moissev	Backman Modificado	Backman Modificado
9º	Backman	Mitscherlich	Logisitco	Logistico
10º	Prodan Modificado	Weibull	Backman	Backman
11º	Moissev	Prodan Modificado	Prodan Modificado	Prodan Modificado
12º	Bertalanffy	Bertalanffy	Mitscherlich	Mitscherlich
13º	Logistico	Logistico	Weibull	Weibull

Altura

Após o ranqueamento dos modelos, selecionou-se o modelo de Prodan como o melhor para descrever o crescimento da variável altura nas diferentes classes de sítio (Tabela 3). Este modelo também foi testado por Tonini et al. (2005) trabalhando com o crescimento em altura e na seleção de equações para quatro espécies florestais nativas obtendo-se também, ajustes com valores de R^2 e $S_{yx}\%$ satisfatórios. Assumpção (2008) também obteve resultados satisfatórios utilizando este modelo ao estimar alturas individuais de *Ficus maxima* Mill.

Apesar do resultado positivo neste trabalho, diversos autores tiveram resultados insatisfatórios com este modelo, como Machado (1997) na classificação de sítio para bracingais na região metropolitana de Curitiba; Wendling (1998) ao utilizar este modelo obteve estimativas que diminuiram à medida que a idade aumentava; para a estimativa das variáveis diâmetro e volume, os modelos de Hess et al. (2009) e Hess et al. (2007), respectivamente, propiciaram dentre os 10 modelos estudados o pior resultado utilizando este modelo.

TABELA 3: Coeficientes e estatísticas do modelo de Prodan, selecionado para a estimativa da altura, por sítio com respectivos VP.

TABLE 3: Coefficients and statistics of the Prodan model, chosen for estimation of heights by site with their respective VP.

Sítio	Coeficientes			R^2	$S_{yx}\%$	VP
	b_0	b_1	b_2			
I	0,1608	0,1455	0,0383	0,9981	1,77%	2
II	0,2763	0,2182	0,0446	0,9979	2,01%	8
III	0,1984	0,3536	0,0463	0,9918	4,12%	2

Em contrapartida, o pior modelo para esta variável foi o modelo Logístico (Tabela 4), como ocorreu no estudo de desempenho de relações hipsométricas para caixetais e florestas de *Eucalyptus grandis* (BATISTA et al., 2001). Apesar de ter sido o pior neste trabalho, foi considerado satisfatório em trabalhos como para a estimativa do crescimento em altura de árvores individuais clonais de *Eucalyptus* (CALEGARIO et al., 2005) e em povoamentos de *Eucalyptus grandis* (VELOSO et al., 2011).

TABELA 4: Coeficientes e estatísticas do modelo Logístico, ajustado para a estimativa da altura, por sítio com respectivos VP.

TABLE 4: Coefficients and statistics for the Logistic model, adjusted for height estimation by site with their respective VP.

Sítio	Coeficientes			R ²	S _{yx} %	VP
	b ₀	b ₁	b ₂			
I	19,1441	5,6225	0,5177	0,9833	5,19%	24
II	15,4443	6,5473	0,4867	0,9914	4,08%	25
III	13,3256	5,9206	0,4161	0,9792	6,55%	24

Diâmetro

A variável diâmetro, ao contrário da altura, foi melhor descrita pelo modelo de Hoerl (Tabela 5). Este mesmo modelo também foi eficiente para descrever o crescimento de diâmetro da *Araucaria angustifolia* na região Nordeste do estado do Rio Grande do Sul (HESS et al., 2009).

TABELA 5: Coeficientes e estatísticas do modelo de Hoerl, selecionado para a estimativa do diâmetro, por sítio com respectivos VP.

TABLE 5: Coefficients and statistics of the Hoerl model, chosen for estimation of diameters by site with their respective VP.

Sítio	Coeficientes			R ²	S _{yx} %	VP
	b ₀	b ₁	b ₂			
I	2,0011	-1,8807	0,4129	0,9979	2,38%	2
II	1,8414	-2,7098	0,4348	0,9993	1,59%	4
III	2,1207	-3,5721	0,2474	0,9990	1,78%	4

A variável diâmetro apresentou um modelo diferente para cada sítio, sendo que o sítio I teve o modelo de Hoerl como o melhor; no sítio II, o modelo de Backman Modificado; e o modelo de Prodan para o sítio III. O modelo de Hoerl foi selecionado por ser o modelo que apresentou a distribuição gráfica de resíduos mais homogênea dentre os três. Ressalta-se que a utilização de qualquer um destes modelos é válida, uma vez que os ajustes foram satisfatórios. Hess et al. (2009) obtiveram também ajustes satisfatórios para os modelos de Backman Modificado e Hoerl, destacando que ambos poderiam ser aplicados.

Como na variável altura, o modelo Logístico foi o que apresentou o maior valor ponderado, e conseqüentemente, os piores parâmetros estatísticos para esta variável (Tabela 6). Este modelo também foi considerado pior para esta variável por Sanquetta et al. (2010) ao ajustar modelos de crescimento para esta mesma variável; e por Canto e Schneider (2004) ao estudar o crescimento de *Grevillea robusta*.

TABELA 6: Coeficientes e estatísticas do modelo Logístico, ajustado para a estimativa do diâmetro, por sítio com respectivos VP.

TABLE 6: Coefficients and statistics for the Logistic model, adjusted for diameter estimation by site with their respective VP.

Sítio	Coeficientes			R ²	Syx%	VP
	b ₀	b ₁	b ₂			
I	18,2773	7,9111	0,4187	0,9797	7,36%	24
II	15,4980	11,5308	0,4380	0,9871	6,65%	26
III	11,6282	11,9922	0,4841	0,9858	6,79%	22

Área Transversal e Volume

Para as variáveis área transversal e volume, o modelo de Gram foi considerado o melhor para ambos. Os coeficientes e as estatísticas do ajuste para cada variável podem ser observados na Tabela 7.

Poucos autores utilizaram esta equação em seus estudos, e os poucos que utilizaram, não foram para fins de estimar área transversal. Mas, autores como Hess et al. (2007) encontraram por meio do critério do VP, que o modelo de Gram foi a melhor para a variável volume, apresentando o menor valor ponderado. Soligo (2009) também obteve resultado satisfatório ao utilizar este modelo para estimar a variável altura total.

TABELA 7: Coeficientes e estatísticas do modelo de Gram, selecionado para a estimativa a área transversal e volume, por sítio com respectivos VP.

TABLE 7: Coefficients and statistics for the Gram model, chosen for cross section and volume estimation by site with their respective VP.

Coeficientes: Área Transversal				R ²	Syx%	VP
Sítio	b ₀	b ₁	b ₂			
I	1,48928	2,025317	-0,0838	0,9963	4,71%	2
II	0,207784	2,599787	-0,12516	0,9995	1,84%	2
III	0,092714	2,428418	-0,12203	0,9982	3,39%	8
Coeficientes: Volume				R ²	S _{yx} %	VP
Sítio	b ₀	b ₁	b ₂			
I	0,499931	2,484535	-0,0983	0,997649	4,27%	2
II	-0,96559	2,824771	-0,09267	0,99977	1,50%	7
III	-1,73439	3,168399	-0,1557	0,998971	3,01%	2

Assim como na seleção do melhor modelo, em que ambas variáveis tiveram o melhor ajuste com o mesmo modelo, o pior ajuste foi igual para ambas utilizando o modelo de Weibull (Tabela 8). Isto também foi observado no trabalho de estimativa de volume sem casca de Canto e Schneider (2004) ao estudar o crescimento de *Grevillea robusta*, onde este modelo, empatado com Chapman-Richards, apresentaram os piores parâmetros estatísticos.

TABELA 8: Coeficientes e estatísticas do modelo de Weibull, ajustado para a estimativa a área transversal e volume, por sítio com respectivos VP.

TABLE 7: Coefficients and statistics for the Weibull model, adjusted for cross section and volume estimation by site with their respective VP.

Coeficientes				R ²	S _{yx} %	VP
Sítio	b ₀	b ₁	b ₂			
I	60215200	6,99E-06	0,0466	0,9594	15,60%	23
II	185234000	5,37E-06	0,0134	0,9298	22,48%	25
III	160914000	4,54E-06	0,0113	0,9465	18,76%	25
Coeficientes				R ²	S _{yx} %	VP
Sítio	b ₀	b ₁	b ₂			
I	445006000	4,05E-06	0,0101	0,9125	26,05%	25
II	364097000	3,3E-06	0,0082	0,8551	37,62%	25
III	295428000	2,67E-06	0,0066	0,8856	31,69%	25

Dentre os demais modelos testados, destaca-se o bom desempenho do modelo de Chapman-Richards, que esteve entre as primeiras colocações juntamente com os três melhores modelos obtidos para estas variáveis. Este mesmo modelo foi utilizado por Machado et al. (1997) para a classificação de sítio para a mesma espécie e região deste trabalho; este modelo também foi satisfatório para as variáveis altura, diâmetro e volume para *Pinus taeda* no Rio Grande do Sul (ELESBÃO, 2008). Tonini et al. (2009) ao estudar o crescimento de *Tectona grandis* utilizaram o modelo de Chapman-Richards, por apresentar as melhores estimativas para altura total média e altura dominante; rejeitaram, por sua vez, o modelo de Prodan que apresentou estimativas e parâmetros estatísticos insatisfatórios.

Seleção por sítio

Como na seleção por variável, fez-se também a análise dos escores para cada sítio, a partir da soma dos valores ponderados das variáveis de cada um. Para o sítio I, o modelo de Prodan foi considerado o melhor com VP igual a 17; o modelo Logístico foi considerado o pior, com VP igual a 84. Para o sítio II, o melhor modelo foi o de Gram com VP igual a 23; o modelo de Prodan Modificado com VP igual a 86 foi considerado o menos acurado. Para o sítio III, o melhor modelo foi o de Hoerl, com VP igual a 21; o pior foi o modelo de Weibull, com VP igual 86.

TABELA 9: Ranking dos modelos a partir dos valores ponderados por sítio.
 TABLE 9: Model ranking obtained through the weighted values of each site.

Colocação	Sítio I	Sítio II	Sítio III
1º	Prodan	Gram	Hoerl
2º	Hoerl	Chapman-Richards	Prodan
3º	Gram	Prodan	Gram
4º	Chapman-Richards	Hoerl	Chapman-Richards
5º	Gompertz	Backman Modificado	Backman Modificado
6º	Backman Modificado	Gompertz	Bertalanffy
7º	Backman	Bertalanffy	Gompertz
8º	Moissev	Moissev	Backman
9º	Bertalanffy	Backman	Moissev
10º	Weibull	Mitscherlich	Mitscherlich
11º	Mitscherlich	Weibull	Logisitico
12º	Prodan Modificado	Logisitico	Prodan Modificado
13º	Logisitico	Prodan Modificado	Weibull

Através deste ranking (Tabela 9) é possível observar que os modelos ocupando as melhores posições são os mesmos modelos observados como os melhores para as variáveis testadas. Isto também foi observado nos modelos nas últimas colocações, que também foram os modelos com os piores ajustes para as variáveis.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que o ajuste destes treze modelos foi suficiente para escolher modelos aptos a descrever com precisão a produção das diferentes variáveis dendrométricas provenientes de diferentes sítios de bracingais da região de Curitiba.

A utilização dos valores ponderados dos escores estatísticos também foi considerada uma metodologia prática e precisa para sintetizar e possibilitar a escolha dos melhores modelos.

Por meio da análise destes escores obtidos a partir dos ajustes das variáveis e por sítio, os modelos indicados para estimar as variáveis em sítios diferentes são Gram, Hoerl, Prodan e Chapman-Richards; e os modelos considerados inadequados para esta estimativa são: Weibull, Prodan Modificado, Mitscherlich e Logístico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUMPCÃO, J. V. L. **Desenvolvimento inicial de *Ficus maxima* Mill. em reflorestamento puro e misto em Cotriguaçu/MT.** 2008. 41f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT.
- BARUSSO, A. P. **Determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco.** Curitiba, 1977. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Não defendida.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. do; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relação hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 60, p. 149-163. 2001.
- CALEGARIO, N.; CALEGARIO C. L. L.; MAESTRI, R.; DANIELS, R. Melhoria da qualidade de ajuste de modelos biométricos florestais pelo emprego da teoria dos modelos não lineares generalizados. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 69, p. 38-50, 2005.
- CANTO, J. L.; SCHNEIDER, P. R. Crescimento da *Grevillea robusta* A. Cunn. na depressão central do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Florestal*, v. 14, n. 2, p. 29-35, 2004.
- CARPANEZZI, A. A.; LAURENT, J. E. **Manual Técnico da Bracatinga (*Mimosa scabrella* BENTH.).** Curitiba: EMBRAPA-CNPF, 1988. 70 p. (Série Documentos, n.20).
- ELESBÃO, L. E. G. **Crescimento e produção de *Pinus taeda* L. na região dos campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul.** 2008. 73f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS.
- ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores.** Comunicações técnicas florestais, Brasília, UFB, Departamento de Engenharia Florestal, v.7, n.1, 2005.

- HESS, A.F. **Inter-relações no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes locais do Rio Grande do Sul.** 2006. 178 p. Tese (Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R.; ANDRADE, C. M. Crescimento em volume de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Serra do Sudeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 17, n. 3, p. 247-256, jul./set. 2007.
- HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em função da idade, em três regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 7-22, jan./mar. 2009.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.
- MACHADO, S. A.; OLIVEIRA, E. B.; CARPANEZZI, A. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S. **Classificação de sítio para bracatingais nativos na região metropolitana de Curitiba.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo. v. 35, p. 21-37. Julho/Dez, 1997.
- MENDONÇA, A. R. de. **Modelagem não linear do crescimento e da produção de plantações florestais.** 2010. 84p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2010.
- SANQUETTA, C. R.; WEBER, S. H.; FORMAGINI, F.; BARBEIRO, L. S.; VIEIRA, G. Equações individuais e determinação de classes de crescimento para *Nectandra grandiflora* Ness. a partir de dados de análise de tronco. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 1, jan.-fev., p. 1-8, 2010.
- SCOLFORO, J.R.S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas.** Lavras: Universidade Federal de Lavras – UFLA/FAEPE. 441 p. 1998.
- SOLIGO, A. J. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* regenerada sob *Pinus elliottii* e em povoamento homogêneo interplantado com *Pinus spp.*** Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2009. 130p.
- SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Relatório de Diagnóstico: Plano da Bacia do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira**, 2007. Disponível em: <http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/arquivos/File/COALIAR/Publicacoes/plano_de_bacias/cap02_03_introducao.pdf> Acesso em: 04 de agosto de 2011.
- TONINI, H. COSTA, M. C. G.; SCHWENGBER, L. A. M. Crescimento da teca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia Setentrional. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.59, p.05-14, jul./dez., 2009.
- TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.F.; SÁ, S.P.P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-roxo (*Tabebuia avellanadae* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazônica**, Manaus/AM, v.35, n. 3, p. 353 – 362, 2005.
- VANCLAY, J.K., **Modeling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests.** CAB International, Wallingford, U.K. 1994.
- VELOSO, R. B., CALEGARIO, N., SILVA, M. S. de O. Seleção de modelo não-linear para crescimento em altura de *Eucalyptus grandis*. In: Fórum de Ensino, Pesquisa, Extensão e Gestão, 5., 2011, Montes Claros. **Anais...** Unimontes (Universidade Estadual de Montes Claros). Montes Claros-MG, 2011.
- WENDLING, J.L.G. **Modelos matemáticos de crescimento e de produção em biomassa para árvores de *Euterpe edulis* Mart. plantadas a céu aberto.** Curitiba: UFPR. 1998. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.

AVALIAÇÃO DO AFILAMENTO E SORTIMENTO DE *Pinus elliottii* Engelm NA REGIÃO CENTRO-SUL DO PARANÁ

EVALUATION OF THE TAPERING AND ASSORTMENT OF *Pinus elliottii* Engelm IN SOUTHERN OF PARANA STATE

Sintia Valerio Kohler¹; Fabiane Aparecida de Souza Retslaff²; Rômulo Môra³; Afonso Figueiredo Filho⁴; Henrique Soares Koehler⁵

RESUMO

A pesquisa objetivou avaliar a evolução do afilamento e do sortimento em plantios de *Pinus elliottii* utilizando 79 árvores amostradas em plantios estabelecidos entre as décadas de 1940-1960 na Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná. As árvores foram submetidas à técnica de análise de tronco completa (ANATRO) que permitiu a reconstituição de todo o crescimento passado. Os dados gerados possibilitaram a obtenção de diâmetros às diferentes alturas e nas várias idades de cada árvore, os quais foram empregados para o ajuste do perfil médio por idade com o polinômio de 5° grau. As árvores foram divididas em toras de 2,40m e a partir do polinômio calculou-se os diâmetros correspondentes a ponta fina das toras. A partir da integral do polinômio foram calculados o volume das toras e em seguida classificou-se o sortimento para as idades. O polinômio de 5° grau foi considerado adequado para estimativas dos diâmetros em todas as idades, estabilizando-se com cerca de 7% de erro médio e um coeficiente de determinação de 0,98, exceto para a idade de 5 anos. De acordo com a evolução da forma, o afilamento diminui com o aumento da idade. A partir dos pares de valores de altura e diâmetro foi estimado um volume médio por árvore de 2,72 m³ aos 40 anos de idade. De acordo com a evolução do sortimento madeira para serraria começou a surgir a partir dos 10 anos e madeira para laminação a partir dos 30 anos de idade. Sendo que aos 40 anos temos 48,3% do volume total destinado para laminação; 40,0% para serraria 2; 8,0% para serraria 1; 3,3% para celulose e 0,5% de resíduos. Os resultados do trabalho indicam que a evolução do afilamento é um importante fator a ser considerado no manejo de plantações florestais, possibilitando determinar, de acordo com a finalidade desejada, quais os melhores momentos para intervir no plantio.

Palavras-chave: Análise de tronco; afilamento; sortimento.

ABSTRACT

The main objective was to evaluate the tapering evolution and the assortment of *Pinus elliottii* plantations using 79 sampled trees in plantations established in 1940-1960 Irati National Forest, State of Paraná. Sampled trees were subjected to complete stem analysis method that allowed the reconstitution of all past growth. The data generated allowed to obtain different tree heights and diameters by age in each tree, which were used to fit the average profile by age using a 5th degree polynomial function. The trees were divided into logs of 2.40 m of length and the polynomial function calculated from the diameters corresponding to the thin edge of the logs. By integration of the adjusted polynomial function it was possible to estimate the volume of logs and then called up the assortment by ages. The 5th degree polynomial function was adequate for estimating the diameters for all ages, stabilizing at about 7% of standard estimate error and an adjusted coefficient of determination of 0.98, except for the age of 5 years. According to the evolution of form, the tapering decreases with increasing age. From the pairs of values of height and diameter was estimated an average volume of 2.72 m³ per tree at 40 years of age. According to the assortment evolution, wood for sawmill began to emerge from 10 years old trees and wood for lamination from 30 years old trees. It was found that for 40 years old trees, 48.3% of the total volume

¹Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Floresta, Universidade Federal do Paraná-UFPR, Rua Gastão Câmara, 628, ap1003, Bigorriho, Curitiba, CEP 80730-300 Paraná. sintiakohler@yahoo.com.br.

²Engenheira Florestal, Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais - UFPR, Av. Lothário Meissner, 3400, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). farestalff@gmail.com.

³Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal-UFPR, Rua São Januário, 223, AP 22, Jardim Botânico, Curitiba, Paraná, romulomef@yahoo.com.br.

⁴Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO - PR - 153 km 7, Bairro Riozinho - Cx. Postal 21, CEP 84500-000 - Irati, Paraná. afonso.figueiredo@pq.cnpq.br.

⁵Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários n° 1540, CEP 80035-050, Curitiba, Paraná, koehler@ufpr.br.

may be used for lamination, 40.0% for sawmill 2, 8.0% for sawmill 1, 3.3% for pulpwood and 0.5% would be considered residuals. The obtained results indicated that the tapering evolution is an important factor to be considered in managing forest plantations, making it possible to determine, according to the desired purpose, what are the best occasion to manage the stands.

Keywords: Stem analysis; taper function; assortment.

INTRODUÇÃO

Os plantios florestais das empresas, juntamente com o fomento florestal, têm se mostrado um mecanismo eficiente na ampliação da base florestal para o abastecimento de matéria-prima em empreendimentos dos segmentos madeireiro, de papel, celulose e energético (ABRAF, 2010).

A madeira de *Pinus*, por sua vez, é largamente utilizada nos florestamentos e reflorestamentos para aproveitamento como fonte energética, produção de celulose, aglomerado, construção civil e madeira serrada, destacando-se o uso dos multiprodutos florestais.

Para condicionar a utilização dos multiprodutos, deve-se ficar atento à forma do fuste para o conhecimento dos volumes e das dimensões dos sortimentos, possibilitando assim o planejamento e verificação da viabilidade econômica do povoamento, visto que, quando um empreendimento fica detentor de apenas um produto, este fica refém das oscilações de mercado (SOUZA, 2007).

Dessa forma, segundo Angelo et al. (1995), a maximização da renda proveniente do uso de florestas comerciais tem sido uma preocupação de muitos investigadores florestais, de modo que a diversificação de produtos é um parâmetro essencial no desenvolvimento florestal, propiciando diferentes usos para o fuste da árvore.

Como os mercados estão cada vez mais exigentes por produtos diversificados e de qualidade (LEITE et al., 2006) e como os produtos florestais não fogem a essa situação, faz-se necessário utilizar técnicas de quantificação e qualificação desses produtos, entre as quais se têm os modelos de afilamento (SOUZA et al., 2008).

Os modelos de afilamento são relações funcionais que permitem descrever o perfil longitudinal de um fuste. São funções consideradas dinâmicas, porque possibilitam a estimativa do diâmetro (*di*) de dada altura (*hi*) e altura a qualquer diâmetro especificado, como também servem para fazer o sortimento e estudar a evolução da forma da árvore ao longo de sua vida (KOZAK et al., 1969).

É um fato claro que equações de afilamento são mais atrativas de uso em manejo florestal do que as equações de razão volumétrica e equações volumétricas múltiplas, por permitirem o sortimento de uma árvore, para diferentes comprimentos de toras, em um mesmo diâmetro comercial ou para um mesmo comprimento de toras com diferentes diâmetros comerciais. Isso implica em conhecer o volume e o número de toras em uma árvore. Essa vantagem foi mencionada ou pode ser observada em alguns trabalhos, por exemplo, Baldwin e Feduccia (1991), Angelo et al. (1995), Schneider et al. (1996), Drescher et al. (1999) e Muhairwe (1999).

Estudos têm sido realizados para descrever, de forma otimizada, a classificação dos fustes segundo sua qualidade, suas dimensões e suas possibilidades de utilização, garantindo, além da classificação física, melhor remuneração da madeira, com a destinação de toras de diversas bitolas ao mercado específico (SOUZA, 2008). Os desperdícios causados pelos atuais processos de transformação têm induzido a pesquisa e o desenvolvimento de modelos estatísticos aplicados ao manejo de florestas que auxiliem na definição de uso dessas madeiras e de transformação em produto final, com o intuito de torná-lo mais rentável (CHICHORRO et al., 2003).

Segundo Conceição (2004), sortimento é o seccionamento da árvore pelas dimensões diâmetro e comprimento. Quanto maior o diâmetro e os comprimentos, maiores as dimensões das peças resultantes, conseqüentemente, maior preço.

Conhecer como o sortimento de um povoamento florestal evolui é uma ferramenta de grande valor para o planejamento da produção florestal por permitir o melhor aproveitamento da madeira, reduzindo o volume de resíduos gerados e aumentando os lucros.

Drescher et al. (1999), trabalhando com dados de *Pinus elliottii* na região da Serra do Sudeste do estado do Rio Grande do Sul, ajustaram 18 modelos para descrever a forma do tronco de *Pinus elliottii* e escolheram o Polinômio de 5º grau para representar a forma e fazer o sortimento.

Souza (2009) trabalhou com dados de povoamentos de *Pinus taeda* L., em Telêmaco Borba, estado do Paraná, com objetivo de verificar tanto o desempenho de modelos de afilamento segmentados e não segmentados quanto às estimativas dos perfis de árvores com 1, 2 e 3 pontos de mudanças de forma nos fustes.

Figueiredo Filho (1991) estudou os efeitos da resinagem no crescimento em diâmetro, altura e volume de 44 árvores de *Pinus elliottii*, onde metade foi resinada. A resinagem não acarretou alterações na forma das árvores, mas acarretou mudanças no sortimento volumétrico das resinadas, onde as mesmas apresentaram menores quantidades de volume total.

Considerando a importância do tema, esta pesquisa objetivou estudar a evolução do afilamento e do sortimento em um plantio de *Pinus elliottii*, no estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

Este trabalho foi realizado com dados de plantios de *Pinus elliottii* estabelecidos na Floresta Nacional de Irati (FLONA de Irati), localizada nos municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, estado do Paraná.

A FLONA de Irati se situa no Segundo Planalto Paranaense, na porção Centro-Sul do estado (SPVS, 1996). Possui área de 3.495 hectares, com mata nativa e uma parte da área (cerca de 1.310 ha) reflorestada com *Araucaria*, *Pinus* e *Eucalyptus*.

Está localizada na zona fisiográfica de Irati, no paralelo 25°27'56" de latitude Sul com interseção com o meridiano 50°37'51" de longitude Oeste e se encontra a 812 metros acima do nível do mar. O clima da região é do tipo Cfb – Subtropical Úmido Mesotérmico, de verões frescos, geadas severas e freqüentes, sem estação seca, a temperatura média anual é de 17°C (SPVS, 1996). A média mensal de precipitação pluviométrica da região é de 193,97 mm, sendo a umidade relativa do ar média de 79,58% (PREFEITURA MUNICIPAL DE IRATI, 2011).

Amostra

A Floresta Nacional de Irati possui vários talhões com plantios dos gêneros *Pinus* e *Araucaria*. Os talhões foram estabelecidos nas décadas de 1940, 1950 e 1960 e a quase totalidade está atualmente com mais de 40 anos de idade (FIGUEIREDO FILHO et al., 2006).

Foram amostradas 79 árvores de *Pinus elliottii*, buscando representar todas as classes de diâmetros e idades existentes nos talhões (Tabela 1). Em cada árvore amostrada foram retirados discos nas alturas absolutas 0,1 e 1,3 m (diâmetro a 1,3 m do solo - DAP) e nas alturas relativas de 15, 25, 35, 45, 55, 65, 85 e 95% da altura total com o objetivo de reconstituir o crescimento passado pela técnica de análise de tronco completa (ANATRO).

TABELA 1: Árvores amostradas distribuídas em classes de DAP e de idade.

TABLE 1: Sampling trees in dbh and age classes.

Classes de DAP (cm)	Classes de Idade (anos)					Total
	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 45	
15 - 19,9	1			2	1	4
20 - 24,9		1		2	7	10
25 - 29,9				2	6	8
30 - 34,9	1			4	5	10
35 - 39,9			1	2	1	4
40 - 44,9		1		2	6	9
45 - 49,9				3	6	9
50 - 54,9				5	4	9
55 - 59,9				2	3	5
60 - 64,9				1	4	5
65 - 69,9					5	5
70 - 74,9					1	1
Total	2	2	1	25	49	79

Os discos coletados ao longo do tronco foram lixados após secagem e em cada um deles foram traçados quatro raios onde os anéis anuais de crescimento foram medidos, obtendo-se os diâmetros (sem casca) de cada idade. A porção final das alturas de cada idade foi estimada com base na semelhança de triângulos.

Para o cálculo das estimativas dos parâmetros dendrométricos das árvores foi utilizado o suplemento Florexel no Microsoft Excel, obtendo-se assim a altura total, o DAP e os diâmetros sem casca em todas as idades.

Determinação dos diâmetros com casca

Os diâmetros ao longo do tronco recuperados pela ANATRO em cada idade possuem valores da casca apenas para a idade em que árvore foi derrubada, sendo que para as demais idades os diâmetros são sem casca. Todavia, o sortimento das árvores deve ser feito com base em diâmetros com casca e dessa forma foi necessário ajustar o modelo abaixo para obtenção da estimativa da casca:

$$d_{cc} = b_0 + b_1 d_{sc} + b_2 I + b_3 d_{sc} I \quad (1)$$

em que: d_{cc} = diâmetro com casca (cm) estimado na altura h_i (m); d_{sc} = diâmetro sem casca (cm) medido na ANATRO na altura h_i (m); h = altura total (m); I = idade (anos); b_0, b_1, b_2 = parâmetro a serem estimados.

Evolução do afilamento das árvores

Para analisar a evolução do afilamento foi ajustado o Polinômio de 5º grau (SCHÖPFER, 1966) para as várias idades.

$$\frac{d_i}{dap} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h} \right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h} \right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h} \right)^3 + b_4 \left(\frac{h_i}{h} \right)^4 + b_5 \left(\frac{h_i}{h} \right)^5 \quad (2)$$

onde: $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ = coeficientes a serem estimados; d_i = diâmetro (cm) com casca na altura h_i (m); $d_{1,3}$ = diâmetro com casca a 1,3 m de altura (DAP); h = altura do total (m).

Avaliação dos modelos

O ajuste e a precisão das estimativas do modelo de afilamento (di/dap), assim como o modelo para estimar o diâmetro com casca foram avaliados pelo coeficiente de determinação ajustado (R^2_{adj}) e pelo erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx}(\%)$), calculadas como segue:

$$R^2 = 1 - \left(\frac{SQ_{resíduos}}{SQ_{total}} \right) \quad (3)$$

$$R^2_{adj} = 1 - \left\{ (1 - R^2) \frac{(n-1)}{(n-p)} \right\} \quad (4)$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{SQ_{res}}{n-p}} \quad (5)$$

$$S_{yx} \% = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} 100 \quad (6)$$

em que: SQ resíduos = Soma dos quadrados dos resíduos; SQ total = Soma de quadrado total; n = número de observações; p = número de coeficientes do modelo; \bar{y} = média dos valores observados.

Evolução do sortimento

O sortimento foi realizado para as idades 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 anos, sendo as classes de sortimentos utilizadas definidas a partir de informações pessoais obtidas junto à STCP ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA e estão de acordo com as exigências das indústrias que operam com matéria prima de plantios florestais na região (Tabela 2).

TABELA 2: Classes de Sortimento.

TABLE 2: Assortment classes.

Destinação	Diâmetro com casca (cm)
Resíduos	< 8
Celulose	≥ 8 < 16
Serraria 1	≥ 16 < 23
Serraria 2	≥ 23 < 35
Laminação	≥ 35

Para a estimativa do volume dos sortimentos foi utilizada a integral da função de afilamento do polinômio de 5º grau, estimando-se assim o volume de cada tora, o qual foi classificado de acordo com a classe de sortimento a que pertencia. As toras foram definidas com um comprimento de 2,4 m a partir do toco (0,1m), estimando-se os diâmetros na extremidade fina de cada tora com a função de afilamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimativas dos diâmetros com casca

Como descrito na metodologia foi ajustado o modelo para estimativa dos diâmetros com casca. Com base na equação ajustada e nas estatísticas apresentadas a seguir, pode-se concluir que a equação se mostrou adequada para a obtenção das estimativas dos diâmetros com casca ao longo das idades.

$$d_{cc} = -1,35957 + 1,211759 d_{sc} + 0,025997 I - 0,00272 d_{sc}I$$

$$R^2_{adj} = 0,9961; S_{yx} = 1,02\text{cm}; S_{yx} = 3,6\%.$$

Evolução do afilamento das árvores

Os resultados do ajuste e exatidão do polinômio de 5º grau ajustado para as várias idades consideradas estão na Tabela 3. O erro padrão de estimativa diminuiu e o coeficiente de determinação aumentou com o avanço da idade, mostrando que a forma das árvores do povoamento tornaram-se mais homogêneas com o tempo.

TABELA 3: Coeficientes e estatísticas para os polinômios de 5º grau ajustados.

TABLE 3: Coefficients and statistics for the fifth degree equation fitted.

Idade	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	R ² _{adj}	S _{yx} %
5	1,45127	-3,47841	8,41640	-13,84594	9,87439	-2,41587	0,9207	12,93
10	1,18022	-2,71209	10,65740	-21,88882	17,89138	-5,12920	0,9816	9,17
15	1,17652	-3,28106	15,29671	-33,51076	30,16575	-9,85071	0,9846	8,12
20	1,15816	-3,01224	13,45332	-28,64170	25,10365	-8,06666	0,9852	7,76
25	1,15077	-2,96318	12,63981	-25,93327	22,13612	-7,03279	0,9864	7,45
30	1,14387	-2,90141	12,11567	-24,80302	21,59658	-7,15565	0,9871	7,22
35	1,14150	-2,91604	12,20222	-25,30289	22,72018	-7,84679	0,9866	7,43
40	1,13722	-2,90076	12,18387	-25,47595	23,29408	-8,24510	0,9876	7,35

O polinômio de 5º grau se ajustou adequadamente para todas as idades estudadas, melhorando com o avanço da idade e estabilizando-se em cerca de 7% de erro médio para estimar os diâmetros ao longo do tronco. Com exceção da idade de cinco anos, o coeficiente de determinação praticamente não oscilou, permanecendo estável com um valor de cerca de 0,98, o que indica um excelente ajuste.

Drescher et al. (1999) encontraram valores de R² e S_{yx}, respectivamente, de 0,98 e 6,50% e concluindo que a função polinomial de 5º grau foi eficiente para estimativa dos diâmetros relativos ao longo do tronco e que a sua integração possibilitou boas estimativas volumétricas.

Souza (2009) verificou em estudos para avaliar o afilamento de *Pinus taeda* que o Polinômio do 5º grau teve um bom desempenho. O autor utilizou o quociente de forma obtido a 50% (K_{0,5h}) e 70% (K_{0,7h}) da altura total para estratificar os dados, obtendo assim melhores resultados, quando comparados ao ajuste sem estratificação.

Na Figura 1 pode-se observar a evolução da forma geométrica das árvores dos plantios. Observa-se que a forma melhorou com o avanço da idade. Inicialmente as árvores são mais afiladas, tornando-se mais cilíndricas com o passar do tempo, como é esperado do ponto de vista dendrométrico.

Evolução do sortimento

Todas as árvores foram divididas em toras de 2,4 m, considerando um toco de 0,1 m de altura. Com essa divisão foi possível obter as alturas (h_i) na ponta fina de cada tora, ou seja: 2,5, 4,9, 7,4, até a altura total e em seguida os seus diâmetros correspondentes com o Polinômio de 5º grau ajustado para cada idade.

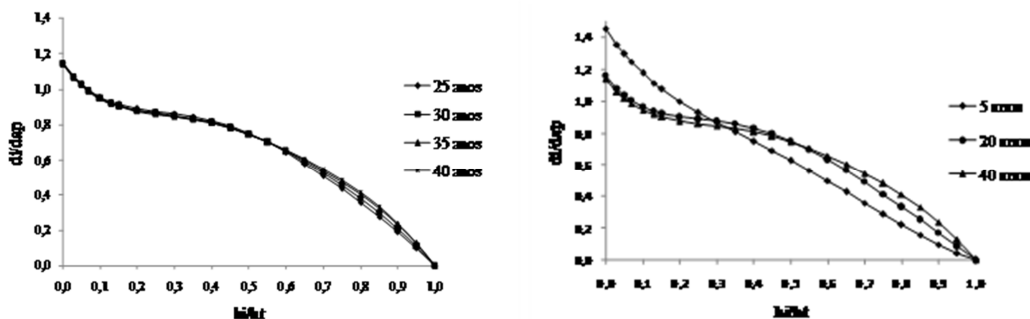


FIGURA 1: Evolução do afilamento médio para os troncos das árvores de *Pinus elliottii*.

FIGURE 1: Mean taper evolution for *Pinus elliottii* stem trees.

Com os pares de valores de alturas (h_i) e respectivos diâmetros (d_i) foi possível estimar o volume de cada tora com a integral do Polinômio de 5º grau. Na divisão do sortimento foi utilizada uma média dos diâmetros em cada altura, correspondentes aos diâmetros da ponta fina das toras, e também a média

do volume das toras. As toras foram classificadas para os sortimentos de acordo com os diâmetros da ponta fina das mesmas, o volume encontrado para os sortimentos estão apresentados na Figura 2.

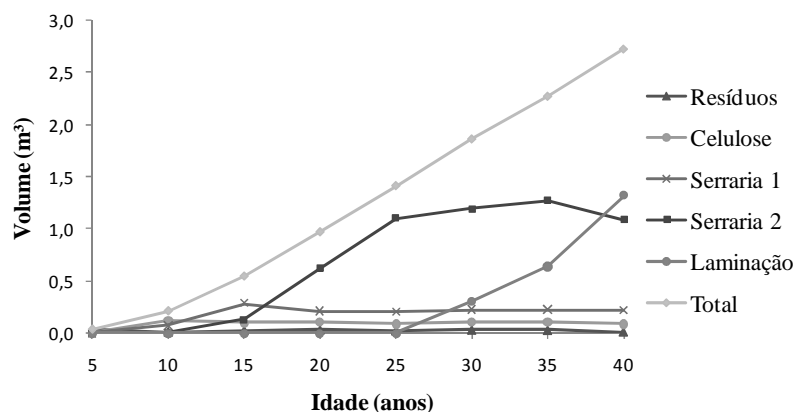


FIGURA 2: Evolução do sortimento em volume médio dos plantios de *Pinus elliottii*.

FIGURE 2: Evolution of the mean volume assortment for *Pinus elliottii* plantations.

Souza (2009) verificou na tabela de sortimentos que à medida que os fustes das árvores de *Pinus taeda* aumentaram em suas dimensões, passaram a apresentar a possibilidade de retirada de mais produtos e consequentemente maior aproveitamento, com pequeno valor residual.

O povoamento estudado na presente pesquisa possui aos 40 anos de idade, em média, 16 toras e um volume de 2,72 m³ por árvore. O volume destinado à *celulose* não se altera muito com o passar do tempo, sendo que aos 10 anos possui sua maior representatividade com 0,1241 m³, que representa 59,4% do volume total. Madeira para *serraria tipo 1* começa a aparecer aos 10 anos e tem sua maior expressão aos 15 anos, com 52,2% do volume total. A partir desta idade seu volume diminui devido ao surgimento de toras adequadas para utilização como *serraria tipo 2*, com diâmetros maiores, que chega a representar 77,6% do volume total aos 25 anos.

Toras para *laminação* (diâmetros maiores que 35 cm com casca na ponta fina das toras) são encontradas aos 30 anos nos plantios estudados, e aos 40 anos possuem um volume total médio de 1,3168 m³ por árvore. Como mostra a Figura 3, aos 40 anos 48,3% desse volume poderia ser destinado para *laminação*; 40,0% para *serraria tipo 2*; 8,0% para *serraria tipo 1*; 3,3% para *celulose* e 0,5% de *resíduos*. Deve ser ressaltado que em muitos casos, laminam-se toras com diâmetros de topo a partir de 20 ou 25 cm e neste caso, pode-se considerar a existência de volumes lamináveis já a partir dos 10-15 anos de idade. A este respeito, o volume para *serraria tipo 2* se enquadra nessa categoria, ou seja, poderia também ser destinados para a *laminação*, tendo-se portanto, aos 40 anos, um volume passível de ser laminado da ordem de 88,3%.

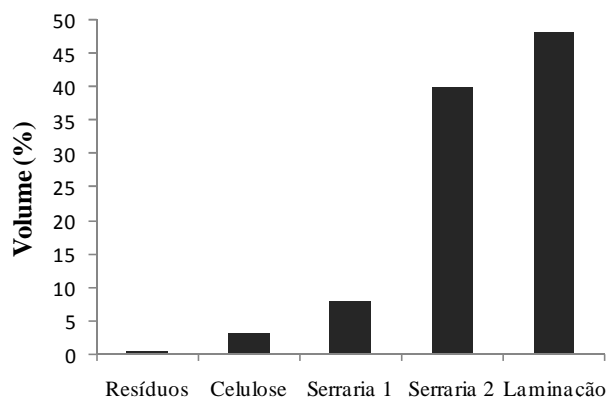


FIGURA 3: Sortimentos do volume aos 40 anos para os plantios de *Pinus elliottii* estudados.

FIGURE 3: Volumes' assortment for 40 years-old *Pinus elliottii* plantations evaluated.

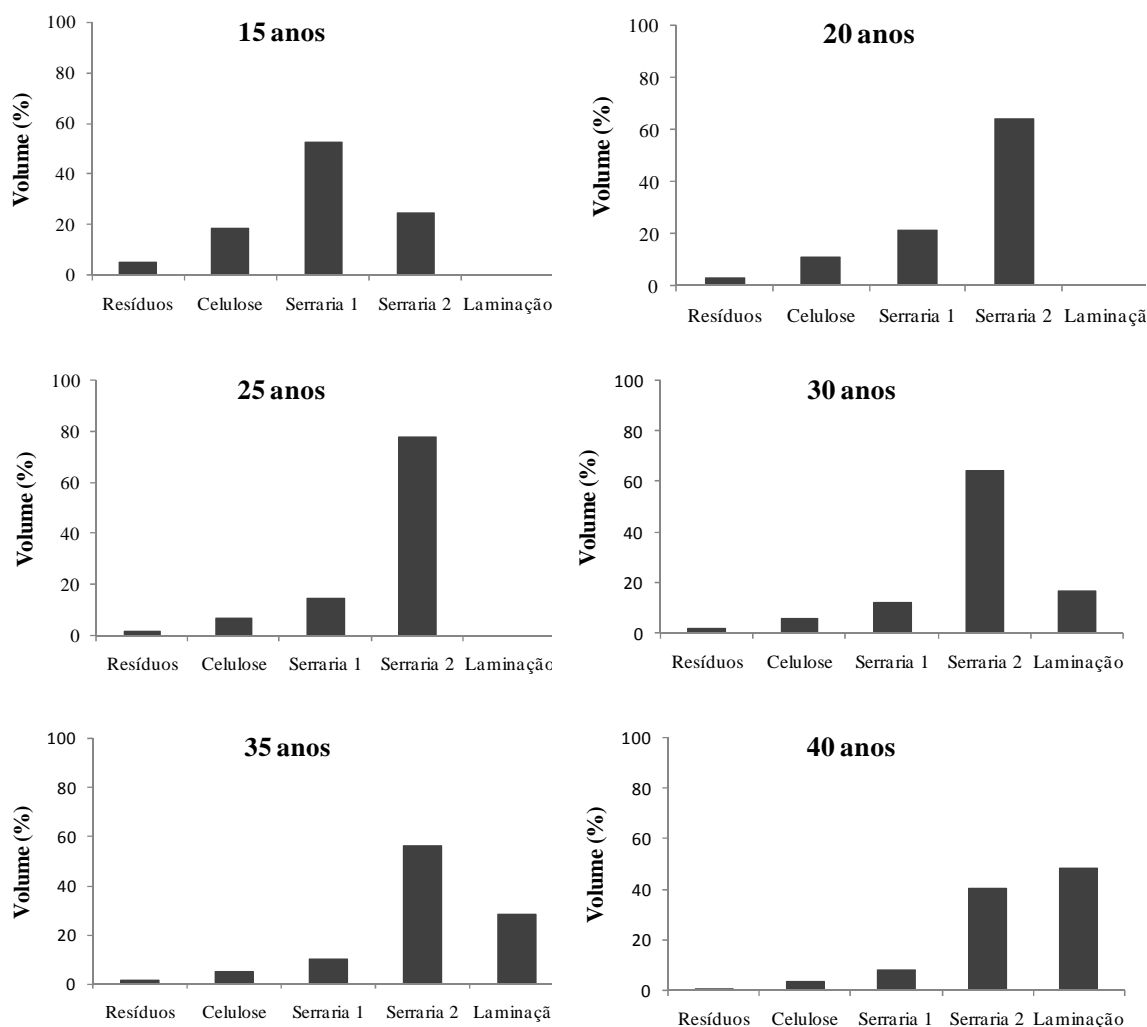


FIGURA 4: Percentual do sortimento para algumas idades.
 FIGURE 4: Percentage of assortment for some ages.

Os resultados do trabalho indicam que a evolução do afilamento pode ser um importante fator a ser considerado no manejo de plantações florestais. Analisando a Figura 4 é possível determinar, de acordo com a finalidade desejada, quais os melhores momentos para se intervir no plantio, seja com desbastes e principalmente quanto ao corte final. Isto pode ser constatado nas mudanças bruscas que o plantio mostra quanto ao afilamento/sortimento. Observa-se que o volume de madeira para *serraria tipo 2* aumenta 4,7 vezes em um período de cinco anos (de 15 para 20 anos) e o volume para *laminação* aos 30 anos representa apenas 16% do total, tendo um aumento de quase 2 vezes na sua quantidade a cada cinco anos, representado 48% do volume total aos 40 anos. Por outro lado o volume para *celulose* e *serraria tipo 1* decresce com o tempo. Os resultados indicam, finalmente, que a definição de uma data inoportuna para a realização do desbaste ou do corte final pode ter uma consequência importante do ponto de vista econômico.

Essa mesma mudança quanto ao uso da matéria prima foi observada por Figueiredo Filho (1991), onde o volume destinado à laminação passou de 6% aos 15 anos, para 48% do volume total aos 23 anos para árvores de *Pinus elliottii*.

CONCLUSÕES

- O Polinômio de 5º grau se mostrou adequado para avaliar a evolução do afilamento e do sortimento dos troncos das árvores.
- O tronco das árvores ficaram mais cilíndricos com o avanço da idade, como esperado do ponto de vista dendrométrico.
- A partir dos 20 anos de idade, a forma dos troncos se torna bastante estável, alterando-se muito pouco em relação a sua forma.
- O volume total médio por árvore atingiu 2,72 m³, aos 40 anos de idade.

- O povoamento gerou a partir da idade 15 anos volumes que poderiam ser destinados para laminação (*Serraria tipo 2*), com percentual de 24,3%, mas aos 20 este percentual subiu para 64% e aos 30 anos atingiu 80,6% (*Serraria tipo 2 + Laminação*) do volume total produzido.
- Na definição do regime de manejo, a evolução do sortimento é um importante componente a ser analisado. Ao não ser levado em consideração, pode-se ter resultados econômicos consideravelmente diferenciados tendo em vista que o sortimento altera-se drasticamente em períodos bastante curtos (cinco anos, por exemplo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF - Associação Brasileira de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF: Ano base 2009**. Brasília: ABRAF, 2010, 140 p.
- ANGELO, H.; CASTRO, L.H.R.; HOSOKAWA, R.T.; KIRCHNER, F.F. Análise de componentes principais e funções spline para definir a forma do tronco de *Pinus tropicalis*. **Floresta**, Curitiba, v.25, n.12, p. 55-67, 1995.
- BALDWIN JR, V. C.; FEDUCCIA, D. P. Compatible Tree-volume and upper-stem diameter equations for plantation Loblolly Pines in the West Gulf region. South. **Journal Applied Forestry**, v. 15, n. 2, p. 92-97, 1991.
- CHICHORRO, J.F.; RESENDE, J.L.P.; LEITE, H.G. Equações de volume e de *taper* para quantificar multiprodutos da madeira em floresta atlântica. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.799-809, 2003
- CONCEIÇÃO, M da. B. **Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* HILL. EX – MAIDEN**. Paraná: UFPR, 2004. 144p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- DRESCHER, R, SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A.G. Sortimentos de *Pinus elliottii* Engelm para a região da serra do sudeste do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Ciência Florestal**, v.9, n.2, p.55-73. 1999.
- FIGUEIREDO FILHO, A. **Influência da resinagem no crescimento de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* e sua avaliação econômica**. 1991. 138 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – UFPR, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, 1991.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; WATZLAWICK, L. F. **Inventário das florestas plantadas na Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná**. Curitiba: UFPR, 2006.
- IRATI. Prefeitura Municipal de Irati. Disponível em: < (<http://www.irati.pr.gov.br>) >- Acesso em 12 de Set de 2011.
- KOZAK, A. et al. Taper functions and their application in Forest inventory. **Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.
- LEITE, H. G., GAMA., J. R. V.; CRUZ, J. P.; SOUZA, A. L. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (ROLL.) WARB. **Árvore**, v.30, n.1, p.99-106, 2006.
- MUHAIWE, C.K. Taper equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for the north coast in New South Wales, Australia. **Forest Ecology and Management**, v.113, p.251-269, 1999.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G., KLEIN, J. E. M.; TOTTI, J.A.; BAZZO, J. L. Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* Maiden para o estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.79-88, 1996.
- SCHOEPFER, W. **Automatisierung des massen, sorten und wertberechnung stenender waldbestände schriftenreihe Bad. [S.I]: Wurt-Forstl.**, 1966.
- SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Manual para recuperação da reserva florestal legal**. Curitiba: FNMA, 1996. 84 p.
- SOUZA, C. A. M. de. **Avaliação de modelos de *taper* não segmentados e segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp.** 2007.112f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2007.
- SOUZA, C. A. M. de; CHASSOT, T.; FINGER C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D. Modelos de afilamento para o sortimento do fuste de *Pinus taeda* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2506-2511, dez, 2008.
- SOUZA, C. A. M. **Modelos de afilamento para *Pinus taeda* L. ajustados segundo a forma do tronco**

e métodos de estratificação. 2009. 120f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SOUZA, C. A. M.; SILVA, G. F. da; XAVIER, A. C.; CHICHORRO, J. F.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L. de. Avaliação de modelos de afileamento segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp. **Árvore**, v.32, n.3, p.453-463, 2008.

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS: ESTUDO DE CASO EM REMANESCENTES DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS: A CASE STUDY IN TROPICAL RAIN FOREST REMAINED

Sonia Maria Kurchaidt¹; Vitor Hugo Zanette²; Luciano Farinha Watzlawik³; Henrique Soares Koehler⁴

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo agrupar por meio de técnicas de análise multivariada os dados coletados em uma área florestal na Mata Atlântica nos municípios de Apiúna e Presidente Nereu, no estado de Santa Catarina. Foram utilizadas 73 espécies arbóreas, nas quais foram determinados a densidade, o diâmetro a altura do peito, altura comercial, altura total, volume do fuste, biomassa do fuste com casca, folhas, miscelânea e galhos de cada uma das espécies. Por meio dos métodos estatísticos multivariados, procedeu-se a extração dos componentes principais a qual proporcionou uma redução no número de variáveis originais e pode-se afirmar que as variáveis, densidade e diâmetro a altura do peito (dap), são os componentes que explicam 70,41% da variabilidade total. A variável de maior influência é a densidade tendo em vista que explicou 51,9% da variabilidade, seguida pelo dap com 10,33%. Os componentes, folhas, miscelânea e galhos apresentam baixa explicação, portanto não foram incluídos.

Palavras-chaves: análise multivariada; densidade; dap; cluster

ABSTRACT

This study aimed to group by means of multivariate analysis the data collected in a forest area in the Atlantic Forest in the municipalities of Apiúna and Presidente Nereu, the state of Santa Catarina. 73 tree species were used, which were determined in the density, diameter at breast height, commercial height, total height, stem volume, biomass of trees, with bark, leaves, branches and miscellaneous of each species. By means of multivariate statistical methods, we proceeded to extract the main components which allowed for a reduction in the number of original variables and can say that the variables, density and diameter at breast height (dbh) are the components that explain 70.41% of total variability. The most influential variable is the density given that explained 51.9% of the variability, followed by 10.33% to dap. The components, leaves, branches and miscellaneous have low explanation therefore were not included.

Keywords: multivariate analysis; density; dap; cluster

INTRODUÇÃO

Os métodos estatísticos, para analisar variáveis, estão dispostos em dois grupos: um trata da estatística que olha as variáveis de maneira isolada – a estatística univariada, e outro que trata as variáveis de forma conjunta – a estatística multivariada (VICINI, 2005).

A análise estatística de mensurações múltiplas efetuadas sobre uma amostra fornece um melhor entendimento na razão direta do número de variáveis utilizadas e permite considerar simultaneamente a variabilidade existente nas diversas propriedades medidas.

Pode-se afirmar que a análise multivariada é a área da análise estatística que se preocupa com as relações entre variáveis dependentes e que tal análise apresenta duas características principais: os valores das diferentes variáveis devem ser obtidos sobre os mesmos indivíduos e que as mesmas devem ser interdependentes e consideradas simultaneamente (KENDAL, 1969).

Como salientado por DAVIS (1986), os métodos multivariados são poderosos, permitindo o pesquisador analisar diversas variáveis simultaneamente. São, porém, bastante complexos, tanto na sua

¹ Matemática, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Rua Saldanha Marinho, 2169, Centro, CEP 85010-290, Guarapuava (PR), sonia@unicentro.br

² Matemático, Mestre, Professor Assistente do Departamento de Matemática, Setor de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, CEP 85040-080, Guarapuava (PR), zanette@unicentro.br

³ Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, CEP 85040-080, Guarapuava (PR), farinha@unicentro.br

⁴ Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Paraná, UFPR, CEP 80035-050, koehler@ufpr.br

estrutura teórica como na metodologia operacional. Em alguns casos os testes estatísticos a serem utilizados exigem requisitos muito rígidos e em outros, muitas vezes quando quer relacioná-los com problemas reais, não apresentam base estatística teórica e desse modo impossibilitam testes de significância.

As principais questões a serem enfrentadas por esse tipo de análise são as seguintes, segundo PISANI (1969):

- problemas de dependência, quando são utilizados, por exemplo, análise de regressão múltipla e correlação canônica;
- problemas de inferência, quando são utilizadas extensões multivariadas de métodos estatísticos univariados, como o teste T de Hotelling ou a análise generalizada de variância;
- problemas de redução e escala, quando são utilizada análise das componentes principais, análise dos fatores, distância generalizada "D" de Mahalanobis;
- problemas de discriminação e classificação, quando são utilizadas funções discriminantes e as diversas técnicas de análise de agrupamentos.

A utilidade dos métodos multivariados pode ser apresentada em termos geométricos. Assim, observações univariadas podem ser assinaladas sobre uma linha reta e se essa linha for dividida em intervalos de classes e contando o número de observações em cada intervalo, um histograma poderá ser construído. Esse histograma irá requerer duas dimensões para a sua representação. Observações bivariadas podem ser assinaladas em um sistema de dispersão em duas dimensões. Se o diagrama for dividido em celas, o número de observações em cada cela pode ser contado e o respectivo histograma construído. Esse histograma requer três dimensões e pode ser representado por um mapa de isovalores. Observações trivariadas podem ser assinaladas em um gráfico de dispersão a três dimensões e a configuração nos pontos no espaço definirá uma elipsóide. Se o espaço tri-dimensional for dividido em cubos os números de observações dentro de cada figura geométrica poderão ser contados e obtidas as distribuições de frequências. Em observações com quatro ou mais variáveis não é possível a representação gráfica segundo os métodos comuns (LANDIM, 2006)

Utilizando, assim, a interpretação geométrica em três dimensões para observações trivariadas, os seguintes exemplos de procedimentos em estatística multidimensional podem ser apresentados:

- na regressão múltipla calcula-se um plano para uma regressão linear, ou superfícies curvas para regressões de ordem maior, que são ajustados às observações a fim de minimizar a soma das distâncias ao quadrado dos pontos no espaço medidos perpendicularmente em relação a essas superfícies;
- na análise de variância generalizada é verificado se dois ou mais elipsóides tem o mesmo centro;
- na análise discriminante localizam-se os centros dos elipsóides e calcula-se a distância entre pares de centros de elipsóides;
- na análise fatorial é verificado se as observações multivariadas ocupam um número de dimensões igual ao número de variáveis medidas inicialmente ou se podem estar contidas em um número menor de dimensões; para tanto os eixos do elipsóide podem ser rotados de tal modo a colocar o centro do elipsóide coincidente com o centro do sistema de coordenadas (LANDIN, 2006).

Análise de Agrupamentos ou Análise de Cluster

A análise de agrupamentos engloba uma variedade de técnicas e algoritmos sendo que o objetivo é encontrar e separar objetos em grupos similares. Essa técnica estuda um conjunto de relações interdependentes, e não faz distinção entre variáveis dependentes e independentes, ou seja, variável tipo causa e efeito, como na regressão (VICINI, 2005).

Conforme EVERITT (1974 apud BUSSAB, 1990), a análise de agrupamentos tem a finalidade de reunir os objetos (indivíduos) verificados nos grupos em que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, objetivando propor classificações. Vários são os tipos de técnicas de agrupamento encontradas na literatura (MARDIA et al., 1979), dos quais o pesquisador tem de decidir qual o mais adequado ao seu propósito, uma vez que as diferentes técnicas podem levar a diferentes soluções.

As técnicas de agrupamentos podem ser classificadas em hierárquicas e não-hierárquicas (CORMACK, 1971). A técnica hierárquica consiste em uma série de sucessivos agrupamentos ou sucessivas divisões de elementos, em que os elementos são agregados ou desagregados. A técnica não-hierárquica foi desenvolvida para agrupar elementos em K grupos, em que K é a quantidade de grupos definida previamente.

As técnicas hierárquicas são as mais amplamente difundidas (SIEGMUND et al., 2001) e envolvem basicamente duas etapas. A primeira se refere à estimação de uma medida de similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos e a segunda, à adoção de uma técnica de formação de grupos (SANTANA e MALINOVSKI, 2002).

Um grande número de medidas de similaridade ou de dissimilaridade tem sido proposto e utilizado em análise de agrupamentos, sendo a escolha entre elas baseada na preferência e, ou, na conveniência do pesquisador (BUSSAB et al., 1990). Com a definição da medida de dissimilaridade a ser

utilizada, a etapa seguinte é a adoção de uma técnica de agrupamento para formação dos grupos. Para realização dessa tarefa, existe um grande número de métodos disponíveis, dos quais o pesquisador tem de decidir qual o mais adequado ao seu propósito, uma vez que as diferentes técnicas podem levar a diferentes soluções (SOUZA et al., 1997). As técnicas de análise de agrupamentos exigem de seus usuários a tomada de uma série de decisões independentes, que requerem o conhecimento das propriedades dos diversos algoritmos à disposição e que podem representar diferentes agrupamentos. Além disso, o resultado dos agrupamentos pode ser influenciado pela escolha da medida de dissimilaridade, bem como pela definição do número de grupos (DUARTE et al., 1999).

Dendograma ou Fenograma

Também chamado de gráfico em árvore, este, representa uma síntese gráfica do trabalho desenvolvido, sintetizando a informação, ocasionando uma pequena perda da mesma, pelo fato de ser uma síntese. Apesar disto o gráfico é de grande utilidade para a classificação, comparação e discussão de agrupamentos.

Como o objetivo da análise de agrupamentos é reunir objetos semelhantes, torna-se necessário alguma medida para avaliar o quão semelhantes, ou diferentes, são os objetos. Geralmente, costuma-se avaliar a semelhança em termos de distância entre pares de objetos, os objetos que possuem a menor distância entre si são mais semelhantes, um do outro, esta distância é fornecida pela distância euclidiana. (REGAZZI, 2001).

Análise de Componentes Principais

O esquema da análise de componentes principais é um método de redução do número de caracteres que permite representações geométricas dos indivíduos e dos caracteres. Essa redução só é possível se os p caracteres iniciais não são independentes e têm coeficientes de correlação não-nulos. A melhor representação dos dados por meio de q caracteres somente ($q < p$) se obtém então tomando as q primeiras componentes principais.

A análise de componentes principais é um método fatorial, pois a redução do número dos caracteres não se faz por uma simples seleção de alguns deles, mas pela construção de novos caracteres sintéticos obtidos pela combinação dos caracteres iniciais por meio dos “fatores”. É um método linear, pois se trata de combinações lineares (LIRIO, 2004)

Um dos usos essenciais das componentes principais ocorre quando as variáveis originais são oriundas de processos em que podem ser observadas diversas características ao mesmo tempo. O objetivo desta análise é verificar se os primeiros componentes são responsáveis pela maior parte da variação nos dados originais. Se o são, então se argumenta que a dimensionalidade eficiente do problema é menor do que p . Neste caso, espera-se que as primeiras componentes sejam intuitivamente significativas, podendo-se trabalhar com as p -primeiras componentes, sendo possível operar com um número menor de variáveis (PONTES, 2005).

A idéia central é a redução do conjunto de dados a ser analisado, principalmente quando os dados são constituídos de um grande número de variáveis inter-relacionadas. Esta redução é feita transformando-se o conjunto de variáveis originais em um novo conjunto de variáveis que mantém, ao máximo, a variabilidade do conjunto. As novas variáveis, denominadas de Componentes Principais (CP), são independentes e não-correlacionadas, o que favorece a análise, principalmente quando vários fatores estão envolvidos, como é o caso do controle estatístico de processos.

A definição do número de componentes a serem utilizadas é feita por meio de dois critérios. O primeiro, denominado de método gráfico, representa graficamente a porcentagem de variação explicada pela componente nas ordenadas e, os autovalores em ordem decrescente nas abscissas. Este critério, que considera as componentes anteriores ao ponto de inflexão da curva, foi sugerido por CATTEL (1966) e exemplificado por PLA (1986), que considera quatro situações distintas.

O segundo critério de seleção consiste em incluir somente aquelas componentes cujos valores próprios sejam superiores a 1. Este critério é sugerido por KAISER (1960) *apud* MARDIA (1979). Ele tende a incluir poucas componentes quando o número de variáveis originais é inferior a vinte e, em geral, utilizam-se aqueles componentes que conseguem sintetizar uma variância acumulada em torno de 70%.

As componentes principais são utilizadas na busca de causas especiais responsáveis pela perda de controle do processo, por meio dos coeficientes de correlação entre os componentes e as variáveis originais. Quando uma mudança ocorre em uma componente principal, geralmente não se conhece qual a variável está afetando a combinação linear, mas deve-se recorrer ao cálculo de correlação entre a componente e as variáveis, para determinar qual a variável de maior influência, determinando, desta maneira, a variável que possivelmente estará afetando a componente. Além do uso na redução da dimensionalidade, a técnica de ACP pode ser utilizada como apoio à busca das causas que atuam no sistema responsável pela falta de controle no processo, servindo-se do estudo dos coeficientes de correlação entre as componentes e as variáveis originais.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados utilizados neste estudo foram coletados em áreas florestais localizadas nos municípios de Apiúna e Presidente Nereu, no estado de Santa Catarina, compostos pelo baixo, médio e alto vale do Rio Itajaí, compreendendo uma área total de 3799,2 ha. A unidade de amostra utilizada foi de forma retangular, com 30 metros de largura por 90 metros de comprimento, perfazendo uma área de 2700 m². Todas as árvores pertencentes à amostra e que possuam circunferência a 1,30m de altura do solo maiores do que 30 cm foram identificadas e medidas. Nas parcelas, além da identificação das espécies foram, obtidos dados referentes à densidade, altura comercial, altura total, diâmetro à altura do peito – DAP, volume do fuste, biomassa fuste com casca, folhas, miscelânea e galhos. Foram encontradas na área inventariada 73 espécies arbóreas.

Foi realizada a análise de componentes principais e a análise de agrupamentos (Cluster), pelo método Wards utilizando a distância euclidiana, como medida de similaridade entre as espécies, para tanto os dados foram normalizados, e contou-se com o auxílio do Programa Estatístico SPSS 11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra a média e o desvio padrão das espécies arbóreas para cada uma das características levantadas.

TABELA 1: Média e Desvio padrão das espécies
TABLE 1: Mean and standard deviation of species

Características	Média	Desvio padrão
densidade	0,5290	0,1282
dap	20,3006	5,0190
altura comercial	7,3331	2,2989
altura total	13,7693	2,4705
volume do fuste	0,2356	0,1366
biomassa do fuste c/c	115,3742	70,3411
folhas	9,8719	7,1553
miscelânea	11,1556	18,8324
galhos	93,4957	69,5201

Observou-se uma grande variação entre as médias dos dados analisados, e devido a isso não houve possibilidade de se afirmar qual variável predomina sobre as demais, e para tanto houve necessidade de se fazer uma Análise de Componentes Principais, para identificar quais variáveis se destacam. A definição do número de componentes é feita levando-se em consideração os autovalores e a sua % da variação. Segundo MARDIA (1979), um dos critérios para definir os componentes, consiste em incluir somente aquelas componentes cujos valores próprios sejam superiores a 1. Esse método tende a incluir poucas componentes e no presente só foram incluídos, densidade e diâmetro a altura do peito, que possuem 51,9% e 18,52% da variância total, ou seja, juntos explicam 70,42% das variações. Os demais componentes não atendem ao critério. A tabela 2 apresenta os resultados dos autovalores, bem como a porcentagem de variância explicada por cada componente e também a variância acumulada pelos mesmos.

TABELA 2: Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente
TABLE 2: Eigenvalues and percentages of explained variance of each component

Componentes	Autovalores	% variância explicada	Autovalores acumulados
densidade	4,670	51,90	51,90
dap	1,667	18,52	70,42
altura comercial	0,930	10,33	80,75
altura total	0,822	9,13	89,88
volume do fuste	0,440	4,89	94,77
biomassa fuste c/c	0,233	2,59	97,36
folhas	0,116	1,29	98,65
miscelânea	0,087	0,966	99,61
galhos	0,035	0,39	100

Na Figura 1 encontra-se o Dendograma, obtido da matriz de dados brutos, pela Análise de Agrupamentos (Cluster), utilizando a Distância Euclidiana, como medida de similaridade entre as

espécies. No eixo vertical encontra-se a distância euclidiana reescalada de 0 a 25 e no eixo horizontal, as espécies, que vão gerando os grupos.

A definição dos grupos foi feita pelo traçado da Linha de Fenon, que interceptou dois ramos das ligações, classificando o conjunto de 73 espécies em dois grupos distintos (clusters) os quais possuem as variáveis de maior relevância no conjunto de variáveis pesquisadas.

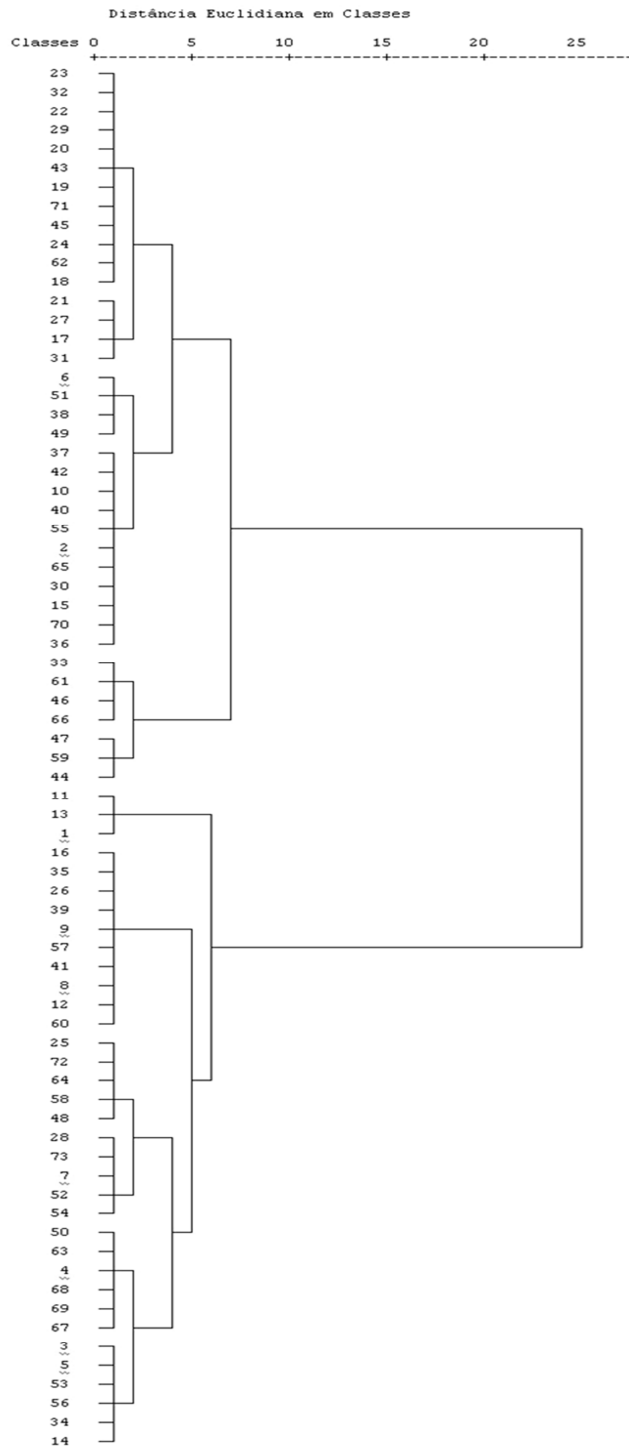


FIGURA 1: Dendrograma pelo método de ward
FIGURE 1: Dendogram though method of ward

No entanto CATTEL apud PLA (1986) recomenda representar graficamente a porcentagem de variação explicada pelas componentes na ordenadas e os autovalores em ordem decrescente nas abscissas, quando a porcentagem diminui e a curva passa a ser paralela ao eixo das abscissas, excluem-se as componentes que restam, pois possuem pouca informação

A Figura 2 mostra a seleção dos componentes principais por meio do gráfico Scree Plot, como se pode observar há uma estabilização do gráfico após a segunda componente, sendo assim foram considerados os dois primeiros componentes, ou seja, os demais apresentam baixa explicação.

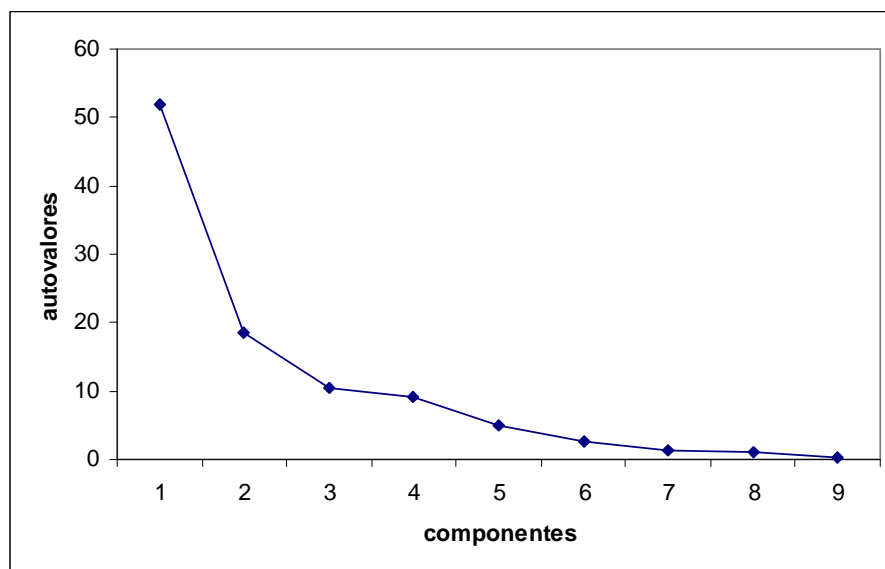


FIGURA 2:Explicação da proporção de variação de cada componente principal.

FIGURE 1:Explanation of variation in the proportion of each major component

A seguir foram consideradas as variáveis densidade e diâmetro a altura do peito - dap, e com estes dados foi realizada a análise de variância.

O teste F deve ser usado apenas para fins descritivos, pois os agrupamentos foram escolhidos para maximizar as diferenças entre os casos em grupos diferentes. Os níveis de significância mostram que existe diferença significativa entre as espécies.

TABELA 3:Análise de variância

TABLE 3:Analysis of variance

Fonte de Variação	Quadrado Médio	Quadrado Médio do Erro	F
densidade	17,633	0,766	23,03*
Dap	43,775	0,398	110,12*

As ferramentas estatísticas, em nível de análise exploratória de dados sempre se mostram importantes na tomada de decisões. Por meio dos métodos estatísticos multivariados, procedeu-se a extração dos componentes principais a qual proporcionou uma redução no número de variáveis originais e pode-se afirmar que as variáveis, densidade e diâmetro a altura do peito (dap), são os componentes que explicam 70,41% da variabilidade total. A variável de maior influência é a densidade tendo em vista que explicou 51,9% da variabilidade, seguida pelo dap com 10,33%. Os componentes, folhas, miscelânea e galhos apresentam baixa explicação, portanto não foram incluídos.

A análise de variância serviu para confirmar os resultados obtidos nas técnicas multivariadas, ou seja, mostrou que existe diferença significativa a 1% de probabilidade entre os componentes analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSSAB, W. O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. Introdução à análise de agrupamentos: In: Simpósio Brasileiro de probabilidade e Estatística, 9, São Paulo. Resumos.1990.

CATTEL, R. B. The scree test for the number of factors. In: Multivariate behavior research. v.1, p.245-276.1996.

CORMACK, R. A review of classification journal of the Royal Statistical Society Series A, v.134, p.321-367. 1971.

DAVIS, J.C. *Statistics and Data Analysis in Geology*, 2nd ed, 646p. 1986.

DUARTE, M. C.; SANTOS, J. B.; MELLO, L. C. Comparacion of similarity coefficients based on RAPD marks in the common bean. *Genetics and Molecular Biology*, v.22, n.3, p.427-432. 1999.

- EVERITT, B. Cluster analysis, London: Heinemann Educational Books, 136p. 1974.
- KENDAL, M. G. Discrimination and classification: In: Krishnaian(Ed), Pro. Int. Symp. On Multivariate Analysis, New York, Academic Press, p.165-185. 1969.
- LANDIN, P. M. B. Análise estatística espacial de dados geológicos multivariados. DGE, IGCE, UNESP/ Rio Claro. Texto didático 15, 158p. Disponível em HTTP: [rc.unesp.br/igce/aplicada/ texto didático](http://rc.unesp.br/igce/aplicada/texto%20didatico), acesso em 30/01011. 2006.
- LIRIO, G. S. W. **Métodos Multivariados: Uma metodologia para avaliar a satisfação dos clients da RBS-TV na região noroeste do RS.** Dissertação de Mestrado – UFSM. 2004.
- MARDIA, K. V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. **Multivariate analysis** Academic, London.1979.
- PISANI, J. F. Análise estatística multidimensional em Biologia: **Ciências e Cultura**, 21(3): 619-631.1969.
- PLA, L. E. **Analysis multivariado: Metodo de componentes principales.** Departamento de Producción Vegetal. Area de Ciencias del agro Y del mar. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro, Falcón, Venezuela. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C.1986.
- PONTES, A. C. F. **Análise de variância Multivariada com a utilização de Testes não-paramétricos e componentes principais baseados em matrizes de postos.** Tese de Doutorado, ESALQ.2005.
- REGAZZI, A. J. INF 766- Análise Multivariada. Viçosa: Universidade federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Departamento de Informática, 166p. Apostila de disciplina. 2001.
- SANTANA, C. M.; MALINOVSKI, J. R. Uso da análise multivariada no estudo de fatores humanos em operadores de motosserras, **Cerne**, v. 8; n. 2; p.101-107.2002.
- SIEGMUND, K. D.; LAID, P. W.; LAIRD-OFFRINGA, G. J. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 152; n.2; p. 185-199. 2001.
- SOUZA, A. L.; FERREIRA, R. L. C.; XAVIER, A. Análise de agrupamentos aplicada à ciência florestal. Viçosa: SIF, 109 f (documento SIF, 16).1997.
- VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à pratica.** Santa Maria: UFSM, CCNE.2005.

CRESCIMENTO EM ALTURA EM ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus*

INDIVIDUAL TREE HEIGHT GROWTH MODEL IN *Eucalyptus*

Fabrina Bolzan Martins¹; Carlos Pedro Boechat Soares²; Renato Vinícius Oliveira Castro³

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar quatro modelos de crescimento em altura ajustados para árvores individuais de eucalipto. Foram utilizados dados de 30 parcelas permanentes provenientes de plantios clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Para avaliar os modelos de crescimento foram utilizadas as medidas de precisão coeficiente de determinação ajustado e erro padrão de estimativa e a medida de exatidão BIAS. Os resultados indicaram que o modelo de Lundqvist-Korf foi o que melhor ajustou o crescimento em altura entre todos os modelos avaliados.

Palavras-chave: Modelo em nível de árvore individual; plantios clonais; equações de crescimento.

ABSTRACT

The aim of this work were to evaluate four individual height growth models. Were used data from 30 permanent plots of unthinned clone eucalypt forest, obtained by continuous forest inventory. The evaluation of height growth models was based on the precision and accuracy by calculating the adjusted coefficient of determination (\bar{R}^2), standard error of estimate ($S_{y.x\%}$) and BIAS, respectively. The Lundqvist-Korf model better estimated the height growth compared with other models evaluated.

Keywords: Individual tree growth model; clonal forest; growth equations.

INTRODUÇÃO

Crescimento é definido como o aumento irreversível de uma ou mais grandezas físicas (dimensões) de um indivíduo em um determinado período de tempo (VANCLAY, 1994; PRODAN et al., 1997). O crescimento em diâmetro e altura é um dos três componentes do modelo de árvore individual (HASENAUER, 2000; ANDREASSEN e TOMTER, 2003) e está sujeito a complexas interações (FOX et al., 2007), sendo influenciado por fatores como: vigor de crescimento, condições de crescimento das árvores no passado, microambiente, características genéticas e status competitivo (REED e BURKHART, 1985; FOX et al., 2007).

Nos modelos em nível de árvore individual é comum empregar-se técnicas de regressão para estimar o crescimento em diâmetro e altura. Geralmente, a estimativa do crescimento em diâmetro é mais simples e precisa que o crescimento em altura, devido a facilidade de obtenção da variável diâmetro à campo. Já a altura é uma variável mais complexa de ser obtida, pois além das dificuldades inerentes a sua mensuração é necessário obter a altura de forma indireta, através de equações hipsométricas (UZOH e OLIVER, 2001; VOSPERNIK et al., 2010).

Trabalhos tem sido realizados para estimar o crescimento em altura em nível de árvore individual. Dentre eles, estão os trabalhos de Martin e Ek (1984) para *Pinus ponderosa*; Biging e Dobbertin (1992), que encontraram uma equação de crescimento em altura e área basal para coníferas; Lynch e Murphy (1995), que estimaram o crescimento em altura de *Pinus echinata*; Hasenauer e Monserud (1996) e Hasenauer (1997), que estimaram equações de crescimento para copa, diâmetro e altura para diferentes espécies; Uzoh e Oliver (2001) que estimaram equações de crescimento em altura para *Pinus ponderosa* e Vospernik et al. (2010), que compararam diferentes equações de crescimento em área basal, altura e copa para *Picea abies* e *Pinus sylvestris*.

Todos os trabalhos citados anteriormente foram realizados em florestas dos EUA e Europa. No Brasil, trabalhos desta natureza ainda são escassos, tanto em florestas naturais quanto em florestas plantadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar diferentes modelos de crescimento em altura em árvores individuais de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

¹ Engenheira Florestal, Dr^a., Professora Adjunto do Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS, 1303, CEP 37500-903, Itajubá (MG). fabrinabm@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, CEP 36570-000 Viçosa (MG). csoares@ufv.br

³ Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG). Bolsista do CNPq. castrorvo@ymail.com.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local de estudo e dos dados

Para este estudo foram utilizados dados provenientes de 30 parcelas permanentes obtidos de inventários florestais contínuos de plantios clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. O plantio é pertencente à Jari Celulose S/A, com sede localizada na cidade de Monte Dourado (PA). O clima do local pertence ao tipo Am, com precipitação média anual de 2.115 mm e pequena estação seca entre os meses de setembro e novembro. (MARTINS, 2011).

As parcelas possuem formato retangular com 500 m² de área, espaçamento inicial entre plantas de 3 x 3m (Tabela 1). Em cada parcela foram mensurados os diâmetros a 1,30 m do solo (*dap*) das árvores maiores que 4,0 cm e as alturas totais (*H*) de todas as árvores.

TABELA 1: Caracterização dos dados por idade e classe de produtividade.

TABLE 1: Characterization of tree and stand variables data set by age and site index.

Parâmetro	Idade (meses)	Alta (S = 32)			Média (S = 26)			Baixa (S = 20)		
		Mín.	Méd.	Max.	Mín.	Méd.	Max.	Mín.	Méd.	Max.
dap (cm)	24	4,77	13,12	18,62	4,33	10,86	16,33	4,04	8,88	14,01
	36	4,93	14,71	22,28	4,77	12,51	19,99	4,33	9,95	17,70
	48	5,00	15,61	24,67	5,00	13,63	23,11	4,80	10,85	20,21
	60	5,60	16,45	27,12	5,57	14,59	24,92	4,90	11,54	22,60
	72	7,03	17,31	29,44	6,30	16,34	27,69	5,00	13,34	23,43
	84	-	-	-	6,62	17,19	30,40	5,01	13,92	25,37
H (m)	24	9,50	16,90	21,70	9,00	14,40	19,3	8,50	12,40	16,80
	36	10,50	20,60	26,80	10,00	17,80	24,6	9,30	14,60	21,70
	48	11,10	23,10	30,30	11,00	20,50	28,9	10,30	16,80	25,40
	60	12,60	24,90	32,70	11,90	22,50	31,4	10,70	18,30	28,50
	72	14,50	26,40	34,10	13,70	25,20	33,1	11,40	21,10	30,00
	84	-	-	-	14,60	26,60	34,6	11,70	22,30	31,80

Mín. = valor mínimo observado; Méd. = valor médio observado; e Max. = valor máximo observado; - = valores não observados

Os dados foram divididos em três classes de capacidade produtiva (alta: S=32; média: S=26 e baixa: S=20), de acordo com a equação ajustada para a mesma área de estudo (DEMOLINARI, 2006):

$$\ln S = \ln(Hd) + 14,88011596 \cdot \left(\frac{1}{I_i} - \left(\frac{1}{I} \right) \right) \quad (1)$$

em que S = índice de local; Hd = altura dominante; I_i = idade índice (60 meses); I = idade (meses).

O limite para a classificação das parcelas na classe alta (S=32) foi Hd > 29 m; na classe média (S=26) foi 24 < Hd < 29 m; e na classe baixa (S=20) foi Hd ≤ 23 m na idade índice de 60 meses.

Modelos de crescimento em altura

Foram avaliados e comparados quatro modelos de crescimento em altura, baseados na estrutura de projeção $t \rightarrow t_{+1}$ (Tabela 2). Os modelos foram ajustados para cada classe de capacidade produtiva (S=32, 26 e 20).

TABELA 2: Modelos utilizados para estimar o crescimento em altura para árvores individuais eucalipto.

TABLE 2: Height growth models used in individual trees of eucalyptus.

Número	Modelo	Autor
1	$Y_2 = Y_1 \cdot \exp\left(-\beta_0 \cdot \left(I_2^{\beta_1} - I_1^{\beta_1}\right)\right) + \varepsilon$	Pienaar e Schiver (1981)
2	$Y_2 = A \cdot \left(\frac{Y_1}{A}\right)^{\beta_2} + \varepsilon$, sendo $A = \beta_0 + \beta_1 \cdot S$	Lundqvist-Korf / Amaro et al. (1998)
3	$Y_2 = Y_1 + \left(\frac{\beta_0}{1 + \exp(\beta_1 - \beta_2 \cdot I_2)} - \frac{\beta_0}{1 + \exp(\beta_1 - \beta_2 \cdot I_1)} \right) + \varepsilon$	Logística / Oliveira (2007)
4	$Y_2 = Y_1 + \left(\beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{1}{I_2} - \frac{1}{I_1} \right) + \beta_2 \cdot BAI + \beta_3 \cdot S \right) + \varepsilon$	Linear / adaptado de Sterba e Monserud (1997), Mabvurira e Miina (2002)

Sendo que: Y₂ = altura (m) em idade futura; Y₁ = altura (m) em idade corrente; I₂ = Idade futura (meses); I₁ = idade corrente (meses); S = índice de local; BAI = índice de área basal dado por: D_i^2 / q^2 ; q = diâmetro quadrático (cm); β₀, β₁, β₂, β₃ = coeficientes do modelo; e ε = erro aleatório.

Para os ajustes dos modelos de crescimento em altura foram utilizados o procedimento MODEL do software SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

Avaliação dos modelos de crescimento em altura

Os ajustes das equações referentes aos quatro modelos avaliados foram verificados pelo coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2) (KVÅLSETH, 1985); BIAS (MABVURIRA e MIINA, 2002) e erro-padrão da estimativa em porcentagem ($S_{y,x\%}$) (BRUCE e SCHUMACHER, 1950):

$$\bar{R}^2 = 1 - a(1 - R^2) \quad (2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

$$a = \frac{n-1}{n-p-1} \quad (4)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)}{n} \quad (5)$$

$$S_{y,x\%} = \pm \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1}}}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (6)$$

em que y_i = i-ésimo valor observado para a altura; \hat{y}_i = i-ésimo valor estimado para a altura; \bar{y}_i = média dos valores observados para a altura; $n - 1$ = graus de liberdade do total na análise de variância da regressão; $n - p - 1$ = graus de liberdade do resíduo obtido da análise de variância da regressão, p = número de coeficientes do modelo; e n = número de observações.

Além das estatísticas, foram verificados gráficos dos valores observados em função dos valores estimados e gráficos de distribuição dos resíduos percentuais em relação as alturas estimadas. Para o cálculo do resíduo em porcentagem (res%) foi utilizada a expressão (DEMOLINARI, 2006):

$$res(\%) = \left(\frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right) \cdot 100 \quad (7)$$

em que \hat{y}_i = i-ésimo altura estimada, e y_i = i-ésimo altura observada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as estatísticas avaliadas (\bar{R}^2 , BIAS e $S_{y,x\%}$) todas as equações referentes aos modelos avaliados para a altura, nas três classes de produtividade, apresentaram valores bem próximos uns aos outros (Tabela 3). Melhores ajustes foram obtidos para a classe de produtividade alta ($S = 32$), sendo seguidos pela classe de produtividade média ($S = 26$) e baixa ($S = 20$).

TABELA 3: Estatísticas utilizadas (\bar{R}^2 , $S_{y.x\%}$ e BIAS) para avaliar modelos de crescimento em altura e estimativas dos coeficientes em cada classe de produtividade (alta/S = 32; média/S = 26; e baixa/S = 20)TABLE 3: Statistics (\bar{R}^2 , $S_{y.x\%}$ and BIAS) to evaluate height growth models and parameters estimates in each site index (high/S=32, mean/S=26, and low/S=20).

Modelo	Autor/tipo	Classe	Estatísticas			Coeficientes			
			\bar{R}^2	BIAS	$S_{y.x\%}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
1	Pienaar e Schiver	S = 32	0,9865	0,00145	\pm 2,34	5,7662	-0,5586	-	-
		S = 26	0,9791	0,00166	\pm 3,16	5,5374	-0,4480	-	-
		S = 20	0,9732	0,00199	\pm 3,63	5,3642	-0,1231	-	-
2	Lundqvist-Korf	S = 32	0,9886	0,00070	\pm 2,00	0,3116	0,1389	0,4117	-
		S = 26	0,9869	0,00084	\pm 2,53	0,3872	0,2339	0,3411	-
		S = 20	0,9706	0,00018	\pm 3,25	0,0700	0,1639	0,4037	-
3	Logística	S = 32	0,9750	- 0,00017	\pm 2,96	9.808,2	0,0025	0,0267	-
		S = 26	0,9750	- 0,00019	\pm 3,49	10.443,8	0,0024	0,7857	-
		S = 20	0,9667	- 0,00005	\pm 4,10	38,1939	0,0212	0,0258	-
4	Linear	S = 32	0,9750	0,00393	\pm 2,30	1,3271	- 129,728	0,9899	0,0381
		S = 26	0,9636	0,00159	\pm 2,83	0,9013	- 137,347	0,9662	0,0222
		S = 20	0,9694	0,00431	\pm 3,22	2,2661	- 3,5598 ^{ns}	0,9383	0,0891

^{ns} = não significativo a $\alpha = 5\%$ pelo teste 't'.

Destacam-se como melhores aquelas equações referentes aos modelos 1 e 2, pois apresentam maiores valores para o \bar{R}^2 e menores valores para o $S_{y.x\%}$ em comparação aos outros modelos.

A estatística \bar{R}^2 foi maior para o modelo 2 em todas as classes de produtividade, com estimativas entre 0,9706 e 0,9886, seguido pelo modelo 1, com \bar{R}^2 entre 0,9732 à 0,9865, sendo que todos os valores referem-se a classe de produtividade baixa e alta, respectivamente.

Lynch e Murphy (1995) e Mabvurira e Miina (2002) encontraram estimativas semelhantes de \bar{R}^2 para o crescimento em altura de *Pinus echinata* (0,957 a 0,981) e *Eucalyptus grandis* (0,94), enquanto Filipescu e Comeau (2007) e Mette et al. (2009) obtiveram estimativas inferiores para *Picea glauca* (0,47 a 0,86), *Abies alba* (0,176 a 0,887) e *Picea abies* (0,393, 0,821), utilizando diferentes equações de crescimento em altura. Pretzsch et al. (2002) também encontraram valores inferiores para *Fagus sylvatica* (0,52), *Pinus sylvestris* (0,52) e *Quercus petraea* (0,54).

As menores estimativas de BIAS foram para os modelos 2 e 3. As equações referentes aos modelos 1, 2 e 4, apresentaram valores positivos de BIAS nas três classes de produtividade, demonstrando que, apesar da pequena amplitude, estes modelos tendem a superestimar o crescimento em altura para as três classes de produtividade. O modelo 3 apresentou valores negativos de BIAS (para S = 32, 26 e 20), e conseqüentemente, subestimaram o crescimento em altura.

Com exceção do modelo 4 (S=20), todos os coeficientes das equações foram significativos estatisticamente ($P < 0,05$) (Tabela 3). O sinal do coeficiente que acompanha a variável idade, dependendo da forma como a idade estava disposta na equação, é negativo para todas as classes de produtividade. O sinal que acompanha o índice de local e o índice de competição possui sinais positivos para todas as classes de produtividade (Tabela 3). Esses resultados estão condizentes com a literatura (MABVURIRA e MIINA, 2002; OLIVEIRA, 2007) e são realísticos biologicamente, refletindo em uma boa estimativa para todos os modelos de crescimento em altura avaliados neste estudo.

Observa-se que os pontos estão próximos a linha de 45° em todos os modelos (Figura 1).

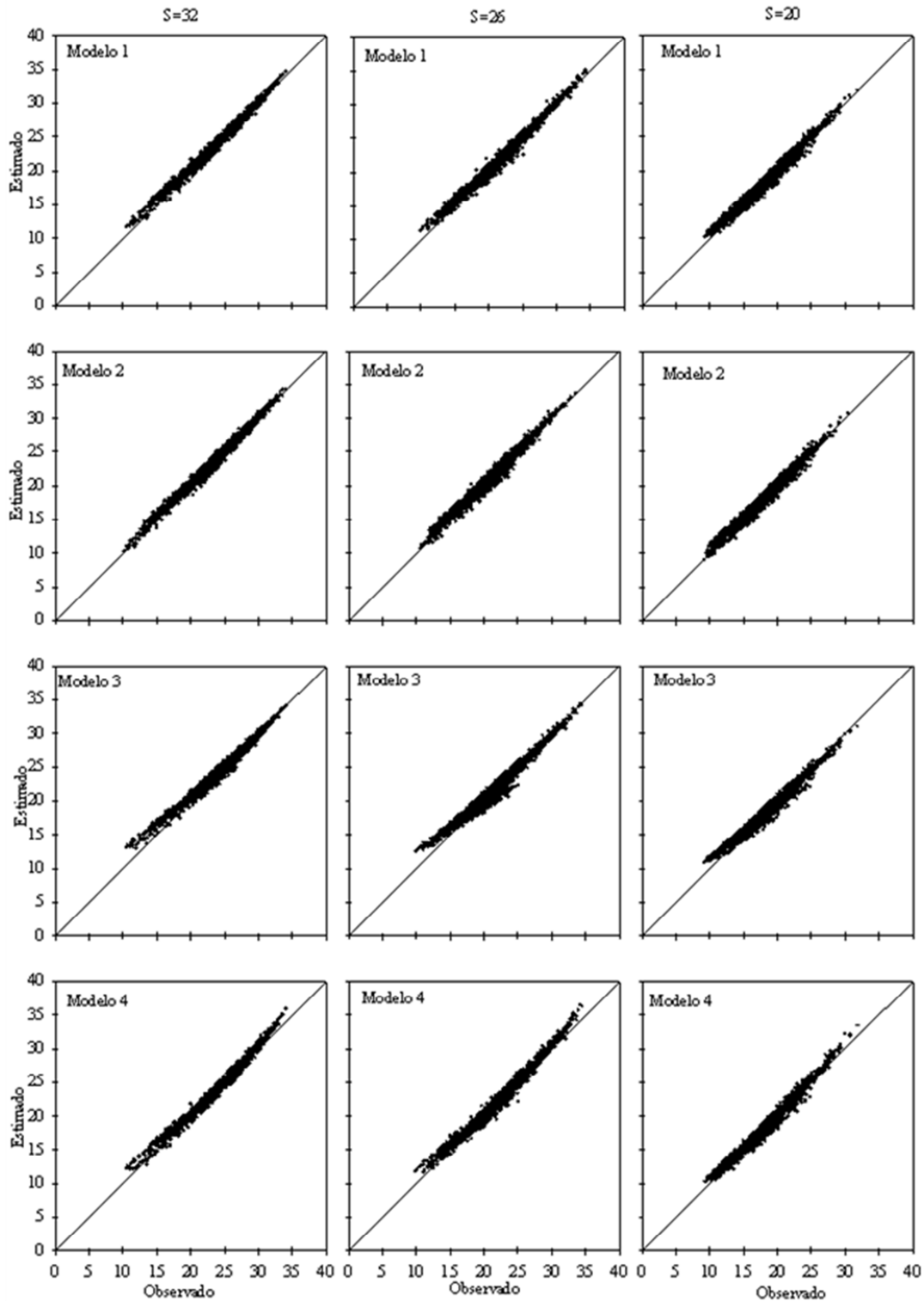


FIGURA 1: Crescimento em altura estimado versus observado pelas equações referentes aos quatro modelos, em cada classe de produtividade (alta/S = 32; média/S = 26; e baixa/S = 20). A linha cheia é 45°.

FIGURE 1: Predicted height growth vs. observed height growth in four models in three site index (high/S=32, medium/S=26, and low/S=20). The solid line is 45°.

Percebe-se uma tendência na estimação do crescimento em altura para as árvores de menor e maior tamanho. O modelo 1 superestimou as menores e as maiores árvores nas três classes de produtividade. O modelo 2 demonstrou pequena superestimativa nas árvores de maior tamanho, com maior amplitude na classe de produtividade alta (S = 32). O modelo 3 superestimou o crescimento nas árvores de menor altura (S = 32 e 26), enquanto na classe baixa (S = 20) ocorreu superestimativa nas árvores de menor altura e subestimativa nas árvores de maior altura. No modelo 7 houve pequena

tendência em superestimar as árvores menores, em todas as classes de produtividade, e grande tendência em superestimar as árvores maiores.

Soares e Tomé (2002) também obtiveram resposta similar a encontrada para a maioria dos modelos deste estudo, ou seja, de superestimar as árvores de menor e maior altura. Os autores garantem que essa resposta se deve a qualidade dos dados e ao ajuste das equações, sendo que a exatidão das equações decresce com a diminuição da classe de produtividade. Vospernik et al. (2010) explicam que este erro pode ser atribuído ao uso de funções incorretas para o índice de local.

As tendências descritas foram comprovadas pelas distribuições dos resíduos percentuais em função das alturas estimadas (Figura 2).

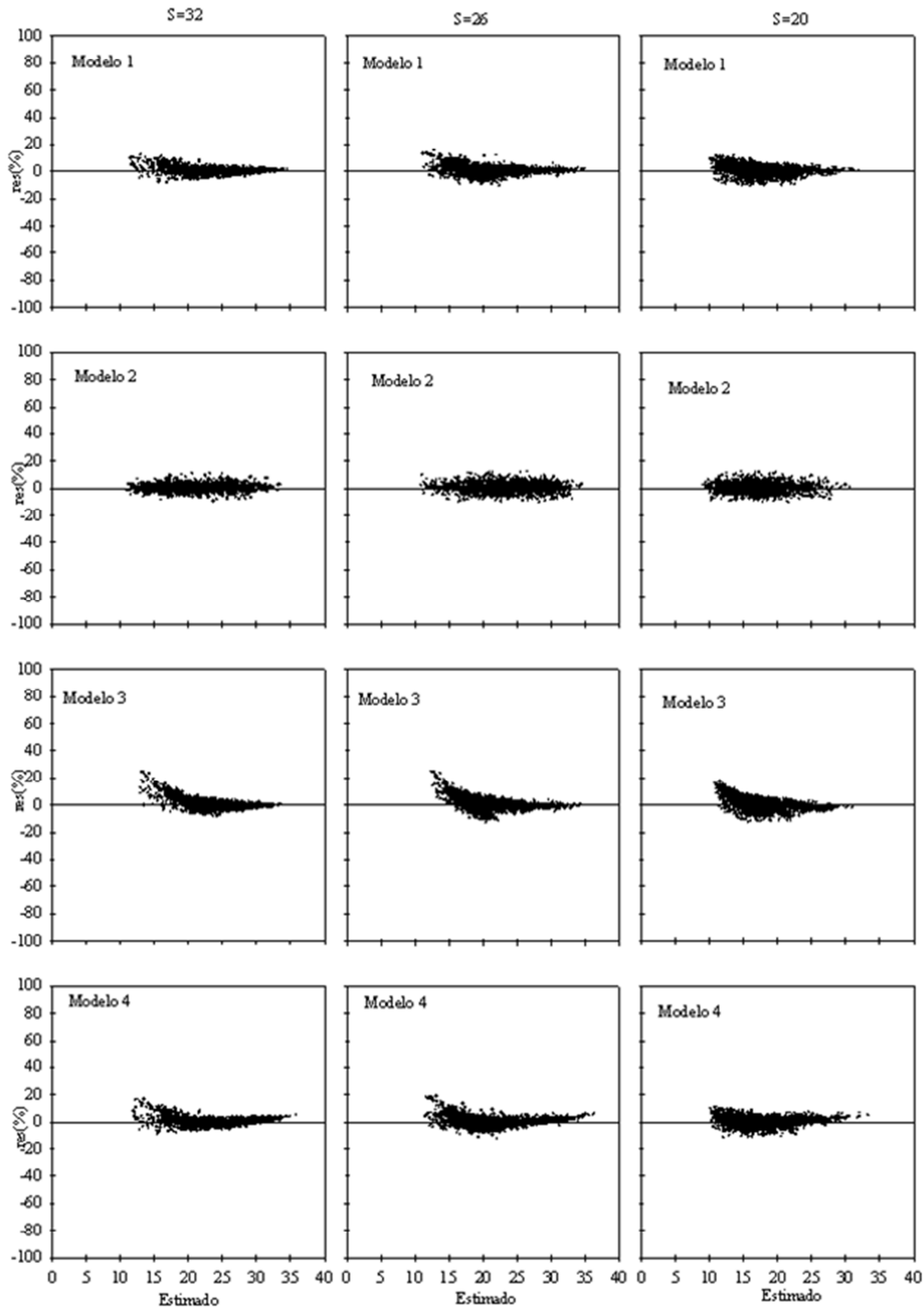


FIGURA 2: Distribuição dos resíduos percentuais das equações referentes aos quatro modelos em função das alturas estimadas, em cada classe de produtividade (alta/S= 32; média/S= 26 e baixa/S=20).

FIGURE 2: Residuals plotted against predicted height growth in each site index (high/=32, medium/S=26 and low/S=20).

O modelo 1 não conseguiu estimar com precisão as alturas menores, principalmente nas alturas compreendidas entre 10 e 15 m, e as alturas maiores que 30 m, nas três classes de produtividade. O modelo 2 manteve sua superioridade em relação aos outros modelos, ajustando-se bem aos dados de altura. O modelo 3 apresentou bom desempenho somente para as alturas intermediárias e maiores. O modelo 7 não conseguiu estimar os extremos da variável altura, principalmente os valores iniciais, menores que 18 m.

Mette et al. (2009) e Härkönen et al. (2010) também encontraram dificuldades em estimar um modelo de crescimento em altura, principalmente, para as árvores de menores e maiores tamanhos. Filipescu e Comeau (2007) encontraram superestimativas do crescimento em altura para árvores de menor tamanho e um aumento nesta variação com o índice de local e a idade, para *Populus tremuloides*. Mesma tendência foi verificada por Mabvurira e Miina (2002) para *Eucalyptus grandis*. Já Härkönen et al. (2010) obtiveram subestimativas tanto para as classes de menor altura (10 m), quanto para as de maior altura (25 m) em *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pubescens* e *Betula pendula*.

É importante observar que as árvores em todas as classes de altura influenciam diretamente a obtenção do volume da árvore (METTE et al., 2009). Com isso, não se deve selecionar modelos que não consigam captar a variação em alguma faixa de altura, mesmo que apresente boa estimativa nas demais classes de altura.

Pode-se afirmar que apenas o modelo 2 (Lundqvist – Korf) conseguiu estimar o crescimento em altura para as três classes de produtividade, não ultrapassando um resíduo porcentual de $\pm 20\%$. Resultados superiores foram obtidos por Mabvurira e Miina (2002) para crescimento em altura de *Eucalyptus grandis*, com um resíduo porcentual de $\pm 13,7\%$. Pretzsch et al. (2002) encontraram uma variação de $\pm 15,56\%$ para *Abies alba*, $\pm 10,67$ para *Fagus sylvatica*. Já Härkönen et al. (2010) encontraram um erro de $\pm 20\%$ para *Picea abies* e *Pinus sylvestris*, $\pm 27\%$ para *Betula pubescens* e $\pm 35\%$ para *Betula pendula*.

As variáveis incluídas no modelo 2 foram tamanho da árvore (altura), idade (I) e índice de local (S), que são as variáveis originais do modelo. Ao utilizar as variáveis I e S é aconselhável suprimir o índice de competição, já que essas duas variáveis fornecem indiretamente o status competitivo da árvore, podendo mascarar o efeito do índice de competição (CRECENTE-CAMPO et al., 2010).

O modelo 2 também foi utilizado com sucesso por Soares e Tomé (1997), Tomé et al. (1997), Amaro et al. (1998) e por outros autores como CAO (2006), com algumas adaptações. Foi utilizado com sucesso nos modelos de crescimento de eucalipto – GLOBUS e EUSOP (AMARO et al., 1998).

CONCLUSÃO

O modelo de Lundqvist – Korf (modelo 2) foi o que melhor estimou o crescimento em altura em árvores individuais obtidas de plantios clonais híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. O melhor desempenho do modelo 2 é atribuída ao melhor valor nas estatísticas avaliadas (\bar{R}^2 , BIAS e Sy.x%), maior proximidade com os valores observados e pela melhor distribuição dos resíduos porcentuais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelas bolsas concedidas aos autores e a FAPEMIG pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, A.; REED, D.; TOMÉ, M.; THEMIDO, I. Modeling dominant height growth eucalyptus plantations in Portugal. **Forest Science**, Bethesda, v. 44, n. 1, p. 37-46, 1998.
- ANDREASSEN, K.; TOMTER, S. M. Basal area growth models for individual trees of norway spruce, scots pine, birch and broadleaves in Norway. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 180, n. 1, p. 11-24, 2003.
- BELLA, I. E. A new competition model for individual tree. **Forest Science**, Washington, v. 17, n. 3, p. 364-372, 1971.
- BIGING, G. S.; DOBBERTIN, M. A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees. **Forest Science**, Bethesda, v. 38, n. 3, p. 695-720, 1992.
- BRUCE, D.; SCHUMACHER, F. X. **Forest mensuration**. 3. ed. New York: McGraw – Hill Book Company, 1950. 483p.
- CAO, Q.V. Predictions of individual-tree and whole-stand attributes for loblolly pine plantations. **Forest**

Ecology and Management, Amsterdam, v.236, n. 2-3, p. 342-347, 2006.

CRECENTE-CAMPO, F.; SOARES, P.; TOMÉ, M.; DIÉGUEZ-ARANDA, U. Modelling annual individual-tree growth and mortality of Scots pine with data obtained at irregular measurement intervals and containing missing observations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 260, n. 11, p. 1965-1974, 2010.

DEMOLINARI, R. A. de. **Crescimento de povoamentos de eucalipto não desbastados**. Viçosa, 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

FILIPESCU, C. N.; COMEAU, P. G. Competitive interactions between aspen and white spruce vary with stand age in boreal mixewoods. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 247, n. 1, p. 175-184, 2007.

FOX, J. C.; BI, H.; ADES, P. K. Spatial dependence and individual-tree growth models I. Characterising spatial dependence. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 245, n. 1, p. 10-19, 2007.

HÄRKÖNEN, S.; MÄKINEN, A.; TOKOLA, T.; RASINMÄKI, J.; KALLIOVIRTA, J. Evaluation of forest growth simulators with permanent sample plot data from Finland. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 3, p. 573 – 582, 2010.

HASENAUER, H.; MONSERUD, R.A. A crow model for Austrian species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 84, n. 1-3, p. 49-60, 1996.

HASENAUER, H. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 96, n. 3, p. 197-206, 1997.

HASENAUER, H. Princípios para a modelagem de ecossistemas florestais. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 53-69, 2000.

KVALSETH, T. O. Cautionary note about R^2 . **The American Statistician**. Alexandria, v. 39, n. 4, p. 279-285, 1985.

LYNCH, T. B.; MURPHY, P. A. A compatible height prediction and projection system for individual trees in natural, even – aged shortleaf pine stands. **Forest Science**, Bethesda, v. 41, n. 1, p. 194-209, 1995.

MABVURIRA, D.; MIINA, J. Individual tree growth and mortality models for *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden plantations in Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 161, n. 1-3, p. 231-245, 2002.

MARTIN, G. L.; EK, A. R. A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation red pine diameter and height growth. **Forest Science**, Washington, v. 30, n. 3, p. 731-743, 1984.

MARTINS, F.B. **Modelagem de crescimento em nível de árvore individual para plantios comerciais de eucalipto**. 2011. 143 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

METTE, T.; ALBRECHT, A.; AMMER, C.; BIBER, P.; KOHNLE, U.; PRETZSCH, H. Evaluation of the forest growth simulator SILVA on dominant trees in mature mixed silver fir - norway spruce stands in south west Germany. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 220, n. 13-14, p.1670-1680, 2010.

MONSERUD, R. A.; STERBA, H. A basal area increment model for individual trees growing in even and uneven aged forest stands in Austria. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 80, n. 1, p. 57-80, 1996.

OLIVEIRA, M. L. R. de **Mensuração da modelagem do crescimento e da produção de povoamentos não desbastados de clones de eucalipto**. 2007. 119 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

PIENNAR, L. V.; SHIVER, B. D. Survival function for site prepared slash pine plantations in flat Woods of Georgia Northern Florida. **Southern Journal Forestry**, Bethesda, v. 5, n. 2, p. 59-62, 1981.

PRETZSCH, H.; BIBER, P.; ĎURSKÝ, J. The single tree-based stand simulator SILVA: construction, application and evaluation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 162, n. 1, p. 3-21, 2002.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura florestal**. San Jose, CR: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1997. 561 p.

REED, D. D.; BURKHART, H. E. Spatial autocorrelation of individual tree characteristics in loblolly pine stands. **Forest Science**, Washington, v. 31, p. 575-587, 1985.

- SAS INSTITUTE CORPORATION. **The SAS-System for Windows**: release 8.0. Cary, NC, USA, 2001.
- SOARES, P.; TOMÉ, M. A distance dependent diameter growth model for first rotation eucalyptus plantation in Portugal. In: AMARO, A.; TOMÉ, M. (Ed.). **Empirical and process** – Bases models for forest tree and stand growth simulation. Lisboa: Salamandra, 1997. p. 267-270.
- SOARES, P.; TOMÉ, M. Height – diameter equation for first rotation eucalypt plantations in Portugal. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, n. 1, p. 99-109, 2002.
- STERBA, H.; MONSERUD, R. A. Applicability of the forest stand growth Simulator PROGNAUS for the Austrian part of the Bohemian Massif. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 23-34, 1997.
- TOMÉ, M.; COELHO, M. B.; PEREIRA, H.; LOPES, F. A management oriented growth and yield model for cork oak stands in Portugal. In: AMARO, A.; TOMÉ, M. (Ed.). **Empirical and process** – Bases models for forest tree and stand growth simulation. Lisboa: Salamandra, 1997. p. 271-289.
- UZOH, F. C. C.; OLIVER, W. W. Individual tree height increment model for managed even - aged stands of ponderosa pine throughout the western United States using linear mixed effects models. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 221, n. 1-3, p. 147-154, 2006.
- VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield**: applications to mixed tropical forests. Copenhagen: CAB International, 1994. 312 p.
- VOSPERNIK, S.; MONSERUD, R. A.; STERBA, H. Do individual tree growth models correctly represent height: diameter ratios of Norway spruce and scots pine? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 260, n. 10, p. 1735-1753, 2010.

EQUAÇÕES DE VOLUME E BIOMASSA PARA *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.

VOLUME AND BIOMASS EQUATIONS FOR *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.

Francisco Tarcisio Alves Junior¹; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira²; José Antônio Aleixo da Silva³;
Luiz Carlos Marangon⁴; Allyson Rocha Alves⁵; Iram José do Herval Mendes Junior⁶;
David Fagner de Souza e Lira⁷

RESUMO

Objetivou-se ajustar equações para estimar volume e biomassa para *Mimosa tenuiflora* em uma área de caatinga com importância madeireira no município de Floresta-PE, subsidiando com informações para o manejo florestal sustentado desta formação. Foram cubadas árvores para a determinação de volume e biomassa verde para o ajustes de equações. O maior volume de madeira da vegetação concentrou-se nos indivíduos de até 15 cm de DAP, em virtude das altas densidades nesta faixa de diâmetro. As equações apresentaram uma tendência a superestimação do volume e biomassa das árvores de menor diâmetro.

Palavras-chave: volume; biomassa; equações.

ABSTRACT

The objective was to adjust equations to estimate volume and biomass *Mimosatenuiflora* in area of caatinga vegetation of importance in the county forest Floresta-PE, Pernambuco state, Brazil, assisting with information for sustainable forest management of this training. Trees were harvests for determination of volume and biomass equations for the adjustments. The volume of wood vegetation focused on individuals 15 cm DBH, because of high densities in this range of diameter. The equations showed a tendency to overestimate the volume and biomass of trees of smaller diameter.

Keywords: volume; biomass; equations.

INTRODUÇÃO

A obtenção de estimativas precisas de produtividade em formações vegetais tropicais é um pré-requisito importante no estabelecimento de ações de manejo florestal (RESENDE et al., 2006). Pois, desde o princípio da ciência florestal a volumetria de árvores constituiu um tema relevante, dado a madeira ter participado intensamente na vida do ser humano, por meio da energia, habitação, dos móveis e da arte (PELLICO NETTO, 2004).

As referências na literatura para pesquisas volumétricas e de biomassa para a vegetação de caatinga são escassas. Logo, considera-se que o parâmetro volumétrico de madeira para as áreas de caatinga é pouco estudado ou pouco publicado no meio científico, mesmo a vegetação tendo intensiva extração madeireira para fins energéticos (CAMPELLO et al., 1999).

A espécie *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., conhecida popularmente como jurema-preta, é uma espécie xerófita de hábito arbustivo-arbóreo, indicadora de estágio de sucessão secundária progressiva ou de recuperação, amplamente disseminada pelas diferentes fitofisionomias de caatinga do nordeste brasileiro, agrupando inúmeras potencialidades (ARAÚJO FILHO e CARVALHO, 1996; SOUZA; RODAL, 2010).

É uma espécie com usos múltiplos e coloniza sítios desfavoráveis, tem sido explorada para produção de estacas e lenha, além de que, os caprinos, ovinos e bovinos tem nessa planta um importante componente de suas dietas (PEREIRA FILHO et al., 2005; BAKKE et al., 2006; CALIXTO JUNIOR et

¹ Engenheiro de Produção, Dr., Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Rua Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife (PE). Bolsista PNPd/CAPES/FACEPE. tarcisioalvesjr@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE. Bolsistas de Produtividade do CNPq. rinaldo@dcfl.ufrpe.br

³ Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor Associado do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE. Bolsistas de Produtividade do CNPq. aleixo@dcfl.ufrpe.br

⁴ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE. marangon@dcfl.ufrpe.br

⁵ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal do Piauí. Rodovia BR-135, km 03, Planalto Horizonte, CEP 64000-900 - Bom Jesus-PI.

⁶ Engenheiro Florestal, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, UFRPE, Bolsista CAPES. iram_mendes@yahoo.com.br

⁷ Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais (UFRPE). Bolsista FACEPE. davidlira17@hotmail.com

al., 2011).

Objetivou-se ajustar equações para estimar volume e biomassa verde para *Mimosa tenuiflora* em uma área de caatinga com importância madeireira no município de Floresta-PE, subsidiando com informações para o manejo florestal sustentado desta formação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Árvores em florestas naturais apresentam-se com características mais complexas e complicadas que árvores plantadas, assim como as coníferas apresentam fustes mais regulares que as folhosas (PÉLLICO NETTO, 2004).

Campos e Leite (2006) descrevem que o estudo volumétrico relacionado às espécies de folhosas nativas quase sempre estimam apenas o volume comercial do fuste. Quando, se pretende conhecer o volume de galhos, o processo não é muito fácil. Pois, além da precisão da função de volume, os autores acima afirmam ser preciso haver compatibilidade, isto é, consistência entre os volumes estimados do fuste mais galhos e o volume total. Essa consistência pode não ocorrer quando se emprega equações independentes, ainda mais se considerar haver grande heterogeneidade entre árvores.

Para Silva e Sampaio (2008), ainda exista uma grande lacuna sobre o conhecimento relacionado à quantificação da produção de biomassas pelas plantas da caatinga e o quanto é retirado nos processos de exploração de lenha, sendo esta atividade a maior contribuição no extrativismo no Nordeste (SAMPAIO, 2002; SAMPAIO et al., 2006), seja como finalidade principal, seja como produto da abertura de áreas para plantio no sistema de agricultura itinerante. E a maior parte dos estudos existentes que avaliaram a biomassa de espécies lenhosas da caatinga limitou-se a analisar a massa seca total da parte aérea.

Zakia et al. (1992), com o intuito de desenvolver equações de peso e de volume para espécies lenhosas nativas do Seridó, RN (*Chloroleucon dumosum* (Benth.) G.P.Lewis, *Crotonblanchetianus* Baill., *Aspidospermapyrifolium* Mart., *Poincianellapyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, *Combretumleprosum* Mart., *Mimosatenuiflora* (Willd.) Poir., *Piptadeniamacrocarpa* Benth e *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett), testaram quatro modelos de regressão simples para cada espécie, que tinham como variáveis independente ABB (área basal na base), ABB.H (área basal na base vezes altura), ABP (área basal na altura do peito), ABP.H (área basal na altura do peito vezes altura), logaritmizados ou não, obtendo os seguintes resultados: os modelos linear e o bilogaritmico apresentam os melhores ajustes; os modelos de ABB e ABB.H apresentaram os mais baixos coeficientes de determinação e um alto resíduo médio; o modelo linear de ABP.H apontou menor resíduo; os melhores ajustes foram para *Mimosatenuiflora* tipo 2 e *Aspidospermapyrifolium*, enquanto que os piores foram *Mimosatenuiflora* tipo 3e *Poincianellapyramidalis* tipo 3.

Amorim et al. (2005), na região do Seridó-RN, estimou biomassas totais, utilizando equações alométricas desenvolvidas por Silva (1998) e publicadas em Sampaio e Silva (2005) com base no diâmetro do fuste ($B_{(kg)} = \beta_0 DAP_{(cm)}^{\beta_1}$) e obteve valores de 25,1 Mg.ha⁻¹ e na área do fuste e a altura da planta ($B_{(kg)} = \beta_0 (AB_{(cm^2)} \times H_m)^{\beta_1}$) com valores de 21,5 Mg.ha⁻¹.

Silva (2006) com o objetivo de ajustar modelos volumétricos para estimar o volume total com casca da vegetação de caatinga, cubou 100 árvores de dez espécies (*Anadenanthera colubrina*, *Aspidosperma pyrifolium*, *Bauhinia cheilantha*, *Poincianella pyramidalis*, *Cnidoscolus quercifolius*, *Combretum* cf. *leprosum*, *Croton blanchetianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Myracrodruon urundeuva* e *Piptadenia stipulacea*) e ajustou o modelo de Schumacher e Hall (1933), de duas formas, utilizando DAS (diâmetro a altura do solo) e DEq (diâmetro equivalente para as árvores que apresentaram dois o mais fustes), na forma logaritmizada.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Os dados são proveniente de uma área experimental com cerca de 50 ha (8°30'37" S e 37°59'07" W) com vegetação de caatinga na fazenda Itapemirim, com extensão de aproximadamente 6.000 ha, no município de Floresta – Pernambuco (Figura 1).

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh, semiárido quente, apresentando precipitação média anual de aproximadamente 503 mm, com período chuvoso de janeiro a abril, e temperatura média anual de 26,1 °C (Figura 2). O município possui uma área de 3.643,97 Km² e uma altitude média de 323 m.

A vegetação da área é do tipo savana-estépica (VELOSO et al., 1991), caracterizada por vegetação arbustivo-arbórea, com presença de cactáceas e estrato herbáceo podendo conter, em alguns locais, macambira (*Bromelialaciniosa* Mart. ex Schultes f.) e caroá (*Neoglaziaviariegata* (Arr. Cam.) Mez.).

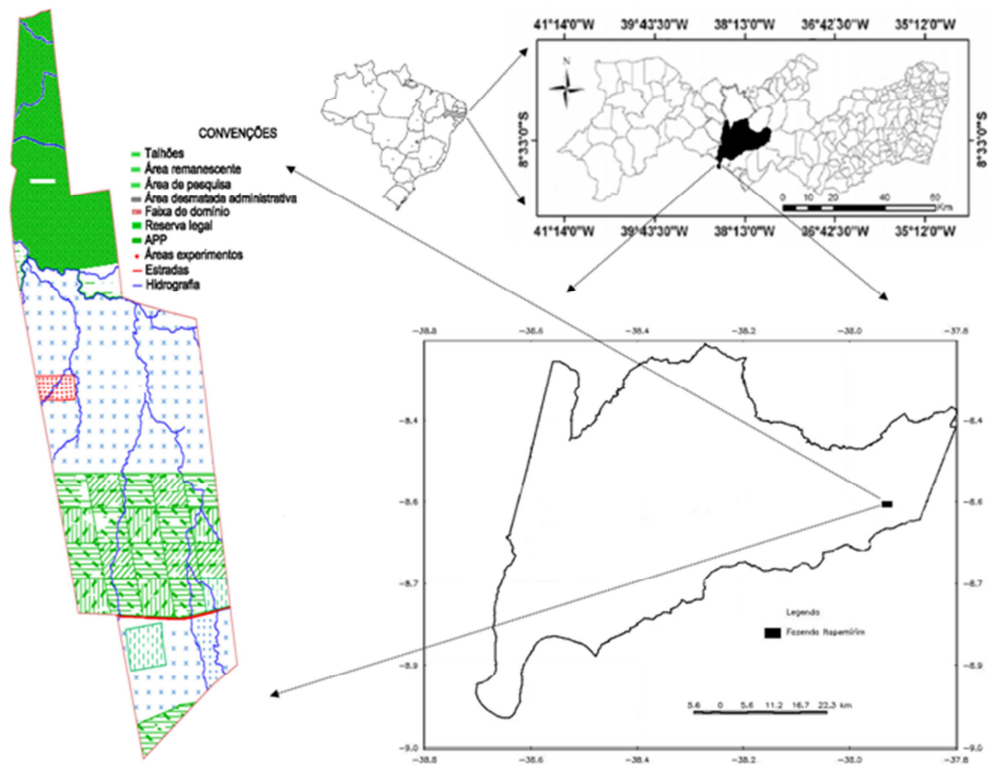
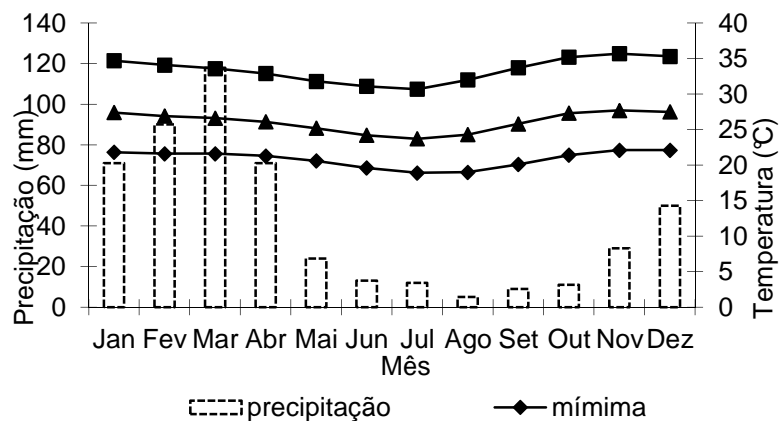


FIGURA 1: Localização da área experimental na fazenda Itapemirim no município de Floresta-PE.
 FIGURE1: Location of the experimental area on the Forestfarm in Itapemirim-PE.



Fonte: elaborado a partir de dados do ITEP (2010)

FIGURA 2: Médias históricas dos últimos 30 anos da temperatura e precipitação, de janeiro a dezembro, do município de Floresta - PE

FIGURE2: Average of the last 30 yearshistoricaltemperatureand precipitationfrom January to December, inthe city offorest - PE

O solo da região é classificado como Luvissoilo Crônico poucos profundos, textura superficial arenosa a média e superficial. Nas vertentes dos vales predominam os solos cascalhentos, porém mais férteis (EMBRAPA, 2007).

Cubagem de árvore

Foi selecionada para o estudo *Mimosatenuiflora* (Tabela 1) separadamente das demais espécies da vegetação de caatinga, conhecida pela sua grande heterogeneidade nas formas das árvores, por comportou-se como um grupo distinto, tanto em relação ao volume quanto a biomassa, após a aplicação do teste de médias de Scott-Knott (1974), a 1% de probabilidade, para agrupar as espécies que apresentem volumes e biomassas medias semelhantes.

TABELA 1: Distribuição em classes de altura (h) e Circunferência à Altura do Peito (CAP) dos indivíduos amostrados de *Mimosatenuiflora* (Willd.) Poir., em uma área de caatinga, Floresta-PE.

TABLE1: Distribution in classes of height(H) and circumference at breast height (CAP) of the individuals of *Mimosatenuiflora*(Willd.) Poir. in an area of savanna, forest-PE.

Classes de CAP (cm)	Classes H (m)							Total
	3,0 - 3,99	4,0 - 4,99	5,0 - 5,99	6,0 - 6,99	7,0 - 7,99	8,0-8,99	9,0-9,99	
6,0 - 10,9	4	1						5
11,0-15,9		3						3
16,0-20,9			2					2
21,0-25,9		2	2	1			1	6
26,0-30,9			1					1
31,0-35,9				1				1
36,0-40,9				1		1		2
41,0-45,9					1			1
46,0-50,9								0
51,0-55,9							1	1
Total	4	6	5	3	1	2	1	22

As árvores colhidas foram provenientes de um experimento de corte seletivo, iniciado em fevereiro de 2009, em duas faixas de 20 x 200 m com diferente intensidade de corte.

Os indivíduos com vários fustes provenientes de rebrota e bifurcadas na base (≤ 30 cm) foram mensurados como árvores individuais, conforme adotado por Araújo et al. (2004). Medidas a altura total e as circunferências do fuste a 0,30; 0,50; 0,70; 0,90; 1,10; 1,30; 1,50; 1,70; 2,30 m de altura; e, daí por diante de 1,00 m em 1,00 m até o final da árvore, obedecendo ao limite de inclusão de 6 cm de circunferência. Os galhos, maiores que o nível de inclusão, foram transformados em toretes de 1,00 m de comprimento e medidas suas extremidades. Foram pesadas as árvores, fuste e galhos separadamente.

Foi utilizada a fórmula de Smalian para o cálculo do volume total, fustes e galhos, das árvores conforme adotado por Rezende et al. (2006), Thomas et al. (2006), Oliveira et al (2009), Imaña-Encinas et al. (2009).

$$V = \left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right) l$$

Em que: V = volume da seção, em m³; g_i = área seccional da seção i, em m²; l = comprimento da seção, em m.

Modelos testados para estimar volume e biomassa

Foram testadas para estimar o volume e a biomassa verde os modelos de Schumacher e Hall (1933) e Spurr (1952), considerados clássicos na literatura florestal (SILVA; PAULA NETO, 1979; FINGER, 1992; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003; CAMPOS; LEITE, 2006; SOARES et al., 2006), e que consideram como variáveis independentes o diâmetro e a altura das árvores. Também foram testados os modelos de Ribeiro et al. (2001), que levam em consideração o número de galhos e a circunferência na base do maior galho, além das variáveis já consideradas pelos modelos anteriores. E o modelo de Silva et al. (1992), que dispensa o uso de variáveis de difícil obtenção, como altura por exemplo, e estima a variável dependente com base no volume da primeira tora ou combinações de seções do tronco (Tabela 2). Aplicações da metodologia para estimar volume de árvores com base na primeira tora podem ser verificadas em Silva e Borders (1993), Silva et al. (1993), Ribeiro et al. (2001). Os cálculos foram realizados com o auxílio dos softwares *Excel2003* e *Statistica 6* (STATSOFT, 2001).

O procedimento Stepwise foi aplicado nos modelos que utilizam mais de uma variável independente. Sendo que no modelo de Silva et al. (1992), consideraram as 28 variações de tamanhos de seções medidas no intervalo de 0,30 m a 1,70 m (Tabela 3). No teste de seleção das variáveis independentes, usou-se um nível de probabilidade de F inferior a 1%.

TABELA 2: Modelos ajustados para estimar volume e biomassa verde de árvores de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

TABLE2: Models adjusted to estimate volume and biomass of green trees in an area of caatinga Itapemirim Farm, Forest-PE.

Eq.	Modelo	Autor
1	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot CG_i + \varepsilon_i$	
2	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	
3	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot CG_i^2 + \varepsilon_i$	(Ribeiro et al., 2001)
4	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	(Ribeiro et al., 2001)
5	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 \cdot H_i + \beta_2 \cdot CG_i + \beta_3 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	(Ribeiro et al., 2001)
6	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i + \beta_3 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	
7	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 \cdot H_i + \varepsilon_i$	(Spurr, 1952)
8	$Y_i = \beta_0 \cdot CAP_i^{\beta_1} \cdot H_i^{\beta_2} + \varepsilon_i$	(Schumacher; Hall, 1933)
9	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i^2 + \beta_3 \cdot NG_i^2 + \varepsilon_i$	
10	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot VS_i + \dots + \beta_n \cdot VS_n + \varepsilon_i$	(Silva et al., 1992)
11	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot VS_i + \beta_2 \cdot NG_i + \varepsilon_i$	(*)
12	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot VS_i + \beta_2 \cdot CG_i + \varepsilon_i$	(*)

Em que: $Y_i = V_i$ - Volume (m^3) ou BV_i - Biomassa verde (kg); VS_i = volume da seção i , i variando de 1 a 28; H_i = Altura da árvore (m); CAP_i = Circunferência à Altura do Peito (m), à 1,30 m do solo; NG = número de galhos; CG = circunferência na base do galho maior (m); (*) a seção (VS_i) utilizada foi a que apresentou maior contribuição após o ajuste do modelo 10; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$: parâmetros dos modelos, n variando de 1 à 28; ξ_i = erro aleatório.

TABELA 3: 28 combinações de seções da primeira tora, utilizadas na avaliação dos volumes e biomassa verde de árvores de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta - PE.

TABLE3: 28 combinations of sections of the first log, used to assess the volumes and green biomass of trees in an area of caatinga Itapemirim Farm, Forest - PE.

Seção	Intervalo do tronco (m)	Comprimento (m)	Seção	Intervalo do tronco (m)	Comprimento (m)
1	0,30 a 0,50;	0,2	15	0,70 a 1,10;	0,4
2	0,30 a 0,70;	0,4	16	0,70 a 1,30;	0,6
3	0,30 a 0,90;	0,6	17	0,70 a 1,50;	0,8
4	0,30 a 1,10;	0,8	18	0,70 a 1,70;	1
5	0,30 a 1,30;	1	19	0,90 a 1,10;	0,2
6	0,30 a 1,50;	1,2	20	0,90 a 1,30;	0,4
7	0,30 a 1,70;	1,4	21	0,90 a 1,50;	0,6
8	0,50 a 0,70;	0,2	22	0,90 a 1,70;	0,8
9	0,50 a 0,90;	0,4	23	1,10 a 1,30;	0,2
10	0,50 a 1,10;	0,6	24	1,10 a 1,50;	0,4
11	0,50 a 1,30;	0,8	25	1,10 a 1,70;	0,6
12	0,50 a 1,50;	1	26	1,30 a 1,50;	0,2
13	0,50 a 1,70;	1,2	27	1,30 a 1,70;	0,4
14	0,70 a 0,90;	0,2	28	1,50 a 1,70;	0,2

Os critérios para adoção da melhor equação foram: Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), Erro padrão da estimativa (S_{yx}), Coeficiente de variação (CV) e Análise gráfica dos resíduos (SILVA; PAULA NETO, 1979; FINGER, 1992; PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 1993; SCHNEIDER et al., 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Volume

A espécie *Mimosa tenuiflora*, apresentou CAP máximo de 53 cm e altura média de 5,43 m e

número máximo de 15 galhos (Tabela 4).

TABELA 4: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionados ao volume observado de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; VG: volume de galho (m³); VF: volume do fuste (m³); VT: volume total (m³).

TABLE4: Descriptive statistics of parameters related to the volume observed dendrometric species native to an area of caatinga in Itapemirim Farm, Forest-PE. Where: CAP: circumference at 1.3m, m, H: total height, in m; NG: number of branches; CG: circumference at the base of the largest branch, VG: limb volume (m³), VF: volume stem (m³), VT: total volume (m³).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	VG	VF	VT
Média	0,22682	5,43091	3,50000	0,13341	0,00982	0,01417	0,02399
Erro padrão	0,02749	0,34724	0,96643	0,02554	0,00375	0,00322	0,00670
CV%	56,85	29,99	129,51	89,81	179,23	106,67	130,94
Desvio padrão	0,12895	1,62869	4,53295	0,11982	0,01760	0,01512	0,03142
EA%	48,48	25,57	110,45	76,59	152,85	90,97	111,67
Variância da amostra	0,01663	2,65264	20,54762	0,01436	0,00031	0,00023	0,00099
Curtose	-0,07262	-0,30241	1,01470	-0,78442	7,43619	1,54604	5,16774
Assimetria	0,74812	0,71660	1,43576	0,47234	2,60980	1,42678	2,16225
Intervalo	0,46	5,9	15	0,38	0,07247	0,05487	0,12734
Mínimo	0,07	3,2	0	0	0	0,00061	0,00061
Máximo	0,53	9,1	15	0,38	0,07247	0,05548	0,12795
Soma	4,99	119,48	77	2,935	0,21607	0,31175	0,52782
Contagem	22	22	22	22	22	22	22
Nível de confiança (95,0%)	0,05717	0,72212	2,00980	0,05312	0,00780	0,00670	0,01393

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: as equações 1, 5 e 6 perderam a variável CG, a equação 9 perdeu a variável NG², a equação 10 ficou com apenas as variáveis S1315 e S1517, as equações 11 e 12 utilizaram a seção S1315, e a equação 12 perdeu CG.

O coeficiente de variação oscilou de 19,06 a 46,00%, apresentando valores de R²_{aj.} entre 0,8752 e 0,9803. Com relação ao S_{yx}, os valores variaram de 0,0047 a 0,0113. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo $8V_i = \beta_0.CAP_i^{\beta_1}.H_i^{\beta_2} + \varepsilon_i$ (R²= 98,03%, S_{yx}= 0,0047 e CV= 19,06%) e o modelo $3 V_i = \beta_0 + \beta_1.CAP_i^2 + \beta_2.H_i + \beta_3.CG_i^2 + \varepsilon_i$ (R²= 97,83%, S_{yx}= 0,0047 e CV= 19,17%) apresentaram melhores desempenho para estimar o volume de *Mimosa tenuiflora* da vegetação que os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 1 (Tabela 5).

Araújo et al. (2004), estimando volume de *Mimosa tenuiflora* as 5 anos de idade, o modelo de Spurr (R²= 0,93 e S_{yx}= 0,08) apresentou o melhor ajuste quando comparado ao modelo linear.

Houve uma tendência a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas maioria das equações. O modelo 8 apresentou a distribuição dos resíduos mais homogêneo com relação aos demais (Figura 3). Para Araújo et al. (2004), o modelo linear testado apresentou subestimação dos valores de volume das árvores de menor DAP, chegando a erro maior que 500% na estimação do volume de *Mimosa tenuiflora*.

Biomassa verde

As amostras de *Mimosatenuiflora* variaram o CAP de 7 a 53 cm, com altura média de 5,43 m e peso verde máximo de fuste e galhos de 77 e 72 kg, respectivamente (Tabela 6).

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: equação 1 perde a variável CG, as equações 2 e 3 perderam a variável H, a equação 4 perdeu a variável NG, as equações 5 e 6 perderam a variável CG, a equação 9 perdeu a variável NG, a equação 10 permaneceu a seção S1115, as equações 11 e 12 utilizou a seção S1115 como uma das variáveis, a equação 11 perdeu NG e 12 perdeu CG, ficando ambas iguais a equação 10.

TABELA 5: Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações testadas para a estimativa de volume do Grupo B, um área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

TABLE5: Estimates of parameters and measures of accuracy of the equation tested to estimate the volume of Group B, an area of caatinga in Itapemirim Farm, Forest-PE.

Eq.	Coeficientes				R ² _{aj} (%)	S _{yx}	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$			
1	0,010021	1,168306	-0,281982		87,52	0,0113	46,00
2	-0,011150	0,842401	-0,183097	0,230930	88,38	0,0109	44,39
3	0,003163	0,804243	-0,087824	0,268306	97,83	0,0047	19,17
4	0,004790	0,959873	-0,112646	0,129932	97,11	0,0055	22,14
5	-0,001432	0,770586	0,258034		97,23	0,0053	21,67
6	-0,004450	0,852011	0,154722		96,72	0,0058	23,57
7	0,000063	0,974771			94,76	0,0073	29,87
8	4,498295	2,857976	-0,852833		98,03	0,0047	19,06
9	-0,003984	0,702705	0,305097		97,63	0,0049	20,03
10	-0,003363	1,706677	-0,726245		97,85	0,0054	21,85
11	-0,004141	0,876003	0,128374		97,08	0,0055	22,26
12	-0,003993	0,984363			96,73	0,0058	23,54

Em que: Eq. = equações; $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ = coeficientes das equações; R²_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações (Tabela 2).

TABELA 6: Estatística descritiva dos parâmetros dendrométricos relacionadas a biomassa verde observada de espécies nativas de uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: CAP: circunferência a 1,3m, em m; H: altura total, em m; NG: número de galhos; CG: circunferência na base do maior galho; PF: peso do fuste (kg); PG: peso de galho (kg); PT: peso total (kg).

TABLE6: Descriptive statistics of parameters related to green biomass dendrometric observed species native to an area of caatinga in Itapemirim Farm, Forest-PE. Where: CAP: circumference at 1.3m, m; H: total height, in m; NG: number of branches; CG: circumference at the base of the largest branch; PF: trunk weight (kg); PG: weight branch (kg); PT: total weight (kg).

Parâmetros	CAP	H	NG	CG	PF	PG	PT
Média	0,2268	5,4309	3,5000	0,1334	16,7273	10,1773	26,9045
Erro padrão	0,0275	0,3472	0,9664	0,0255	3,9452	3,7831	7,5322
CV%	56,85	29,99	129,51	89,81	110,63	174,35	131,31
Desvio padrão	0,1289	1,6287	4,5329	0,1198	18,5047	17,7445	35,3291
EA%	48,48	25,57	110,45	76,59	94,34	148,69	111,98
Variância da amostra	0,0166	2,6526	20,5476	0,0144	342,4221	314,8676	1248,1481
Curtose	-0,0726	-0,3024	1,0147	-0,7844	4,5884	6,9480	6,5487
Assimetria	0,7481	0,7166	1,4358	0,4723	1,9854	2,5516	2,3935
Intervalo	0,46	5,9	15	0,38	75,5	72	147,5
Mínimo	0,07	3,2	0	0	1,5	0	1,5
Máximo	0,53	9,1	15	0,38	77	72	149
Soma	4,99	119,48	77	2,935	368	223,9	591,9
Contagem	22	22	22	22	22	22	22
Nível de confiança (95,0%)	0,0572	0,7221	2,0098	0,0531	8,2045	7,8675	15,6641

O coeficiente de variação variou de 33,24 a 58,38%, apresentando valores de R²_{aj} entre 0,8023 e 0,9418. Com relação ao S_{yx}, os valores variaram de 8,94 a 15,71. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo $3Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i^2 + \varepsilon_i$ (R² = 97,10%, S_{yx} = 0,0075 e CV = 19,96%) apresentaram melhor desempenho para estimar biomassa verde de *Mimosa tenuiflora* que os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 1 (Tabela 7).

Resende et al. (2006), pesquisando equações para ajustes de volume em áreas de cerrado, descreveram que o volume das árvores apresentaram coeficiente de determinação variando de 0,948 a 0,980 e erro percentual de 25,03 a 30,24%. Observaram também a variabilidade natural existente na estrutura da vegetação e nas formas dos troncos das espécies lenhosas desta fitofisionomia, ocasionando um maior número de “outliers” nos gráficos de volume e conseqüentemente influenciando o erro médio absoluto. Segundo esses autores, erros entre 15 e 30% em ajustes dos dados de diâmetro e altura dos indivíduos arbóreos para volume e equações regionalizadas podem ser consideradas plenamente

aceitáveis.

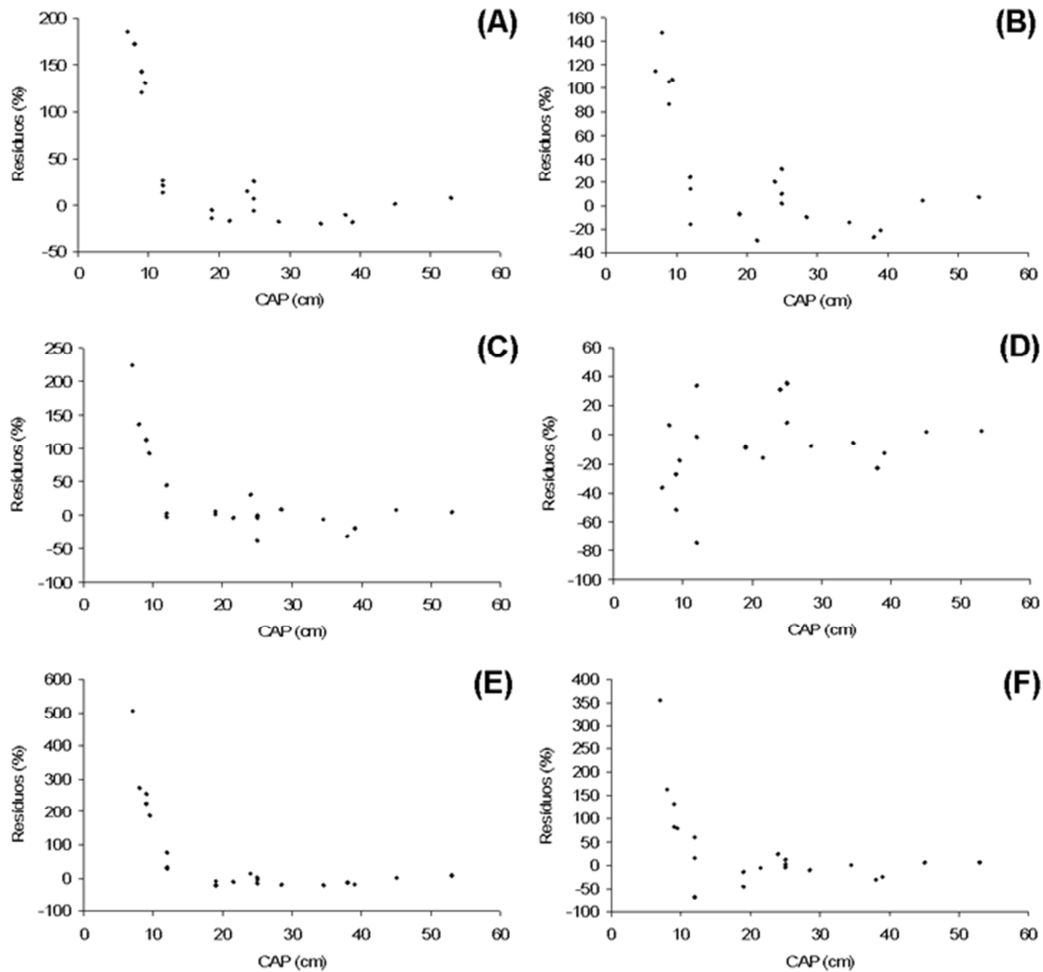


FIGURA 3: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar volume de árvores de *Mimosa tenuiflora* em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 10. (*) Modelos das equações, ver tabela 2.

FIGURE3: Distribution of wastein relation to thepercentageofCAPmodels, withbetter measuresof accuracy,to estimatethe volume of*Mimosatenuiflora*treesin an area of caatingainItapemirimFarm, Forest-PE. Where:A =3equation, the equationB=4C =5the equationD =8equation, E = 9equation, F = 10equation. (*)Modelsof the equations,see Table2.

Após aplicar o procedimento Stepwise nos modelos testados, as novas equações assim ficaram: equação 1 perde a variável CG, as equações 2 e 3 perderam a variável H, a equação 4 perdeu a variável NG, as equações 5 e 6 perderam a variável CG, a equação 9 perdeu a variável NG, a equação 10 permaneceu a seção S1115, as equações 11 e 12 utilizou a seção S1115 como uma das variáveis, a equação 11 perdeu NG e 12 perdeu CG, ficando ambas iguais a equação 10.

O coeficiente de variação variou de 33,24 a 58,38%, apresentando valores de R^2_{aj} entre 0,8023 e 0,9418. Com relação ao S_{yx} , os valores variaram de 8,94 a 15,71. Considerando as medidas de precisão, observou-se que o modelo $3Y_i = \beta_0 + \beta_1.CAP_i^2 + \beta_2.CG_i^2 + \varepsilon_i$ ($R^2 = 97,10\%$, $S_{yx} = 0,0075$ e $CV = 19,96\%$) apresentaram melhor desempenho para estimar biomassa verde de *Mimosa tenuiflora* que os demais modelos, e com pior ajuste o modelo 1 (Tabela 7).

Resende et al. (2006), pesquisando equações para ajustes de volume em áreas de cerrado, descreveram que o volume das árvores apresentaram coeficiente de determinação variando de 0,948 a 0,980 e erro percentual de 25,03 a 30,24%. Observaram também a variabilidade natural existente na estrutura da vegetação e nas formas dos troncos das espécies lenhosas desta fitofisionomia, ocasionando um maior número de “outliers” nos gráficos de volume e consequentemente influenciando o erro médio absoluto. Segundo esses autores, erros entre 15 e 30% em ajustes dos dados de diâmetro e altura dos indivíduos arbóreos para volume e equações regionalizadas podem ser consideradas plenamente aceitáveis.

TABELA 7: Resultado da análise de regressão do ajustes das equações testadas para a estimativa de biomassa verde de espécies nativas de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE.

TABLE7: Results of regression analysis of the adjustments of the equations tested to estimate green biomass of native species in caatinga Itapemirim Farm, Forest-PE.

Eq.	coeficientes			R^2_{aj} (%)	S_{yx}	CV (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$			
1	-13,614113	1,094289	-0,233304	80,23	15,71	58,38
2	-21,857638	0,653444	0,298943	81,79	15,07	56,03
3	-4,021515	0,683737	0,303586	92,84	9,45	35,13
4	-7,100947	1,057663	-0,128326	91,73	10,16	37,77
5	-0,967698	0,802120	0,200000	92,96	9,37	34,83
6	-4,726952	0,858508	0,120457	91,49	10,30	38,29
7	0,081630	0,959791		91,72	10,16	37,77
8	1459,008402	2,762912	-0,279146	94,18	8,94	33,24
9	-4,021515	0,683737	0,303586	92,84	9,45	35,13
10	-4,424685	0,961681		92,11	9,93	36,89
11	-4,424685	0,961681		92,11	9,93	36,89
12	-4,424685	0,961681		92,11	9,93	36,89

Em que: Eq. = equações; $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ = coeficientes das equações; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; Modelos das equações (T)abela 2.

Houve uma tendência a subestimação do volume das árvores de menor diâmetro pela maioria das equações. O modelo 8 apresentou as menores amplitude do gráfico de resíduos, abaixo de 60% (Figura 4).

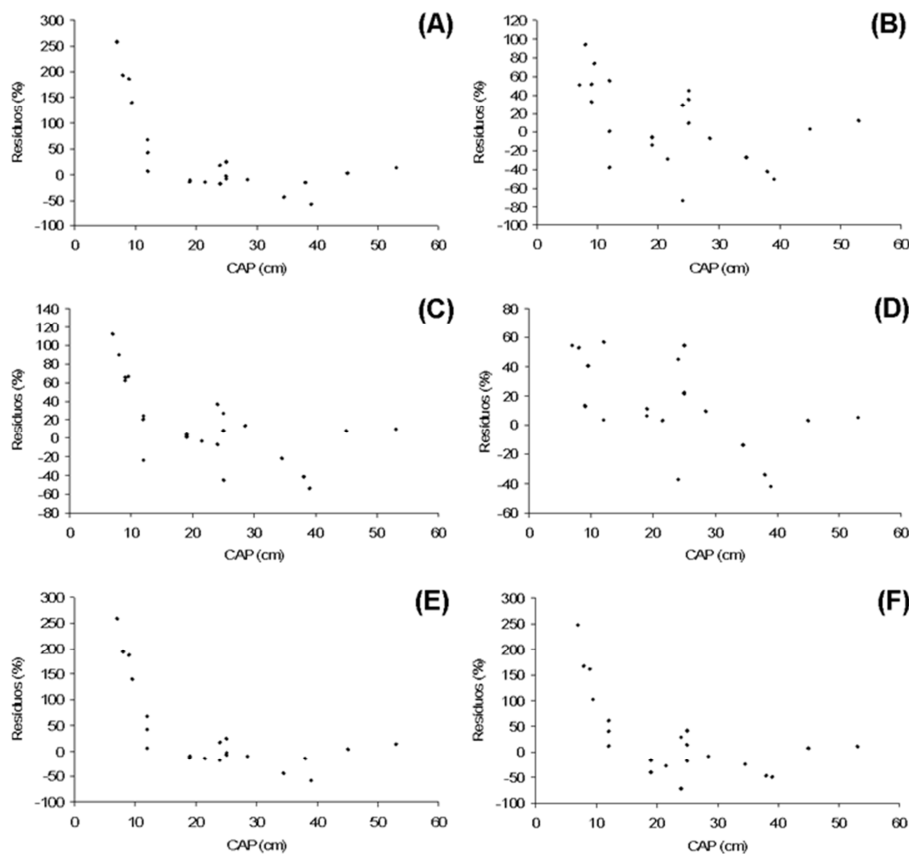


FIGURA 4: Distribuição dos resíduos percentuais em relação ao CAP de modelos testados, com melhores medidas de precisão, para estimar biomassa verde de árvores de *Mimosatenuiflora* em uma área de caatinga na Fazenda Itapemirim, Floresta-PE. Em que: A = equação 3; B = equação 4; C = equação 5; D = equação 8; E = equação 9; F = equação 10. (*) Modelos das equações, ver tabela 2.

FIGURE4: Distribution of waste in relation to the percentage of CAP models, with better measures of accuracy, to estimate green biomass of *Mimosatenuiflora* trees in an area of caatinga in Itapemirim Farm, Forest-PE. Where: A = 3 equation, the equation B = 4 C = 5 the equation D = 8 equation, E = 9 equation, F = 10 equation. (*) Models of the equations, see Table 2.

Sampaio et al. (2010) estudando a validação de equações já desenvolvidos para quatro espécies da caatinga de áreas consideradas maduras e ajustou novas equações específicas para a regeneração destas espécies, após serem cortadas para lenha. As melhores equações para estimar a biomassa (kg) das partes aéreas, foi com base no diâmetro do fuste à altura de 1,3 m (DAP), *Mimosaopthalmocentra*, $B = 0.4369DAP^{1.8493}$, ($R^2=0,81$); e *Mimosatenuiflora*, de duas procedências, $B = 0.3344DAP^{1.9648}$ ($R^2=0,70$) e $0.4138DAP^{1.7718}$ ($R^2=0,64$) e com menores ajuste as equações que utilizavam a variável combinada de DAP (cm) com altura total das plantas H (m), área da copa C (m²) e/ou densidade da madeira (g. cm⁻³).

Avaliando as distribuições dos resíduos das estimativas, foi observado um erro percentual maior para as classes menores. Campos et al. (2001), estimando volume de povoamentos mistos de mata nativa em Minas Gerais verificou erros para volume de galhos superiores da 500%, bem como a mesma superestimação para volumes nas classes de DAP até 20 cm. Higuichi et al. (1998), Chambers et al. (2001), Santos et al. (2001) identificaram a mesma superestimação para os menores valores de DAP estimando fitomassa acima do solo na Amazônia.

Santos et al. (2006) salientaram que modelos de volume e biomassa testados para espécies nativas folhosas os erros em geral são elevados, devido às espécies possuírem arquiteturas de fuste diferenciadas. Uma solução para melhorar as estimativas dos modelos, seria realizar a divisão dos dados em grupos, por classe diamétrica como realizado por outros estudos (ZÁKIA et al., 1992; REZENDE et al., 2006; SANTOS et al., 2006; SILVA, 2006; IMAÑA-ENCINAS et al., 2009) e sugerida por Campos e Leite (2006), vale salientar, que a estrutura geral da vegetação, descrita no inventário, demonstrou que na amplitude de 1,91 a 7,91 cm concentram 75% dos indivíduos da vegetação (ALVES JUNIOR, 2010).

CONCLUSÕES

As equações apresentaram uma tendência a superestimação do volume das árvores de menor diâmetro pelas equações. O modelo 8: $V_i = \beta_0 \cdot CAP_i^\beta \cdot H_i^\beta + \varepsilon_i$ e modelo 3: $V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot H_i + \beta_3 \cdot CG_i^2 + \varepsilon_i$ apresentaram melhores desempenho para estimar o volume de *Mimosa tenuiflora*. Para estimar biomassa verde de *Mimosatenuiflora* o modelo 3: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot CAP_i^2 + \beta_2 \cdot CG_i^2 + \varepsilon_i$ apresentou melhor desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES JUNIOR, F. T. **Estrutura, biomassa e volumetria de uma área de caatinga, Floresta-PE**. 2010. 123f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustiva-arborea de uma área de caatinga do Sériido, RN, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.
- ARAÚJO, L. V. C.; LEITE, J. A. N.; PAES, J. B. Estimativa da produção de biomassa de um povoamento de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) com cinco anos de idade. **Biomassa & Energia**, Viçosa-MG, v. 1, n. 4, p. 347-352, 2004.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. Desenvolvimento sustentado da caatinga. In: ALVAREZ V.; V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS; Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 125-133.
- BAKKE, I. A. et al.. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. seed germination. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.
- CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A.; ALVES JÚNIOR, F. T. Estrutura e distribuição espacial de *Mimosatenuiflora* (Willd.) Poir. em dois fragmentos de caatinga em Pernambuco. **Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 95-100, abr.-jun., 2011.
- CAMPELLO, F. B. et al. **Diagnóstico florestal da região Nordeste**. Brasília-DF: FAO/IBAMA, 1999. 20p.
- CAMPOS, J. C. C. et al. Estimção de volumes do tronco e da copa de árvores de povoamentos mistos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 25, n. 4, p. 471-480, 2001.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 2 ed. Viçosa-MG: UFV, 2006. 407 p.
- CHAMBERS, J.Q. et al. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production

- in central Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 152, p. 73-84, 2001.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco – ZAPE**. 2007. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/zape>>. Acesso em: 15 dez. 2010.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM, FATEC, 1992. 269 p.
- Higuchi, N. et al. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 153-165, 1998.
- IMAÑA-ENCINAS, J. et al. Equações de volume de madeira para o cerrado de Planaltina de Goiás. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n.1, p. 107-116, 2009.
- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO-ITEP. **Climatologia**. 2010. Disponível em: <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>. acesso em: 25 out. 2010.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 1. ed. Curitiba: os autores, 2003. 309p.
- OLIVEIRA, M. L. R. et al. Estimação do volume de árvores de clones de eucalipto pelo método da similaridade de perfis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, p. 133-141, 2009.
- PÉLLICO NETTO, S. Equivalência volumétrica: uma nova metodologia para estimativa do volume de árvores. **Revista Acadêmica. Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 17-30, 2004.
- PEREIRA FILHO, J. M. et al. Correlação entre o teor de tanino e a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta do feno de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) tratada com hidróxido de sódio. **Livestock Research for Rural Development**, v. 17, n. 8, 2005.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. A determinação de equações volumétricas na engenharia florestal. **IPEF- Série Técnica**, Piracicaba, v. 9, n. 26, p. 1-36, 1993.
- REZENDE, A.V. et al. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa lenhosa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 71, p. 65-76, 2006.
- RIBEIRO, C. A. S. et al. Seleção de modelos volumétricos para leucena no Agreste do Estado de Pernambuco. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 20, n. 72, p. 37-45, 2001.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Uso das plantas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B. et al. (Org.). **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: APNE-CNIP, 2002, v. 1, p. 49-90.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, G. C. Biomass equations for Brazilian semiarid caatinga plants. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 937-945, 2005.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; ROJAS, C. F. L. G.; ARAÚJO, M. S. B. Espacialização do uso da vegetação nativa no semi-árido nordestino. **Revista de Geografia**, Recife, v. 23, p. 117-156, 2006.
- SAMPAIO, E. V. S. B. et al. Tree biomass estimation in regenerating areas of tropical dry vegetation in northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1135-1140, 2010.
- SANTOS, J. et al. Modelos estatísticos para estimar a fitomassa acima do nível do solo da floresta tropical úmida da Amazônia Central. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 25, n. 4, p. 445-454, 2001.
- SANTOS, K. et al. Equações volumétricas por classe diamétrica para algumas espécies folhosas da Floresta Ombrófila Mista no Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 8, n. 1, p. 99-112, 2006.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2009. 294 p.
- SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- SILVA, G. C. **Relações alométricas de dez espécies vegetais e estimativas de biomassa aérea da caatinga**. 1998. 163 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1998.
- SILVA, J. A. A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: UFRPE, 1979. 185 p.
- SILVA, J. A. A. ; BORDERS, B. E. ; BRISTER, G. H. . A tree volume equation based on two lower stem

- diameters for Caribbean Pine in Sri Lanka. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, v 71, n. 2, p. 114-116, 1992.
- SILVA, J. A. A. et al. Equação volumétrica para Eucalyptus spp., na região de Barbalha, Ceará, usando o volume da primeira tora como variável independente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 1, p. 30-37, 1993.
- SILVA, J. A. A.; BORDERS, B. E. A tree volume equation based on two lower stem diameters for loblolly pine in the Southeastern United States. **Southern Journal of Applied Forestry**, USA, v. 3, p. 160-162, 1993.
- SILVA, P. S., SOLANGE, E., PAREYN, F. **Consumo de energéticos florestais do setor domiciliar no Estado de Pernambuco**. Recife: PNUD/FAO/IBAMA/ GOVERNO DE PERNAMBUCO, 1998a. 48 p. (Documento de Campo FAO, 14).
- SILVA, P. S., SOLANGE, E., PAREYN, F. **Consumo de energéticos florestais do setor industrial/comercial no Estado de Pernambuco**. Recife: PNUD/FAO/IBAMA/GOVERNO DE PERNAMBUCO, 1998b. 80 p. (Documento de Campo FAO, 15).
- SILVA, G. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassas de partes aéreas em plantas da caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008.
- SILVA, J. A. **Fitossociologia e relações alométricas em Caatinga nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte**. 2006. 80 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. VIÇOSA-MG: Editora UFV, 2006. 276 p.
- SOUZA, J. A. N.; RODAL, M. J. N. Levantamento florístico em trecho de vegetação ripária de caatinga no Rio Pajeú, Floresta/Pernambuco-Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 54-62, 2010.
- SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: Ronald Press. 1952. 476 p.
- STATSOFT. **STATISTICA** (data analysis software system), version 6. StatSoft, Inc., 2001.
- THOMAS, C. et al. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006.
- VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123p.
- ZÁKIA, M. J. B.; PAREYN, F. G.; RIEGELHAUPT, E. Equações de peso e de volume para oito espécies lenhosa nativas do Seridó, RN. In: IBAMA. **Plano de manejo florestal para a região do Seridó do Rio Grande do Norte**. Natal: PNUD/FAO / IBAMA-Governo do Rio Grande do Norte, 1992. p.1-92. cap.4.

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ESTOQUE DE CARBONO EM UM PLANTIO
DE *Eucalyptus* NO SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

ANALYSIS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF CARBON STOCK IN A
Eucalyptus PLANTATION IN SOUTHERN OF SÃO PAULO

Amanda Candida Ribeiro Nunes¹; José Márcio de Mello²; José Roberto Soares Scolforo³;
Marcela de Castro Nunes Santos⁴; Daniela Cunha da Se⁵

RESUMO

Considerando todas as características biométricas avaliadas numa floresta, a estimativa do estoque de carbono tem grande apelo científico, em função das mudanças climáticas que vêm ocorrendo no planeta. Segundo estudos, os ecossistemas florestais são responsáveis por 20-25% do carbono terrestre, considerando solo e vegetação, o que torna importante a quantificação dos estoques terrestres de carbono. O estudo da dependência espacial de variáveis dentro de uma floresta também é um aspecto relevante para o manejo florestal. É possível que o estoque de carbono tenha alguma relação com a distância entre pontos amostrados, pois fatores ambientais, a que os pontos estão submetidos, agem de maneira semelhante em áreas mais próximas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estimar o estoque de carbono da parte aérea de um povoamento de *Eucalyptus grandis* em idade de corte (7 anos) e sua distribuição espacial dentro da floresta. A área de estudo localiza-se no município de Itapetininga na região sul do estado de São Paulo. Foram avaliadas 130 parcelas. Em cada uma, estimou-se o volume, o peso seco e o estoque de carbono utilizando equações em função de variáveis biométricas. A partir desses dados foi feita a distribuição espacial do estoque de carbono para a área. Para isso, foi feita a análise do semivariograma experimental e através da Krigagem da variável que possibilitou a visualização da distribuição da estimativa do estoque de carbono para eucalipto em idade de corte no plantio.

Palavras-chave: Estoque de carbono; dependência espacial; *Eucalyptus grandis*.

ABSTRACT

Considering all biometric characteristics evaluated in a forest, the estimation of carbon stocks has great science appeal, according to the current climatic changes on the planet. According to studies, forest ecosystems are responsible for 20-25% of terrestrial carbon, considering soil and vegetation, making it important to quantify the terrestrial carbon stocks. The study of the spatial dependence of variables within a forest is also an important issue for forest management. It is possible that the carbon stock has some relation to the distance between sample points, as environmental factors, the points that are submitted, they act similarly in the immediate area. Therefore, the aim of this study was to estimate the woody compartments carbon stock of a *Eucalyptus grandis* plantation in cutting age (7 years) and their spatial distribution within the forest. The study area is located in the municipality of Itapetininga in the southern state of Sao Paulo. We evaluated 130 parcels. In each, we estimated the volume, dry weight and carbon stock using equations for biometric variables. From these data was the spatial distribution of carbon stock for the area. For this, we made the analysis of the experimental semivariogram and kriging through the variable that allowed visualization of the distribution of estimates of carbon stock for eucalyptus plantations in the cutoff age.

Keywords: Carbon stock; spatial dependence; *Eucalyptus grandis*.

INTRODUÇÃO

Entre os diversos serviços ambientais prestados pelas florestas, destacam-se o sequestro e

¹Graduanda em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP37200-000, Lavras- MG. Bolsista do CNPq. amandacr@gmail.com

²Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. josemarcio@dcf.ufla.br

³Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. scolforo@dcf.ufla.br

⁴Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. marcelacns@gmail.com

⁵Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. cunhadase@yahoo.com.br

estocagem do carbono, em função da intensificação do efeito-estufa e conseqüentemente do aquecimento global. Esses fenômenos ocorrem devido ao aumento da concentração dos gases de efeito-estufa, principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), provenientes de emissões antrópicas (RIBEIRO et al., 2009).

De acordo com especialistas de todo o mundo, esse aumento da concentração de gás carbônico pode resultar em mudanças permanentes no clima, imprimindo novos padrões no regime dos ventos, na pluviosidade e na circulação dos oceanos, acarretando profundas modificações nas condições de vida na Terra. Assim sendo, tem-se um consenso mundial de que estratégias devem ser estudadas e empregadas para redução da concentração do CO₂ atmosférico, na tentativa de reduzir o risco de eventuais catástrofes mundiais (SOARES e OLIVEIRA, 2002).

O carbono, no ecossistema terrestre, está presente em diversas formas, incluindo a fauna, a flora, o material em decomposição e o carbono no solo. Dos 560 Pg de carbono que estão estocados na cobertura vegetal, 75% está estocado em florestas. (GRACE, 2001; DIAS, 2006; D'ANDREA, 2010).

Segundo Sanquetta et al. (2004), as árvores estão entre os seres vivos com maior capacidade de armazenar carbono em sua biomassa devido ao seu porte avantajado, à sua longevidade e à possibilidade de crescerem em maciços. Por isso as florestas são consideradas como sumidouros de carbono e o reflorestamento aceito como meio efetivo de capturar o gás carbônico da atmosfera poluída. O acúmulo de carbono em uma floresta se dá em todos os seus compartimentos: folhagem, galhos, fuste, raízes, serapilheira ou material caído (incluindo folhagem e madeira morta) e também na camada orgânica do solo (SOUZA, 2010).

O crescente aumento da demanda de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL, em virtude da ascensão do mercado de créditos de carbono, torna a quantificação do carbono estocado na biomassa florestal ferramenta importante, já que os dados gerados podem ser considerados fontes primárias de informação para a proposição de novos projetos no âmbito do MDL.

Por esses motivos, os estudos de estoque de carbono em florestas são fundamentais para a tomada de decisões no manejo dos recursos florestais (PÁSCOA et al., 2004). O interesse na completa utilização da árvore (raízes, tronco, ramos), o uso dos resíduos na manufatura de produtos florestais, a quantificação de material combustível em relação ao potencial de incêndio de uma floresta e outras abordagens aumentam a importância dos estudos de biomassa (HUSCH et al., 1982; PHILIP, 1994; SILVEIRA 2010).

Segundo Scolforo (1994), o conhecimento do crescimento e da produção presente e futura de árvores em povoamentos florestais é elemento fundamental no manejo florestal sustentável, sendo necessário possuir informações sobre a existência de relações quantitativas e modelos matemáticos que sejam consistentes e, numericamente, compatíveis para a predição do desenvolvimento do povoamento em qualquer idade. Sendo assim, um dos aspectos importantes do manejo de florestas, nativas e plantadas, é saber como os indivíduos crescem ao longo do tempo. O crescimento é avaliado tendo-se como referência diferentes características biométricas, tais como volume, área basal, diâmetro, altura, peso seco e estoque de carbono. Sabe-se que o crescimento destas características está ligado diretamente aos aspectos edafoclimáticos (solo e clima) bem como, técnicas de manejo.

Os estudos das variáveis de uma floresta e suas correlações servem de subsídio ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas de mensuração dessas variáveis. No entanto, muitos desses estudos são realizados sem considerar a dependência espacial que existe para as variáveis de uma floresta, ou ainda, sem se preocupar com a sua representação no espaço. Estima-se que mais de 80% das publicações na literatura ecológica não consideram a estrutura de dependência espacial (DORMANN, 2007) ao mesmo tempo em que estudos ecológicos apontam que, se não todas, a maioria das comunidades são espacialmente estruturadas e que os métodos de amostragem devem ser robustos, para detectar diferentes níveis de autocorrelação espacial (GOSLEE, 2006).

Uma possível forma de modelar esse padrão espacial incorporando a estrutura de continuidade espacial é pela abordagem de modelagem geoestatística que associa o grau de dependência espacial a medidas de distância e direção entre os pontos amostrados (VIOLA, 2007). Além de incorporar a estrutura de continuidade espacial, tais modelos permitem prever valores em pontos não amostrados, possibilitando a construção de mapas que descrevem a distribuição espacial de variáveis de interesse. (ODA-SOUZA et al., 2010). Mello et al. (2005) e Mello et al. (2008) também relatam a supremacia do interpolador geoestatístico, em suas respectivas áreas de estudo.

Nesse sentido, as análises estatísticas clássicas que consideram a independência entre as amostras, baseadas na média, vêm sendo substituídas por análises geoestatísticas fundamentadas na teoria das variáveis regionalizadas (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989), associada à modelagem do melhor semivariograma possível (MELLO et al., 2008), complementando os métodos de inventário florestal, levando tais trabalhos a uma maior precisão.

A quantificação de biomassa florestal, conforme Salati (1994) divide-se em métodos diretos e indiretos. Métodos diretos implicam determinações, pelo fato de as árvores serem cortadas e seus componentes separados e pesados. A estimativa direta da biomassa de florestas é dificultada pelas dimensões das árvores, tornando-se trabalhosa, cara e dependente de tempo e recursos humanos

adequados. Além disso, a legislação ambiental vigente visa proteger os ecossistemas, dificultando a aplicação de métodos destrutivos.

Nos métodos indiretos, são feitas estimativas baseadas principalmente em dados advindos dessas determinações, assim como de dados originados de inventários florestais, empregando-se fatores e equações de biomassa que transformam dados de diâmetro, altura ou volume em tais estimativas (SOMOGYI et al., 2006).

Métodos indiretos foram desenvolvidos por vários autores, baseados nas relações alométricas existentes entre o peso das árvores e suas dimensões lineares Whittaker et al. (1974) e Golley et al. (1978), entre outros, desenvolveram modelos para estimativa de biomassa a partir de diâmetro e altura das árvores, ou através da associação dessas variáveis. Porém, a quase inexistência de dados primários de campo dificulta a verificação da adequação dos modelos (EGUNJOBI, 1976), que podem variar em função da arquitetura das florestas e das densidades das madeiras presentes (MOREIRA-BURGER e DELITTI, 1999).

Seguindo parâmetros observados em literatura e considerando o gênero *Eucalyptus* como importante para o sequestro de carbono atmosférico, haja vista o seu rápido crescimento e a sua alta produtividade (SOARES e OLIVEIRA, 2002), o objetivo deste estudo foi estimar o estoque de carbono da parte aérea de árvores de *Eucalyptus grandis* em idade de corte (7 anos) pertencentes a um plantio da antiga Votorantim Celulose e Papel (VCP), e sua distribuição espacial dentro da floresta utilizando métodos indiretos.

MATERIAL E MÉTODO

Descrição da Área

O trabalho foi conduzido numa área de 986,78 hectares de *Eucalyptus grandis* provenientes de sementes, com 7 anos de idade, plantados num espaçamento de 3x2 m. O plantio avaliado localizou-se no município de Itapetininga na região sul do estado de São Paulo. A área em estudo apresentou coordenadas geográficas 23°56' de latitude sul e 42°21' de longitude oeste, com uma altitude média de 655 m. O clima da região classificou-se como mesotérmico úmido, sem estiagem, com temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e com frequência média de geada de 5 a 10 dias por ano. A precipitação e a temperatura média anual, respectivamente, foram de 1600 mm e 20°C. O solo predominante na área foi Latossolo Vermelho Distrófico (MELLO et al., 2005).

Coleta de Dados

Os dados para realização do presente estudo foram obtidos a partir de um experimento com parcelas de 525m², sistematizadas em toda a área, distantes entre si de 500 metros. Cada parcela foi georreferenciada num ponto do vértice superior esquerdo. Ao todo foram avaliadas 130 parcelas. Em cada uma, mediu-se o diâmetro de todas as árvores, a altura das 10 primeiras plantas e a altura dominante conforme o conceito de Assmam (PRODAN et al., 1997).

Obtenção da estimativa do estoque de carbono

O volume por parcela foi calculado por equação desenvolvida para o projeto específico e os dados foram trabalhados a partir do volume em m³ por hectare. Para a densidade foi tomado o valor de 446,8 Kg/m³ segundo estudos feitos no sul de Minas Gerais por Scolforo et al. (2008), que fixam este valor para *Eucalyptus* spp aos 7 anos de idade, oriundos de semente, na primeira rotação, como é o caso deste estudo.

Com os dados de volume e densidade em Kg/m³ é possível calcular o peso seco. Isso foi feito a partir da fórmula:

$$\text{Peso seco} = \text{Volume total da parcela} * (\text{Densidade}/1000). \quad (1)$$

A expressão (1) determina diretamente o valor do peso seco em toneladas por hectare. Isso foi calculado para cada parcela.

Segundo literatura o teor de carbono é metade do peso seco. Portanto, multiplicando o peso seco por 0,5 foi obtida a estimativa do estoque de carbono por parcela, também dado em toneladas por hectare.

Foi feita a análise exploratória, com cálculo de média, desvio padrão e coeficiente de variação dos dados, o que, segundo Mello (2009), juntamente com a construção dos gráficos de histograma, auxilia na observação do comportamento relacionado à forma, à distribuição e à tendência central (Normalidade) dos dados.

Obtida tal estimativa – quantidade de carbono – por parcela juntamente com as coordenadas de cada parcela, foi possível fazer uma análise estatística espacial para avaliar a distribuição dessa variável.

Foi ajustado semivariograma experimental, três modelos espaciais (exponencial, esférico e gaussiano) e selecionado o modelo que melhor explicava a semivariância. Selecionado o modelo, os parâmetros do mesmo (efeito pepita (C_0), o patamar (C_0+C) e o alcance da dependência espacial (a))

foram utilizados para a krigagem da variável estoque de carbono na área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total da estimativa do estoque de carbono de todas as parcelas e as principais medidas de posição e apresentados na tabela 1.

Foi possível verificar que um hectare de eucalipto aos 7 anos de idade proveniente de semente possui um estoque de carbono, em média, 58,28 toneladas. Isto implica que, considerando a área total de 986,78 hectares, a estimativa do estoque de carbono é de aproximadamente 58 mil toneladas.

TABELA 1: Análise exploratória da estimativa do estoque de carbono.

TABLE 1: Exploratory analysis of the estimation of carbon stock.

Análise exploratória da estimativa do estoque de carbono	
Total (ton)	57514,88405
Média (ton/ha)	58,28541727
Desvio padrão (ton/ha)	7,351393797
CV (%)	12,61274971

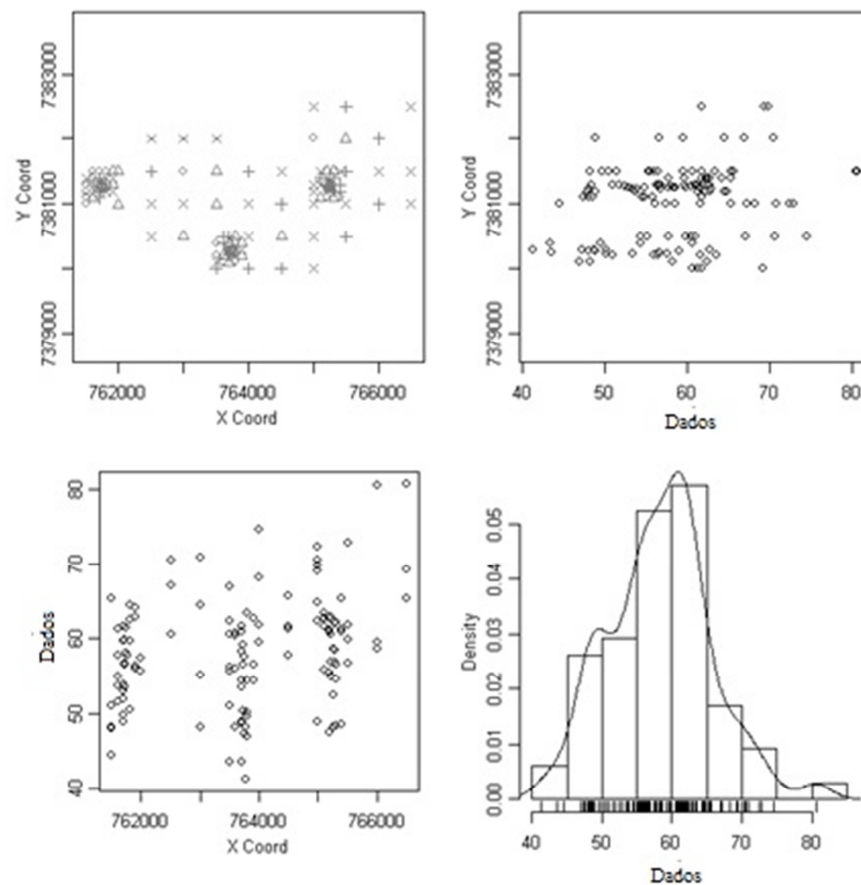


FIGURA 1: Gráficos da análise exploratória dos dados.

FIGURE 1: Graphs of exploratory data analysis.

Os gráficos da análise exploratória da estimativa do estoque de carbono permitem visualizar o comportamento dos dados e a sua distribuição. Observando os gráficos que plotam os dados em relação à longitude e à latitude já se observa, pelo agrupamento dos pontos, uma disposição à dependência espacial. O histograma revela um comportamento aproximadamente normal dos dados, o que é conveniente para o estudo geoestatístico. Além disso, é possível observar a presença ou não de tendência. Estas são características importantes pra se proceder com as demais análises geoestatísticas.

Como já visto em outros trabalhos, a grande maioria dos plantios de eucalipto apresentam dependência espacial. O modelo que melhor se ajustou ao semivariograma, onde observa-se que os dados apresentam dependência espacial, foi o modelo exponencial, (Figura 2).

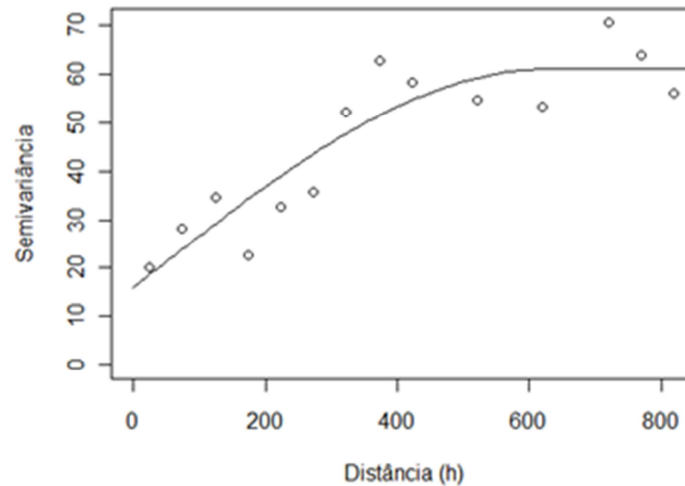


FIGURA 2: Semivariograma experimental com ajuste da função exponencial para a variável estimativa do estoque de carbono.

FIGURE 2: Experimental semivariogram of the fitted exponential function for estimation of carbon stock.

Os parâmetros do modelo escolhido foram: efeito pepita (C_0): 16,9303, o patamar (C_0+C): 75,0100 e o alcance da dependência espacial (a): 654,6275.

A krigagem (Figura 3) mostrou a interpolação da estimativa do estoque de carbono para toda a área. A estratificação dos dados foi dividida em quatro classes iguais, onde o valor 0 (tom mais claro) representa os locais com menor teor de carbono e os de valor 3 (tom mais escuro) os de maior teor. Esse tipo de procedimento possibilita uma análise visual da característica estudada, facilitando a visualização da distribuição da variável na área. O carbono não tem uma distribuição uniforme em toda a área. Fato que está relacionado com a volumetria, conforme mostrado por Mello (2004).



FIGURA 3: Krigagem da estimativa do estoque de carbono na área.

FIGURE 3: Kriging estimation of carbon stock in the area.

CONCLUSÃO

O estudo mostrou que o plantio de *Eucalyptus grandis* com 7 anos de idade e proveniente de semente é capaz de estocar aproximadamente 58 toneladas de carbono por hectare. A estimativa do estoque de carbono para eucalipto possui dependência espacial na área estudada e o modelo espacial melhor ajustado foi o exponencial e o mapa de krigagem gerado é de grande utilidade na interpretação da distribuição dos dados. O cultivo de florestas é uma forma de estocagem de carbono, o que é de grande importância considerando o atual aquecimento global, que pode chegar a mudar o clima do planeta permanentemente.

BIBLIOGRAFIA BIBLIOGRÁFICA

D'ANDREA, A.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CURI, N.; SILVA, C. A. Variações de curto prazo

- no fluxo e variabilidade espacial do CO₂ do solo em floresta nativa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, 2010.
- DIAS, J. D. **Fluxo de CO₂ proveniente da respiração do solo em áreas de florestas nativas da Amazônia**. Dissertação de Mestrado em Solos, Escola Superior Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba. 2006. 88p.
- DORMANN, C. F. Effects of incorporating spatial autocorrelation into the analysis of species distribution data. **Global Ecology and Biogeography**, 16, p.129-138. 2007.
- EGUNJOBI, J. K. An evaluation of five methods for estimating biomass of an even-aged plantation of *Pinus caribaea* L. **Oecologia Plantarum**, 11, p. 109-116. 1976.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I; DUEVER, M.J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. EDUSP, São Paulo. 1978.
- GOSLEE, S. C. Behavior of vegetation sampling methods in the presence of spatial autocorrelation. **Plant Ecology**, Dordrecht, n. 187, p. 203-212, 2006.
- GRACE, J, Carbon cycle. In: **ENCYCLOPEDIA of biodiversity**. New York: Academic Press, 2001. V.1, p 609-629
- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402 p.
- ISAACS, E. H.; SRIVASTAVA R. M. **An Introduction to Applied Geostatistics**. New York, Oxford University Press, 1989. 560p.
- MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; MELLO, J. M.; SILVA, A. M. Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 532-539, , 2008
- MELLO, J. M.; BATISTA, J. L. F.; OLIVEIRA, M. S.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Cerne**. v 11. n 002. pp. 113-126. 2005.
- MELLO, J. M.; DINIZ, F. S.; OLIVEIRA, A. D. MELLO, C. R.; SCOLFORO, J. R. S.; ACERBI JUNIOR, F. W. Continuidade espacial para características dendrométricas (número de fustes e volume) em plantios de *Eucalyptos grandis*. **Árvore**. v 33. n 01. 2009.
- MELLO, J. M. **Geostatística Aplicada ao Inventário Florestal**, Piracicaba – ESALQ. Tese de Doutorado em Recursos Florestais. 2004. 110f.
- MOREIRA-BURGER, D.; DELITTI, W. B. C. Fitomassa epígea da mata ciliar do rio Mogi-Guaçu, Itapira - SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 3, p. 429-435, 1999.
- ODA-SOUZA, M.; BATISTA, J. L. F.; RIBEIRO JUNIOR, P. J.; RODRIGUES, R.R. Influência do tamanho e forma da unidade amostral sobre a estrutura de dependência espacial em quatro formações florestais do estado de São Paulo. **Floresta**, v. 40, n. 4, 2010.
- PÁSCOA, F.; MARTINS, F.; SALAS, R.; JOÃO, C. **Estabelecimento simultâneo de equações de biomassa para o Pinheiro Bravo**. In, *II simposio Iberoamericano sobre Gestión y Economía Forestal, Barcelona, 18-20 Septiembre, 2004*.
- PHILIP, M. S. **Measuring trees and forests**. 2. ed. New York: CAB International, 1994. 336 p. Piracicaba, 2007.
- PRODAN, M., PETERS, R., COX, F., REAL, P. **Mensura Florestal**, Costa Rica: SanJosé, 1997. 586p.
- RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L.; NARDELLI, A. M. B. Quantificação De Biomassa E Estimativa De Estoque De Arbono Em Uma Floresta Madura No Município De Viçosa, Minas Gerais. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.917-926, 2009.
- SALATI, E. **Emissão x Sequestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil**. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CVRD, p. 15-37, 1994.
- SANQUETTA, C. R.; ZILLIOTTO, M. A. B. (ed.) **Carbono Ciência e Mercado Global**. Curitiba/Paraná, 241-265p. 2004.
- SCOLFORO, J. R. **Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal: Parte 1**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 182p.
- SILVEIRA, P. Estimativa da Biomassa e carbono acima do solo em um fragmento de Floresta Ombrófila

Densa utilizando o método da derivação do volume comercial. **Floresta**, v. 40, n. 4, 2010.

SOARES, Carlos Pedro Boechat and OLIVEIRA, Marcio Leles Romarco de. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Rev. Árvore** [online]. v.26, n.5, p. 533-539. 2002.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, R., MUUKKONEN, P.; LEHTONEN, A.; WEISS, P. Indirect methods of large forest biomass estimation. **Europe Journal Forest Research**, February, 2006.

SOUSA, L. S. **Estoque de carbono em uma jazida revegetada no Distrito Federal : geração de créditos de carbono**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2010. 102p.

VIOLA, D. N. **Deteção e modelagem de padrão espacial em dados binários e de contagem**. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2007. 118 p.

WHITTAKER, R. H.; BORMANN, F. H.; LIKENS, G. E.; SICCAM, T. G. The Hubbard Brook ecosystem study: forest biomass and production. **Ecological Monographs**, v.44, p.233-252. 1974.

USO DE GOAL PROGRAMMING PARA O AJUSTE DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus grandis*

USE OF GOAL PROGRAMMING TO FIT HYPSONOMETRIC MODELS FOR A *Eucalyptus grandis* STAND

André Luiz Raimundo Faria¹; André Lara Miranda Moura²; Eliezer de Almeida Melo³;
Lucas Rezende Gomide⁴; José Márcio Mello⁵

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estimar os parâmetros de três modelos hipsométricos lineares através da *Goal Programming* e por regressão através do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MMO), comparando os resultados entre as metodologias, em um povoamento de *Eucalyptus grandis*. Para isso, utilizou-se uma base de dados composta por 10 parcelas, totalizando 270 árvores, para testar três modelos hipsométricos lineares (Curtis, Stofel e Parabólico). Calculou-se as medidas de precisão dos ajustes. O ajuste via *Goal Programming* (GP) foi possível através da formulação do modelo matemático cujo objetivo foi minimizar os desvios. Os processamentos foram feitos por meio do software R para o ajuste via MMO e via LINGO (SIMPLEX) para a determinação dos coeficientes via GP. Foi detectada a presença de *outliers* para os modelos de Curtis e Stofel. A metodologia de determinação dos parâmetros dos modelos hipsométricos por meio da GP foi considerada satisfatória, sendo os valores obtidos para os parâmetros dos modelos próximos aos obtidos por regressão. Além disso, pode-se destacar que, uma das vantagens da GP é a inexistência dos pressupostos básicos do modelo, exigidos por uma análise de regressão, e a sua consequente validação.

Palavras-chave: Método dos mínimos quadrados; relação hipsométrica; programação linear.

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate equation parameters of three linear hypsometric models using *Goal Programming* as well as using regression analysis through the Ordinary Least Squares method (OLS). In order to test the hypsometric models (Curtis, Stofel and Parabolic) the results of both methodologies were compared using a *Eucalyptus grandis* database which was composed by 10 plots, totaling 270 trees. The adjustments accuracy measurements were calculated. The Goal Programming (GP) adjustment was possible by formulating a mathematical model which the objective function was to minimize the deviations. The software R was used to process the adjustment of the OLS whereas software LINGO was used to process the adjustment of the GP function via Simplex. Outliers presence were identified for Curtis and Stofel models. The methodology used to define the hypsometric models parameters via GP was considered satisfactory since the parameters values obtained were close to those ones obtained by the regression technique. Additionally, it should be noted that equation adjustments using GP does not require the statistical assumptions required by regression analysis and its subsequent validation.

Keywords: Least square methods; hypsometric relationship; linear programming.

INTRODUÇÃO

Muitas vezes na vida profissional é necessário quantificar variáveis que são de difícil mensuração e/ou apresentam alto custo para serem determinadas em grande escala através de métodos

¹Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Bolsista FAPEMIG. andreluiz.ufla@gmail.com

²Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Bolsista CAPES. andremoura33@gmail.com

³Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). eliezermelo@hotmail.com

⁴Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto I do Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório de Estudos em e Projetos em Manejo Florestal, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). lucasgomide@dcf.ufla.br

⁵Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto IV do Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório de Estudos em e Projetos em Manejo Florestal, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). josemarcio@dcf.ufla.br

determinísticos. Um exemplo trata-se da variável altura, importante para estudos de crescimento e produção em florestas. Em populações que apresentam indivíduos com grande porte, a altura de uma árvore torna-se uma variável de difícil mensuração, pois leva muito tempo, tornando-se, assim, uma prática pouco recomendável, tornando as relações hipsométricas ferramentas de grande valia, para levantamentos florestais. Entretanto, uma alternativa à medição da altura de todas as árvores das parcelas está no uso de modelos hipsométricos, que se tratam de relações matemáticas usadas para se estimar a altura das árvores em função de variáveis de mais fácil obtenção como, por exemplo, o diâmetro da árvore a 1,30 metros (DAP). Assim, reduz a necessidade de se medir grande quantidade de árvores, bem como contribui para a redução de custo do inventário. Segundo Machado e Figueiredo Filho (2006), ao longo dos anos o método indireto (relação hipsométrica) de obtenção da variável altura das árvores tem sido o mais utilizado nos inventários florestais.

Segundo Scolforo (1997), a relação hipsométricas é uma opção de trabalho controversa, devido a problemas de ajuste ou degeneração, mas de grande significado prático. É um aspecto importante a ser considerado no sistema de informações, à medida que é utilizada.

A metodologia mais comumente usada para se fazer ajuste de modelos hipsométricos trata-se da regressão por meio do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MMO). Este método tem como objetivo minimizar a soma dos quadrados dos resíduos e usar a média como estimador.

Um dos maiores problemas no uso desta metodologia diz respeito ao cumprimento obrigatório dos pressupostos básicos do modelo: os resíduos devem apresentar distribuição normal, serem independentes e identicamente distribuídos. Quando existe heterogeneidade da variância nos dados os resíduos não possuirão distribuição idêntica e, na presença de autocorrelação, as observações não serão independentes. Além disso, essa metodologia é muito afetada pela presença de *outliers* e observações influentes na base de dados, que podem provocar grandes alterações nos parâmetros do modelo em caso de existência e até mesmo quebrar os pressupostos básicos para análise de regressão pelo MMO. Portanto, se um *outlier* for mantido na base de dados deve-se usar uma metodologia alternativa à dos MMO.

Alguns autores apresentam metodologias para se remediar a presença de tais problemas na base de dados (BOX e COX, 1987; COOK e WEISBERG, 1983; DAVIDIAN e CARROLL, 1987; ATKINSON, 1987; NETER et al., 1996; DRAPER e SMITH, 1998). Entre as metodologias estatísticas usadas para se solucionar estes problemas, estão: transformação de variáveis, uso de regressão ponderada, uso de modelos lineares generalizados, entre outros. Uma maneira de se obter os parâmetros de um modelo de forma determinística pode ser através das técnicas de programação linear, mais especificamente por meio de *Goal Programming*.

Desenvolvida por Charnes e Cooper (1961), *Goal Programming* é uma técnica de programação linear usada quando se tem um problema com múltiplos objetivos que, em sua maioria, são conflitantes entre si e que, portanto, não apresentariam solução factível com o uso das técnicas comuns de programação linear.

Segundo Dykstra (1984), *Goal Programming* é provavelmente a técnica mais amplamente utilizada na programação multiobjetivo e, certamente, é a mais aplicada na resolução de problemas de manejo de recursos naturais. Ainda segundo o mesmo autor, as aplicações típicas desta técnica incluem o manejo de pequenas florestas, produção de madeira, planejamento de uso da terra, avaliação de alternativas de tratamento de resíduo de madeira serrada, entre muitas outras aplicações.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estimar os parâmetros de três modelos hipsométricos lineares através da *Goal Programming* e por regressão através do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários, comparando os resultados entre as metodologias.

MATERIAL E MÉTODO

Obtenção dos Dados

A base de dados utilizada neste estudo foi obtida de um povoamento de *Eucalyptus grandis* localizado no município de Itapetininga na região sul do estado de São Paulo, plantado em um espaçamento de 3 x 2 metros, pertencente à antiga Votorantim Celulose e Papel (VCP), hoje FIBRIA, no ano de 2003. Foram utilizadas 20 parcelas de um estudo realizado por Mello (2004) com área de 525 m² (25 X 21 m) cada e idade de 7 anos.

Seleção dos Modelos Hipsométricos

Foram selecionados três modelos hipsométricos tradicionais para serem ajustados neste trabalho (Tabela 1).

TABELA 5: Modelos hipsométricos selecionados para o desenvolvimento do estudo.

TABLE 1: Hypsometric models selected to develop this study.

Modelos	Equação
Curtis Linearizado	$LnH = \beta_0 + \beta_1 \cdot 1/DAP + \varepsilon$ (1)
Stofel Linearizado	$LnH = \beta_0 + \beta_1 \cdot LnDAP + \varepsilon$ (2)
Parabólico ou Näslund	$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP + \beta_2 \cdot DAP^2 + \varepsilon$ (3)

Em que: $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = Parâmetros dos modelos; DAP = Diâmetro a altura 1,30 m; H = Altura das árvores dominantes e codominantes; ε = Erro; Ln = Logaritmo neperiano.

Ajuste dos Modelos Utilizando Goal Programming

O ajuste dos modelos hipsométricos por meio da *Goal Programming* requer que as variáveis sejam contínuas e irrestritas, devido à natureza das relações entre as variáveis e suas implicações nos parâmetros dos modelos, ou seja, podem assumir tanto valores positivos como negativos.

A formulação matemática seguiu a estrutura de um modelo de programação linear, onde: (4) Representa a função objetivo dimensionada para minimizar a soma dos desvios; e (5), (6) e (7) são restrições do modelo referente a *i-ésima* observação da base de dados.

$$\begin{aligned} \text{Função Objetivo: Minimizar} \quad & Z = \sum_{i=1}^n (d_i^+ + d_i^-) & (4) \\ \text{Sujeito a:} \quad & X_1 + A_i X_2 - d_i^+ + d_i^- = \lambda_i & \square \forall_i (5) \\ & X_1 + B_i X_2 - d_i^+ + d_i^- = \theta_i & \square \forall_i (6) \\ & X_1 + C_i X_2 + D_i X_3 - d_i^+ + d_i^- = \gamma_i & \square \forall_i (7) \\ & X_1; X_2; X_3 \text{ irrestritos} \\ & i = \{1, 2, \dots, n\} & (8) \end{aligned}$$

Em que: (5), (6) e (7) = Representações relacionadas aos modelos (1), (2) e (3) respectivamente e, por isso, ativadas a cada modelo hipsométrico a ser tratado; d_i^+ = Desvio superior referente a *i-ésima* meta em altura; d_i^- = Desvio inferior referente a *i-ésima* meta em altura; A_i = Variável independente do modelo 1 (1/DAP) referente a *i-ésima* árvore; B_i = Variável independente do modelo 2 (Ln DAP) referente a *i-ésima* árvore; C_i ; D_i = Variáveis independentes do modelo 3 (DAP e DAP², respectivamente) referente a *i-ésima* árvore; X_1 ; X_2 ; X_3 = Variáveis de decisão do modelo, representando os parâmetros dos ajustes ($\beta_0, \beta_1, \beta_2$); n = Número total de observações (árvores) da base de dados para ajuste dos modelos.

O modelo de *Goal Programming* foi resolvido utilizando-se o software LINGO 9.0 (*Language for Interactive General Optimizer*) através do algoritmo simplex, por se tratar de variáveis contínuas.

Ajuste dos Modelos via Regressão

Para o ajuste dos modelos por regressão foi utilizado o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MMO), que consiste em minimizar a soma de quadrados dos desvios.

Inicialmente, procedeu-se uma análise exploratória dos dados com o objetivo de se identificar as relações existentes entre as variáveis dos modelos. Também se fez uso do gráfico de Box Plot para identificação de possíveis valores candidatos a *outliers* ou discrepantes. Vários métodos são utilizados para a verificação da existência e da influência dos *outliers* na reta de regressão ajustada. Neste trabalho foi utilizado o gráfico da distância de Cook para confirmação da existência dos mesmos.

Como critério de verificação do ajuste foi realizado a análise paramétrica, além da obtenção do Coeficiente de Determinação (R^2), Coeficiente de Determinação Ajustado (R^2_{ajustado}) e Desvio Padrão Residual (S_{xy}), conforme Tabela 2.

Todas as suposições do modelo de regressão foram verificadas (normalidade, independência e homocedasticidade) por meio da análise visual do gráfico de resíduos. Também foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para confirmação da normalidade dos dados. Este teste consiste em comparar a frequência acumulada observada em um conjunto de dados com a frequência acumulada de distribuição teórica específica. Por esta comparação, pode-se avaliar se os dados observados são provenientes de uma distribuição teórica específica. As análises foram realizadas utilizando o software estatístico R versão 2.13.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

TABELA 6: Estatísticas utilizadas na análise dos modelos ajustados.

TABLE 2: Statistics used in the fitted models analysis.

Estatísticas	Equações
Coeficiente de determinação - R^2	$R^2 = \frac{SQReg}{SQTotal}$ (9)
$R^2_{ajustado}$	$R^2_{aj.} = 1 - (1 - R^2) * \left(\frac{n - 1}{n - p - 1}\right)$ (10)
Erro Padrão Residual - S_{xy}	$S_{xy} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (n - p - 1)}$ (11)
Erro Padrão Relativo - S_{xy} (%)	$S_{xy}(\%) = \frac{S_{xy}}{\bar{Y}} \cdot 100$ (12)

Em que: SQReg = soma de quadrado da regressão; SQTotal = soma de quadrado total; n = número de observações; p = número de parâmetros (Excetuando-se β_0); Y_i = valor observado da variável dependente; \hat{Y}_i = valor estimado da variável dependente; \bar{Y} = Média de Y.

Comparação dos Resultados

A comparação entre os resultados gerados pela análise de regressão e *Goal Programming* foi através dos gráficos de resíduos, o somatório dos resíduos em módulo, o somatório dos resíduos elevado ao quadrado e a Média dos Erros Percentuais Absolutos (*Mean Absolute Percentage Errors – MAPE*).

A seguir é apresentada a fórmula para o cálculo da MAPE segundo metodologia proposta por Ahmed et al (2005). Uma vez que a MAPE é obtido em valores percentuais, esta medida se torna particularmente útil para comparar o desempenho de modelos em diferentes unidades.

$$MAPE = \sum_{i=1}^n \left[\frac{|e_i|}{y_i} \cdot (100) \right] / n \quad (13)$$

Em que: n = Número de observações = Número de restrições do modelo/metast; e_i = Resíduo referente a *i*-ésima observação da base de dados; y_i = Valor observado referente a *i*-ésima observação da base de dados;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das variáveis de decisão obtidas através de *Goal Programming* estão apresentados na Tabela 3, onde se percebeu que as variáveis de decisão X_2 (Modelo 1) e X_3 (Modelo 3) assumiram valores negativos. O valor do sinal negativo foi esperado, indicando a natureza do comportamento da relação.

TABELA 7: Parâmetros ajustados por meio de *Goal Programming* para os 3 modelos hipsométricos.TABLE 3: Fitted parameters by *Goal Programming* for the 3 hypsometric models.

Modelo	Variável de Decisão	Valor
1	X_1	3,720785
	X_2	-7,676531
2	X_1	1,668523
	X_2	0,5548209
3	X_1	2,270007
	X_2	1,962464
	* X_3	-0,03288353

Sendo assim, o significado dos valores das variáveis de decisão pode ser expresso nas equações (14), (15) e (16), conforme Tabela 4.

TABELA 8: Equações de predição ajustadas para os 3 modelos de relação hipsométrica usando *Goal Programming*.TABLE 4: Fitted prediction equations for the 3 hypsometric relationship models using *Goal Programming*.

Modelo	Equação	
(1)	$LnH = 3,720785 - 7,676531.1/DAP$	(14)
(2)	$LnH = 1,668523 + 0,5548209.LnDAP$	(15)
(3)	$H = 2,270007 + 1,962464.DAP - 0,03288353.DAP^2$	(16)

Na Tabela 5 encontram-se as estimativas dos modelos 1, 2 e 3 ajustados e a análise paramétrica.

TABELA 9: Análise paramétrica referente aos modelos 1, 2 e 3.

TABLE 5: Parametric analysis for models 1, 2 and 3.

Modelo 1 - Curtis				
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão		Pr (> t)
β_0	3.69177	0.01339	275.62	< 2,00 x 10 ⁻¹⁶ *
β_1	-7.24007	0.19162	-37.78	< 2,00 x 10 ⁻¹⁶ *
Modelo 2 - Stofel				
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	Valor t	Pr (> t)
β_0	1.51991	0.05026	30.24	< 2,00 x 10 ⁻¹⁶ *
β_1	0.60356	0.01753	34.43	< 2,00 x 10 ⁻¹⁶ *
Modelo 3 - Parabólico				
Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	Valor t	Pr (> t)
β_0	2.546569	1.082197	2.353	0.0193 *
β_1	1.956658	0.134055	14.596	< 2,00 x 10 ⁻¹⁶ *
β_2	-0.033534	0.003946	-8.498	1.38 x 10 ⁻¹⁵ *

Valores seguidos de * são significativos a 95% de nível de significância

Com base nas análises paramétricas pode-se perceber que todos os parâmetros dos modelos foram significativos sob o nível de significância analisado.

Considerando as medidas de precisão, $R^2_{ajustado}$, S_{xy} e S_{xy} (%), o modelo 1 (Curtis) foi o que apresentou os melhores resultados, seguido pelo modelo 3 (Parabólico) e 2 (Stofel), sendo seus valores apresentados na Tabela 6.

TABELA 10: Estatísticas de ajuste de regressão dos modelos hipsométricos de *Eucalyptus grandis*, na sua forma original.TABLE 6: Adjustment statistics of the *Eucalyptus grandis* hypsometric relationship models on its original form.

Modelo	R^2 (%)	$R^2_{ajustado}$ (%)	S_{xy} (m)	S_{xy} (%)
1	84,19	84,14	2,07	7,94
2	81,56	81,49	2,24	8,60
3	82,80	82,67	2,10	8,03

Analisando-se os gráficos de resíduos gerados para os 3 modelos pode-se notar que os ajustes geraram distribuições de resíduos satisfatórias, sem indícios de não normalidade, autocorrelação ou heterocedasticidade. As estimativas geradas pelos modelos ajustados via *Goal Programming* apresentaram um comportamento semelhante, segundo a Figura 1.

No entanto, através da análise exploratória dos dados, gráfico de Box Plot, foi possível identificar que houve valores candidatos a *outliers* ou discrepantes para os três modelos ajustados. Valores discrepantes são valores que apresentam comportamento diferente do apresentado pela maioria dos dados (HOAGLIN, 1992). Analisando o gráfico da distância de Cook confirmou-se a presença dos mesmos para os modelos 1 e 2.

Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov evidenciaram a presença de não normalidade para os modelos 1 e 2. Os mesmos modelos ajustados retirando-se os *outliers* da base de dados, não apresentaram problemas de normalidade com a aplicação deste mesmo teste. Portanto, pode-se perceber que os *outliers* exercem influência significativa nos modelos 1 e 2 a ponto de provocar a quebra de um dos pressupostos básicos do modelo de regressão.

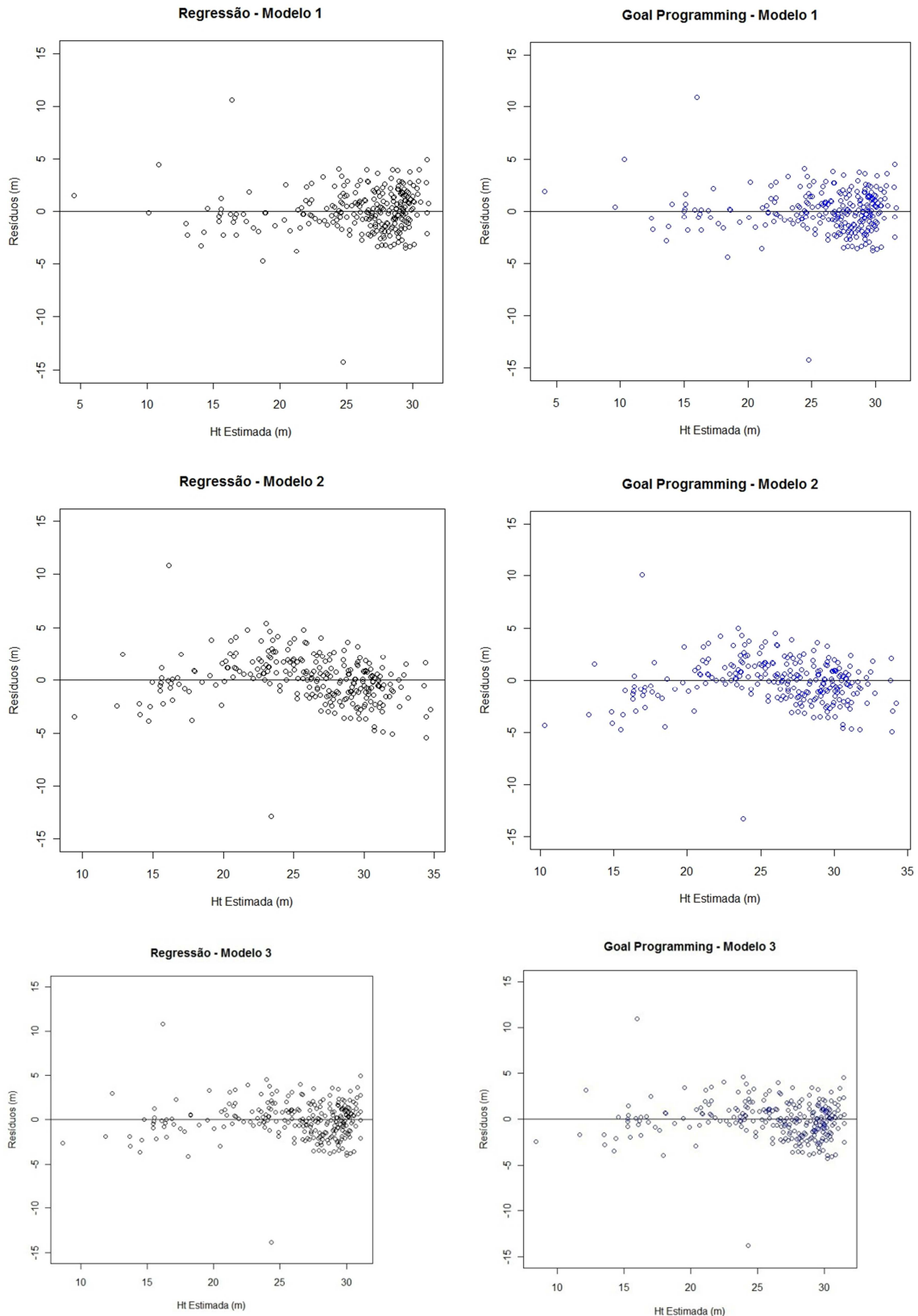


FIGURA 8: Gráficos da distribuição de resíduos para os modelos 1, 2 e 3 referentes aos ajustes por meio de regressão, através do método dos Mínimos Quadrados Ordinários, e por meio da *Goal Programming*.

FIGURE 1: Residual distribution graphs for models 1, 2 and 3 regarding the Ordinary Least-Squares method regression and *Goal Programming* fittings.

A partir do somatório dos resíduos em módulo, o somatório dos resíduos elevado ao quadrado percebeu-se que, para todas as medidas de comparação utilizadas no estudo, a metodologia de ajuste pela

Goal Programming apresentou melhor desempenho frente à regressão para os modelos 1 e 2, modelos estes que apresentaram problemas relacionados à presença de *outliers* e normalidade. Já em relação ao modelo 3 observa-se o comportamento inverso. Por outro lado, em relação à Média dos Erros Percentuais Absolutos (*Mean Absolute Percentage Errors – MAPE*) percebeu-se que, para os modelos 2 e 3, a *Goal Programming* foi considerada melhor (Tabela 7).

Estes resultados sugerem que, para aqueles casos onde a presença de *outliers* esteja constatada na base de dados, a metodologia de *Goal Programming* usada neste trabalho proporciona um ajuste mais próximo do real, com menor geração de resíduos, do que a regressão. Entretanto, espera-se que a eliminação dos *outliers* e o posterior ajuste permitam uma melhoria nas medidas de precisão dos modelos de regressão.

TABELA 11: Medidas usadas para comparar os ajustes gerados através da regressão pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MMO) e pela *Goal Programming* (GP) para os 3 modelos estudados.

TABLE 7: Measurements used to compare the fittings generated by Ordinary Least Squares method (OLS) regression and *Goal Programming* (GP) for the three models studied.

Medida de Comparação	Modelo 1 - Curtis		Modelo 2 - Stofel		Modelo 3 - Parabólico	
	MMO	GP	MMO	GP	MMO	GP
$\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i)^2$	1150,36	1135,03	1347,34	1281,40	2135,57	2152,38
$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i $	402,74	394,40	446,41	432,90	17413,61	17605,22
MAPE	6,27 %	6,15 %	7,04 %	7,08 %	32,46 %	32,58 %

Em um estudo realizado por Maizah (2005), comparou-se as estimativas via *Goal Programming* e pela análise de regressão (Método dos Mínimos Quadrados), no geral, encontrou os menores valores de MAPE para GP. Este estudo não corrobora ao do autor ao passo que, para os modelos 2 e 3, foram encontrados valores de MAPE menores para a metodologia de regressão.

CONCLUSÕES

A metodologia de determinação dos parâmetros dos modelos hipsométricos por meio da *Goal Programming* foi considerada satisfatória, sendo os valores obtidos para os parâmetros dos modelos próximos aos obtidos por regressão. Porém, pode-se destacar que, uma das vantagens da *Goal Programming* é a inexistência dos pressupostos básicos do modelo, exigidos por uma análise de regressão, e a sua consequente validação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINSON, A.C. **Plots, transformations, and regression**. Oxford: Clarendon Press, 1987. 296p.
- BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B, London, v.26, p.211-246, 1987.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W. **Management Models and Industrial Applications os Linear Programming**. Vol. 1. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1961.
- COOK, R.D.; WEISBERG, S. Diagnostics for heteroscedasticity in regression. **Biometrika**, Oxford, v.70, p.1-10, 1983.
- DAVIDIAN, M.; CARROLL, R.J. Variance function estimation. **Journal of the American Statistical Society**, Alexandria, v.82, p.1079-1091, 1987.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley, 1998. 736p.
- DYKSTRA, D. P. **Mathematical programming for natural resource management**. New York: McGraw-Hill, 1984. 318 p.
- HOAGLIN, D. C. Letras-resumo: um conjunto de estatísticas ordinais selecionadas. In: HOAGLIN, D. C.; MOSTELLER, F.; TUKEY, J. W. (Eds.). *Análise exploratória de dados: técnicas robustas: um guia*. Lisboa: Salamandra, 1992. cap. 2, p. 32-58.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba. Sebastião do Amaral machado e

Afonso Figueiredo Filho Guarapuava: UNICENTRO. 2. ed. 316 p. 2006.

MAIZAH, H. A. Comparing Least-Squares and Goal Programming Estimates of Linear Regression Parameters. **Matematika**, 2005, Jilid 21, Bil. 2, hlm. 101-112.

MELLO, J. M. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004.110 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais, Silvicultura e Manejo Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2004.

NETER J.; KUTNER, M.H.; NACHTSHEIM, C.J.; WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models**. New York: McGraw-Hill, 1996. 1408 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

SCOLFORO, J.R.S.: **Biometria Florestal**: Métodos para classificação de sítios florestais. Lavras: UFLA/FAEP, 1997. 151 p (textos acadêmicos).

**USO DA METAHEURÍSTICA NA REGULAÇÃO FLORESTAL CONSIDERANDO
DIFERENTES ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DA FLORESTA**

**FOREST REGULATION USING SIMULATED ANNEALING METAHEURISTIC
CONSIDERING DIFFERENT FOREST DEVELOPMENT STAGES**

Elliezer de Almeida Melo¹; André Luiz Raimundo Faria²; André Lara de Miranda Moura³;
Lucas Rezende Gomide⁴; Daniela Cunha da Sê⁵

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo comparar o uso da programação linear inteira (PLI) e da metaheurística *Simulated Annealing* (SA), através do tempo de processamento, do desvio médio em relação ao ótimo e do valor do VPL. A metodologia utilizada consistiu na simulação de uma floresta virtual, composta por 70 talhões de 20 ha cada. Foram simulados três cenários relacionados ao estágio de maturidade do povoamento: floresta predominantemente nova, com idade intermediária e velha com idades variando entre 1 e 7 anos. O horizonte de planejamento adotado foi de 7 anos e a idade de corte variando entre 5 – 7 anos. Foram utilizados dados médios de venda de madeira e custos envolvendo desde a implantação até o corte da floresta. A metaheurística foi programada seguindo duas estratégias: a) Tradicional - segundo Kirkpatrick et al. (1983) e b) Híbrida - uma variação da anterior. Os parâmetros iniciais foram vizinhança de busca (10%); critério de parada (40.000 iterações); temperatura inicial (30.000); temperatura final (0); sendo processado 30 vezes por cenário. O processamento foi realizado através de uma rotina desenvolvida no programa Microsoft Visual Basic 6.0[®]. Observou-se uma melhor eficiência no desempenho do processamento via metaheurística SA para todos os cenários, com consumo de tempo de até 0,02% da PLI. Além disso, os desvios médios do ótimo foram de 0,12%, 1,26% e 8,67% (Tradicional) e 0,29%, 1,11% e 9,31% (Híbrido) para os respectivos cenários: Floresta nova, intermediária e velha. Houve um aumento dos desvios em relação ao ótimo à medida que se alterava o estágio de maturidade da floresta. Conclui-se que o uso da metaheurística SA na resolução de problemas de planejamento florestal apresenta um potencial real de uso.

Palavras-chave: Inteligência artificial, programação linear inteira, planejamento florestal.

ABSTRACT

This study was conducted to compare integer linear programming (ILP) and metaheuristic models using *Simulated Annealing* (SA). Parameters such as processing time, net present value (NPV) and optimum deviation were used to compare both methods. Virtual forests having three maturity stages composed by 70 stands having 20 hectares each were simulated. Three scenarios were created based on a young, middle age and old virtual forest having ages varying from 1 to 7 years. The planning period applied was 7 years and the harvesting ages changed from 5 to 7 years. Average data regarding wood prices and forest management costs were considered. The metaheuristic was programmed considering two strategies: a) Traditional - according to Kirkpatrick et al. (1983) and b) Hybrid – a variation of the first one. The initial parameters were: neighborhood search (10%); stop criteria (40.000 iterations); initial temperature (30.000); final temperature (0). Each scenario was processed 30 times. In order to process the models a routine was developed using Microsoft Visual Basic 6.0[®] software. Better processing times were achieved for all scenarios when metaheuristic SA was applied. Also a most efficiency processing performance via metaheuristic SA was identified for all scenarios, showing time savings of around 0,02% from NPV. Additionally optimum deviations for both scenarios were 0,12%, 1,26% and 8,67% (Traditional) and

¹Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, elliezermelo@hotmail.com

²Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, andreluiz.ufla@gmail.com

³Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, andremoura33@gmail.com

⁴Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, lucasgomide@dcf.ufla.br

⁵Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, cunhadase@yahoo.com.br

0,29%, 1,11% and 9,31% (Hybrid) considering the different forest maturity stages. It is convincing that *Simulated Annealing* (AS) can represent a potential tool for solving forest planning problems.

Keywords: Artificial intelligence, integer linear programming, forest planning

INTRODUÇÃO

Analisando a estrutura de organização das empresas ao longo das décadas, percebe-se que o foco de suas atividades está permanentemente voltado para a sustentabilidade do empreendimento e dos recursos como um todo (ROCHA, 2002). Essa afirmativa inicial se encaixa perfeitamente no planejamento de qualquer empresa florestal, onde uma série de atividades é programada com a finalidade de gerar recursos financeiros e produtos no prazo estipulado de planejamento.

Segundo Rodriguez et al. (1997), a gestão do recurso florestal baseia-se nas intervenções florestais em cada unidade de manejo, promovendo mudanças na estrutura da floresta e na geração de recursos financeiros. Ilustrando a ideia citam-se operações de manejo florestal como desbastes, podas e corte raso; necessidades do mercado como qualidade, comprimento e padrão de toras; operações de transporte e roteamento de veículos, sendo todas estas atividades definidas previamente pelo planejador florestal.

O planejamento florestal pode ser identificado como a organização de uma série de atividades distribuídas no tempo com o propósito de atender os objetivos de manejo florestal (BASKENT e KELES, 2005). Segundo Andersson (2005), a hierarquia do planejamento florestal encontra-se dividida tradicionalmente em três classes: planejamento estratégico, planejamento tático e planejamento operacional. A análise hierárquica consiste na organização das informações para a tomada de decisão nos diferentes níveis e a qualidade da decisão depende da correta ligação entre os níveis hierárquicos (CONNELLY, 1996).

A dedicação por processos de modelagem de dados tem transformado o cenário florestal ao longo das décadas. Esta atitude se inspirou na necessidade de informações mais apuradas sobre a gestão do negócio florestal, onde muitas ferramentas foram desenvolvidas com a finalidade de acelerar os processos de tomada de decisão. O ponto inicial desta trajetória foi marcado a partir do desenvolvimento do algoritmo Simplex, por Dantzig no final da década de 40, o qual abriu caminho para o surgimento de métodos mais sofisticados de programação e amplamente difundidos no meio florestal.

Os modelos de otimização via programação linear (PL) têm como meta encontrar as melhores combinações do *pool* de alternativas de manejo de uma floresta, auxiliando na tomada de decisão (BOYLAND et al., 2005). Segundo os autores, a existência de objetivos conflitantes como o de produzir madeira e preservar áreas florestais pode ser balanceada e melhor explorada pelo uso da PL. Johnson e Scheurmann (1977) comentam que a PL é um dos métodos mais empregados para resolver problemas de planejamento florestal.

De acordo com Rustagi (1978), o planejamento da colheita florestal demanda uma série de informações como projeção da produção florestal, preços e custos de produção por talhão. Geralmente, o resultado deste conjunto de informações confere aos modelos uma estrutura complexa e com elevado número de restrições e variáveis. Alguns critérios econômicos podem ser introduzidos na função objetivo e auxiliar na análise de projetos florestais.

Independente do tipo de modelo abordado, a PL apresenta uma versatilidade em formular as restrições ligadas ao manejo das operações florestais (ÖHMAN e ERIKSSON, 2002). Estes modelos podem governar a maioria das questões quantitativas, retratando-as por meio de expressões lineares. Entretanto, alguns artifícios devem ser introduzidos no modelo quando o problema engloba variáveis não contínuas. Neste caso, o uso da programação linear com variáveis inteiras e ou mistas se faz necessário.

Uma opção de resolução de problemas envolvendo análise combinatória, por exemplo, é a metaheurística *Simulated Annealing* (SA) onde sua lógica se inspira na *têmpera* (*Annealing*), a qual é um processo de aquecimento e posterior resfriamento de um metal, a partir de reduções gradativas de temperatura, com o propósito de evitar a formação de defeitos no metal. Nesta proposta, há a necessidade de minimizar a energia do sistema, durante o processo de redução de temperatura (LAARHOVEN e AARTS, 1987).

A metaheurística SA pode ser modelada matematicamente usando a teoria da cadeia de Markov e, sob esta condição, a solução encontrada é definida unicamente a partir das probabilidades de seleção. Neste ponto, o processo de resfriamento da temperatura específica um número finito de transições de soluções são aceitas, a partir de regras probabilísticas baseada na função de Boltzmann (AARTS et al., 2003). O elevado aquecimento inicial é para impedir a estagnação em ótimos locais, por outro lado, o resfriamento controla a direção da busca através da vizinhança da solução candidata. Em síntese, quanto maior a temperatura do sistema, maiores são as probabilidades de aceitar soluções piores.

Rao (1996) descreve algumas vantagens desta técnica como: capacidade de resolver problemas envolvendo variáveis inteiras, mista, contínua e discreta; flexibilidade ao adaptar a problemas envolvendo restrições; possibilidade das variáveis assumirem valores negativos; independência da qualidade da solução final com a solução inicial. Algumas desvantagens podem ser observadas, a citar: a convergência

pode ser lenta se o cálculo da função de custo for complexo, já que há a necessidade de calcular a função a cada interação; em problemas onde o espaço de soluções é muito suave, ou existe poucos pontos de ótimo local, a qualidade da solução gerada pela Metaheurística SA deixa a desejar; em alguns casos onde existe uma heurística específica para o problema, a SA pode apresentar um desempenho pior que o algoritmo específico; não há garantias de que a solução encontrada seja exata, já que o método é aproximado.

A partir do exposto, este trabalho teve como objetivo comparar do uso da programação linear inteira e da metaheurística *Simulated Annealing* na resolução de problemas envolvendo a regulação florestal considerando 3 estágios de maturidade da floresta, verificando o tempo de processamento e a solução final obtida. Nestes modelos foram adicionadas restrições de controle de produção volumétrica de madeira e uma função objetivo representada pelo VPL da floresta, onde este foi ser maximizado.

MATERIAL E MÉTODO

Floresta Simulada Virtual

A simulação é uma técnica amplamente difundida em diversas áreas da ciência, apresentando como vantagens a redução no custo e na obtenção das informações, permitindo ainda produzir inúmeras opções a serem retratadas. Partindo desta premissa, foi simulada uma floresta, denominada virtual, sendo esta aproximada de uma situação real, onde seus valores de crescimento e produção foram considerados médios para povoamentos de Eucalipto no Brasil, com taxa de crescimento de 35 m³/ (ha.ano).

A área total de plantio simulado compreendeu 140 ha, constituindo-se de 70 talhões com 20 ha cada, conforme a figura 1.

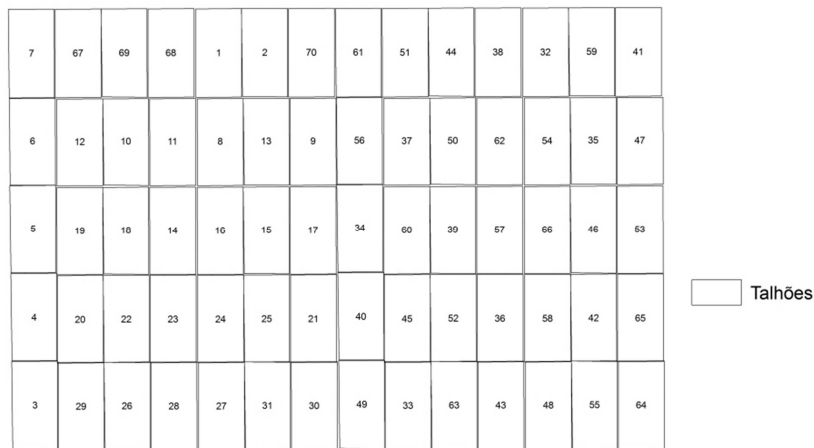


FIGURA 1: Representação esquemática da floresta simulada para o estudo.
 FIGURE 1: Schematic illustration of simulated forest used in this study.

Desta forma, foram simulados três cenários, considerando diferentes estágios de maturidade da floresta, sendo eles (Figura 2):

- a) Floresta Nova – compreende uma floresta com cerca de 73% de talhões nas classes de idade inferiores a 4 anos;
- b) Floresta Intermediária - compreende uma floresta com 63% de talhões nas classes de idade entre 2 e 6 anos;
- c) Floresta Velha - compreende uma floresta com cerca de 73% de talhões nas classes de idade superiores a 4 anos.

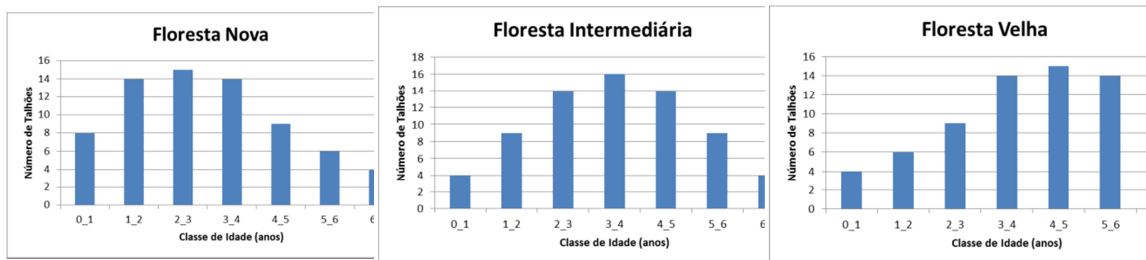


FIGURA 2: Representação estrutural dos talhões em classes de idade da floresta gerada nos três cenários testados.

FIGURE 2: Structure illustration of forest stands age classes created for three tested scenarios.

Problema Teste

O problema florestal foi caracterizado pela necessidade de maximizar o valor presente líquido (VPL) da floresta, bem como atender metas volumétricas anuais. Segundo Rezende e Oliveira (2001), o VPL de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado, sendo definido pela equação (1):

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j} \quad (1)$$

Onde: j – período de tempo considerado; C_j – custo final do ano j ou do período de tempo considerado; C_0 – custo inicial do investimento; R_j – receita no final do ano j ou do período de tempo considerado; i – taxa de desconto; n – duração do projeto ou número de tempo considerado.

O uso do indicador econômico valor presente líquido (VPL) foi aplicado apenas para atualizar as receitas líquidas geradas por cada alternativa de manejo, não sendo aplicado como método de comparação entre alternativas de manejo na sua forma pura de análise.

O modelo matemático (Modelo I) formulado teve como referência Johnson e Scheurmann (1977) e seguiu os moldes da programação linear clássica, porém considerando variáveis binárias {0,1} onde a função objetivo (2) foi dimensionada para maximizar o valor presente líquido (VPL), contando ainda com a inclusão de restrições direcionadas à adoção de apenas uma alternativa de manejo por unidade de talhão (3), controle do fluxo de produção volumétrica a partir de um limite mínimo (4) e máximo (5) planejado. A equação (6) é a condição de uso para variáveis binárias.

Função Objetivo: Maximizar

$$VPL = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^P C_{ij} X_{ij} \quad (2)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^P X_{ij} = 1, \quad \forall_j, \forall_{i=1,2,\dots,M} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^P \sum_{j=1}^P V_{ij} X_{ijT} \geq L_{inferior}, \quad \forall_i, \forall_j, \forall_{T=1,2,\dots,7} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^P \sum_{j=1}^P V_{ij} X_{ijT} \leq L_{superior}, \quad \forall_i, \forall_j, \forall_{T=1,2,\dots,7} \quad (5)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall_i, \forall_j \quad (6)$$

Onde: M – número total de talhões manejados; P – número total de alternativas de manejo; X_{ij} – variável binária (0/1) de decisão de modelo, referente ao talhão i e alternativa de manejo j ; C_{ij} – valor presente líquido pertencente ao talhão i segundo a alternativa de manejo j ; T – período total de tempo de planejamento; V_{ij} – volume total produzido no talhão i pela alternativa de manejo j ;

Desta maneira, o objetivo numérico do problema foi definir uma produção volumétrica anual estipulada em 49.000 m³, com variação constante e tolerável de $\pm 20\%$. Este valor volumétrico anual foi definido considerando aspectos da produção florestal, levando em consideração a taxa de crescimento anual da floresta.

A idade mínima e máxima dos talhões aptos para a colheita florestal foi de 5 e 7 anos, respectivamente, onde o talhão não poderia ser cortado a uma idade inferior a 5 anos ou superior ao máximo estabelecido. O regime de manejo considerado foi o *pulpwood* destinado à produção de madeira para celulose. Por outro lado, o sistema silvicultural foi o alto fuste, onde ao cortar um talhão na sua totalidade, o mesmo material genético seria plantado na sequência, a ciclos contínuos. A taxa de juros adotada foi de 10% ao ano e o preço de venda da madeira em R\$ 70/m³. Os custos totais de condução da floresta utilizados no cálculo do valor presente líquido (VPL) foram obtidos no *site* CI Florestas (CI FLORESTAS, 2011).

Métodos de Resolução**Programação Linear Inteira (PLI)**

O problema de agendamento da colheita florestal requer o uso de variáveis binárias, devido à

necessidade de se colher totalmente um talhão ou não, o que representa em assumir uma única alternativa de manejo por talhão. Portanto, foi utilizada a programação linear inteira (PLI) por meio do algoritmo *branch-and-bound* para a obtenção das soluções.

Metaheurística Simulated Annealing (SA)

A estrutura da metaheurística SA foi baseada em códigos binários {0, 1}, sendo semelhante à aplicada na PLI, constituindo uma *string* para armazenar a codificação gerada. Além disso, uma função de avaliação da solução (energia) foi criada adotando o critério de penalidades para o desvio de metas.

A seguir é apresentada a configuração utilizada para a resolução dos problemas gerados:

- Temperatura inicial: 30.000;
- Temperatura final: 0;
- Função de resfriamento:

$$T_i = \frac{(i - 1)T_{i-1} + T_0}{i(1 + \log(i))}$$

Onde: T_i – temperatura do sistema na iteração i ; T_{i-1} – temperatura do sistema de iteração $i - 1$; T_0 – temperatura inicial do sistema; \log – logaritmo neperiano na base 10; i – iteração atual do processo.

- Critério de parada: o critério de parada utilizado foi de 40.000 iterações;
- Distância de busca local: mudança de 10% dos códigos na *string* a cada iteração, o que representam mudanças nas alternativas de manejo por talhão;
- Estratégia de programação: 1) Tradicional (KIRKPATRICK et al., 1983); 2) Híbrido: explorar mais a vizinhança de busca das melhores soluções considerando 60 iterações (Exploitation ou Refinamento).

Uma função de avaliação da solução (energia) foi criada adotando o critério de penalidades para os desvios das metas volumétricas.

$$\text{Maximizar } VPL = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^P C_{ij} X_{ij} - \text{penalidade} \left(\frac{R\$}{m^3} \right) \sum_{K=1}^T D_K \quad (7)$$

Onde: penalidade – R\$/m³ de madeira; D – valor absoluto do desvio volumétrico de madeira (m³); K – período anual de tempo dentro do horizonte de planejamento; M – número total de talhões manejados; P – número total de alternativas de manejo; X_{ij} – variável binária (0/1) de decisão do modelo, referente ao talhão i e alternativa de manejo j ; C_{ij} – valor presente líquido pertencente ao talhão i segundo a alternativa de manejo j ; T – período total de tempo de planejamento; V_{ij} – volume total produzido no talhão i pela alternativa de manejo j .

O método de penalidades foi empregado para guiar as buscas de soluções e contribuir para uma boa convergência da resposta. Assim, o valor da penalidade foi de R\$ 1.000 para cada m³ de madeira desviada da meta volumétrica.

Processos testados

Na figura 3 é apresentado um fluxograma de funcionamento da metaheurística, considerando a programação tradicional.

Implementação Computacional e Processamento

A implementação da metaheurística foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação Visual Basic[®] versão 6.0 Enterprise da Microsoft[®], criando-se então uma ferramenta conforme (GOMIDE, 2009). Os modelos matemáticos de PLI foram escritos por essa ferramenta, porém o seu processamento foi realizado através do software LINGO 9.0 (*Language for Interactive General Optimizer*). O processamento foi executado em um computador com processador Intel[®] CORE 2 duo 2100 MHz e 2 Gb de RAM, sendo avaliados 30 repetições por cenário gerado. Todas as análises realizadas foram baseadas somente em estatística descritiva.

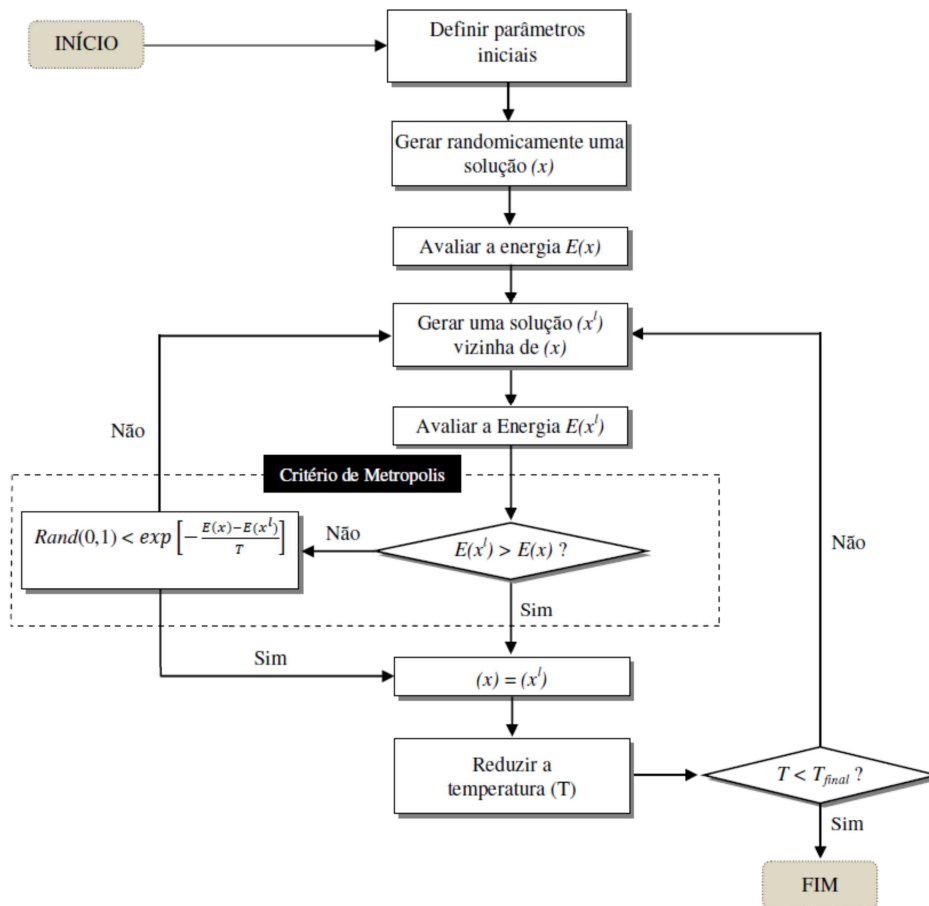


FIGURA 3: Estrutura do algoritmo da metaheurística *Simulated Annealing*.
 FIGURE 3: *Simulated Annealing* metaheuristic algorithm structure.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão apresentados os resultados gerados pelo processamento utilizando a PLI para os três cenários propostos. Nota-se que, o cenário representado pela floresta velha apresentou o maior VPL, bem como o maior tempo de processamento em comparação com os outros cenários, o que pode ter ocorrido pelo fato deste possuir um maior número de alternativas de manejo. Conforme esperado, em todas as situações estudadas foi possível a obtenção de soluções factíveis de acordo com a meta volumétrica estabelecida ($49000 \text{ m}^3 \pm 20\%$), tendo em vista uma maior amplitude volumétrica estabelecida inicialmente.

TABELA 1: Resultados obtidos pelo processamento utilizando a PLI para os três cenários propostos.
 TABLE 1: NPV processing results for three tested scenarios.

Floresta	Estratégia	Tempo de Processamento (s)	VPL (R\$)	Nº de Restrições	Nº de Alternativas de Manejo
Nova	PLI	146	3.622.608,00	85	263
Intermediária	PLI	755	3.819.420,00	85	290
Velha	PLI	116116	4.418.960,00	85	297

Os resultados dos processamentos são apresentados na tabela 2, onde são comparados o seu tempo de processamento da metaheurística SA. Os dados médios de processamento relativos a PLI variaram entre 0,02% e 15,75% da floresta mais velha para a mais nova, aumentando a medida em que a complexidade do problema aumentava.

A modelagem dos parâmetros e as estratégias testadas mostraram uma grande variação de soluções, devido a diferenças nas configurações da metaheurística, as quais exprimem comportamentos diferentes de busca. A partir dos resultados tem-se que o método tradicional não foi considerado a melhor estratégia adotada para os cenários de floresta nova e intermediária, apresentando resultados de energia

média inferior. A melhor configuração foi a que utilizou uma estratégia alternativa para fugir dos ótimos locais, no caso, a busca local para floresta nova e para floresta velha usando 60 iterações.

TABELA 2: Resumo das melhores soluções médias obtidas pelas estratégias da Metaheurística SA aplicada em cada cenário.

TABLE 2: Best average solutions resume obtained through metaheuristic SA applied for each scenario.

Floresta	Estratégia	VPL (R\$)	Tempo de Processamento da SA		Energia	
			Média (s)	Consumo Relativo a PLI (%)	Média	CV%
Nova	Tradicional	3.626.844,94	22	15,06	36,27	0,53
	Híbrido	3.632.852,11	23	15,75	36,33	0,38
Intermediária	Tradicional	3.771.368,56	22	2,91	37,71	0,34
	Híbrido	3.801.242,50	22	2,91	38,01	3,51
Velha	Tradicional	4.086.905,13	22	0,02	40,87	6,95
	Híbrido	4.007.691,31	21	0,02	40,08	2,06

Em relação ao tempo de processamento percebeu-se que a metaheurística SA, quando comparado com a PLI, demonstrou ser capaz de obter respostas factíveis para os três cenários, em tempos de espera compatíveis.

Pode-se afirmar a partir dos valores encontrados de energia que as metas volumétricas foram atendidas para todos os cenários propostos. Assim, o modelo apresentou soluções onde os melhores valores médios de VPL foram obtidos utilizando-se a estratégia de busca local, exceto para a floresta velha, a qual obteve valores satisfatórios utilizando a estratégia tradicional.

O cenário da floresta intermediária foi o único em que os valores totais de volume atingiram o total gerado pela PLI. Já com relação ao cenário da floresta nova, estes valores aproximaram-se em 89,72% e 88,22% para as estratégias Tradicional e Híbrido, respectivamente. Para a floresta velha estes valores foram de 98,80% e 98,97%.

Conforme pode se observar no gráfico da Figura 4, os volumes totais anuais gerados pela metaheurística SA se distanciaram do ótimo nos primeiros anos do horizonte de planejamento, para o cenário de floresta nova. Já com relação à floresta intermediária e velha observou-se que a metaheurística gerou produções volumétricas anuais próximas às geradas pela PLI, principalmente com relação à floresta intermediária.

A partir dos resultados de VPL verificou-se que o processamento utilizando a metaheurística SA obteve desvios reduzidos, em relação ao ótimo determinado pela PLI. Para a estratégia tradicional, os valores de desvio médio foram de 0,12%, 1,26% e 7,51% para os cenários de floresta nova, intermediária e velha, respectivamente. Já em relação à estratégia híbrida, os valores encontrados foram de 0,29%, 0,48% e 9,31%.

Pode-se perceber através destes resultados que os maiores desvios em relação ao ótimo foram crescentes à medida que o estágio de maturidade da floresta avançava, ou seja, do cenário de floresta nova para a velha. Estes resultados revelam uma tendência de aumento dos desvios à medida que a complexidade do problema aumenta, com aumento do número de alternativas de manejo e tempo de processamento através da PLI.

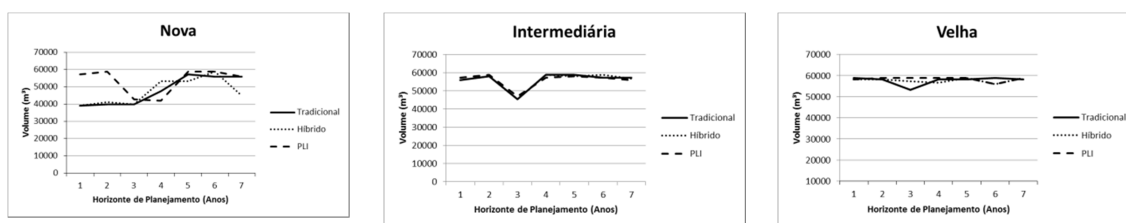


FIGURA 4: Comportamento do volume total anual ao longo do horizonte de planejamento para a PLI e para a metaheurística SA nos 3 cenários estudados.

FIGURE 4: Total volumetric behavior for NPV and metaheuristic SA obtained through planning period.

Rodrigues et al. (2004) estudando a aplicação da *Simulated Annealing* na resolução de um problema de planejamento florestal envolvendo restrições de produção mínimas e máximas e restrições de singularidade, objetivando a maximização do VPL, encontrou uma solução média de cerca de 95% do valor ótimo, determinado pela programação linear, sendo o tempo de processamento da metaheurística SA inferior (cerca de dez vezes) ao algoritmo exato de solução (*branch-and-bound*). Os resultados encontrados pelo autor corroboram com os apresentados neste trabalho, evidenciando a eficiência da

metaheurística na resolução de problemas florestais. Resultados semelhantes também podem ser encontrados em Gomide (2009).

CONCLUSÕES

O tempo de processamento da metaheurística SA foi inferior quando comparado com a PLI, afirmando a sua eficiência na resolução de problemas abordando o planejamento florestal.

A metaheurística SA apresentou reduzidos valores de desvio médio em relação ao ótimo, comprovando a eficácia do método como alternativa à programação linear.

A medida que houve um aumento no estágio de desenvolvimento da floresta, da mais nova para a mais velha, percebeu-se um aumento na complexidade da resolução do problema via PLI, demandando maior tempo de processamento. Isso também ocasionou um maior distanciamento da solução ótima para todas as configurações de metaheurística SA testadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARTS, E. H. L.; KORST, J. H. M.; LAARHOVEN, P. J. M. Simulated annealing. p. 91- 120. In: AARTS, E. H. L., LENSTRA, J. K. (Eds.) **Local Search in Combinatorial Optimization**. Princeton. p.536. 2003.

BASKENT, E. Z., KELES S. Spatial forest planning: A review. **Ecological Modeling**, Netherlands, v.188, p. 29, 2005.

BOYLAND, M.; NELSON, J.; BUNNELL, F.L. A test for robustness in harvest scheduling models. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v.207, n.1, p.121-132, 2005.

CI FLORESTAS – **Centro de Inteligência em Florestas**. Disponível em <<http://www.ciflorestas.com.br/documentos.php?t=C>> Acesso em 24 de setembro de 2011.

CONNELLY, W. A definition for hierarchical analysis for forest planning. In: **Proceedings of Hierarchical Approaches to Forest Management in Public and Private Organizations**. Proceedings...1996. p.1.

GOMIDE, L.R. **Planejamento Florestal Espacial**. Curitiba. 2009.256f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Curitiba.

JOHNSON, K. N.; SCHEURMANN, H. L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives - discussion and synthesis. **Forest Science**, USA, v.18, n.1, p.1-31, 1977.

KIRKPATRICK, S.; GELATT, C. D.; VECCHI, M. P. Optimization by Simulated Annealing. **Science**, USA, v. 220, n.4598, p.671-680, 1983.

LAARHOVEN, P. J. V.; AARTS, E. H. **Simulated Annealing: Theory and Applications**. Springer. 1987. p. 204.

ÖHMAN, K.; ERIKSSON, L.O. Allowing for spatial consideration in long-term forest planning by linking linear programming with simulated annealing. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v.161, n.1, p.221-230, 2002.

RAO, S. S. **Engineering optimization: Theory and practice**. Wiley. 1996. p.922.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. UFV. Viçosa. 2001. 389p.

ROCHA, D. X. **Otimização do planejamento da manutenção preventiva em sistemas complexos, com foco na cadeia de suprimento**. Florianópolis. 2002. 84f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

RODRIGUES, F. L.; LEITE, H. G.; SANTOS, H. N.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S. Metaheurística *simulated annealing* para solução de problemas de planejamento florestal com restrições de integridade. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.247-256, 2004.

RODRIGUEZ, L. C. E; BUENO, A. R. S.; RODRIGUES, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análise

volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.51, p.15-28, 1997.

RUSTAGI, K. P. Forest Management Planning for Timber Production: A Sequential Approach. In: **Operational forest management planning methods: proceedings, meeting of steering systems project group, International Union of Forestry Research Organizations**. Proceedings... Bucharest. 1978. p.68-75.

AJUSTE DE EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVAS DE CARBONO EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA

EQUATIONS ADJUST FOR ESTIMATING CARBON IN A MOUNTAIN ARAUCARIA FOREST REMAINING

Patrikk John Martins¹; Luciano Farinha Watzlawick²; Angelo Augusto Ebling³;
Aurélio Lourenço Rodrigues³

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi ajustar e selecionar equações para a estimativa de carbono acima do solo em árvores individuais de uma Floresta Ombrófila Mista Montana antropizada, localizada no município de Boa Ventura do São Roque, Paraná. Os dados foram coletados por meio do método destrutivo empregado em 26 árvores. Foram utilizados 20 modelos matemáticos para o ajuste das equações de regressão sendo estimados teores de carbono para a parte aérea das árvores e seus componentes (madeira do fuste, casca do fuste, galhos vivos, galhos mortos e folhagem). Para o ajuste das equações de regressão, utilizou-se o método dos mínimos quadrados e na seleção das melhores equações consideraram-se as estatísticas do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) e análise gráfica da distribuição dos resíduos. As melhores equações para estimativa de carbono foram observadas para os componentes Casca do Fuste e Madeira do Fuste. As equações ajustadas para Galho Morto e Parte Aérea apresentaram ajustes regulares. Os componentes Galho Vivo e Folhagem apresentaram resultados menos expressivos e as equações apresentaram estimativas com menor precisão. A utilização de equações de regressão mostrou-se como uma boa alternativa de método não destrutivo de quantificação de biomassa seca e carbono.

Palavras-chave: Equações alométricas; floresta araucária; regressão linear

ABSTRACT

The purpose of this paper was to fit and select above-ground carbon equations on individual trees on a disturbed Araucaria Forest, located in the Boa Ventura do São Roque City, Paraná. Data were obtained from 26 trees by the destructive method. Twenty mathematical models were tested for the adjustment of the regression equations, estimating the carbon content for the entire above-ground tree, and its components (stem wood, stem bark, live branches, dead branches and foliage). The least squares method was applied for the adjustment of the equations, and the goodness-of-fit was based on the coefficient of determination (R^2_{aj}), standard error of estimate ($S_{yx}\%$), and the graphic analysis of the residuals. The best equations for the carbon content estimate were found for the components stem bark and stem wood. Equations adjusted for dead branches and foliage presented irregular adjusts. The components live branches and foliage presented less expressive results and the its equations showed less precision estimative. The use of the regression equations seems to be a good alternative of non destructive method for quantifying dry biomass and carbon.

Keywords: Allometric equations; araucaria's forest; linear regression

INTRODUÇÃO

A concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera é determinada pelas emissões a partir da queima de combustíveis fósseis, da mudança do uso da terra e absorção de CO_2 pelos oceanos e ecossistemas terrestres (HOUGHTON, 1994).

Florestas naturais e plantadas têm representado cada vez mais importância devido sua eficiência quanto o armazenamento de carbono por meio de projetos de florestamento ou reflorestamento, promovendo fixação do carbono da atmosfera e conseqüentemente, a mitigação de seus efeitos. Diferentes tipos de florestas armazenam diferentes quantidades de carbono na biomassa, em função dos diferentes estágios de sucessão, idade, regime de manejo, composição de espécies e teor de carbono nos

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre em agronomia pelo Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, PR. Rua Camargo Varela de Sá, 03. CEP 85040-080, Guarapuava (PR). Patrikk_martins@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná. farinha@unicentro.br

³Engenheiro Florestal, Mestrando em Ciências Florestais pelo Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, PR. PR 153, Km 7. CEP 84500-000. Irati (PR). aebling@hotmail.com. Bolsista CNPq.

componentes de cada espécie (WATZLAWICK, 2003).

Como exemplo, cabem estudos onde Watzlawick (2003) observou em média $104 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Carbono fixado na Floresta Ombrófila Mista Montana. Resende *et al.* (2001), em determinações da quantidade de carbono na biomassa acima do solo em uma Floresta de Terra Firme e em uma Floresta Amazônica, encontraram, respectivamente, $72,29 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e $61,61 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Silveira (2008) estimou o estoque de carbono em uma Floresta Ombrófila Densa, estudando biomassa arbórea acima do solo com equações de regressão ajustadas para área em estudo e por fatores de expansão, também conhecido como método da derivação do volume em biomassa e carbono. Nos dois métodos as estimativas do estoque de carbono foram similares, de $64,48 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ com as equações de regressão e $65,98 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ com o método da derivação do volume.

Estimativas do teor de carbono muitas vezes são baseadas em métodos superficiais, que empregam indiscriminadamente percentuais que por sua vez podem apresentar muitos erros que influenciam sub ou superestimando os resultados (KOEHLER *et al.*, 2005). Sanquetta (2002) complementa afirmando que o uso irrestrito de percentuais da ordem de 50% vem provocando estimativas totalmente irreais nas estimativas.

No ajuste de equações deve-se ter o cuidado de avaliar com objetividade as melhores ajustes, por meio de análise estatística como o erro padrão da estimativa, coeficiente de determinação entre outros, além de uma análise gráfica do comportamento dos resíduos (KOEHLER, 2004).

Segundo Rossi (2007), um modelo é qualquer representação simplificada de alguns aspectos de um sistema real, podendo tratar da estrutura ou de suas funções. As equações são igualdades entre sentenças matemáticas e são compostas basicamente por variáveis e coeficientes. Os coeficientes têm seus valores conhecidos, enquanto as variáveis podem assumir qualquer valor.

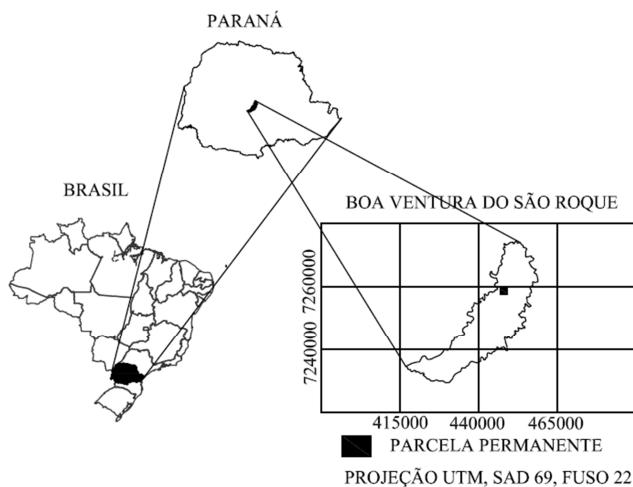
O ajuste de equações para estimativas de carbono podem ser empregadas através da correlação entre variáveis de fácil medição, como o diâmetro à altura do peito, a área basal, a altura total da árvore ou a altura comercial (MARTINELLI *et al.*, 1994).

Resende *et al.* (2006) utilizaram como critério para escolha dos melhores modelos de regressão, o maior coeficiente de determinação (R^2) na equação ajustada, menor erro padrão da estimativa ($S_{yx\%}$), maior estatística F e melhor distribuição gráfica dos resíduos.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é quantificar, ajustar e selecionar equações matemáticas capazes de estimar o teor de carbono acima do solo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, localizada no município de Boa Ventura do São Roque, Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Boa Ventura de São Roque – PR, terceiro Planalto Paranaense, como representado na Figura 1. A vegetação local é a Floresta Ombrófila Mista Montana (IBGE, 1992). Conforme Embrapa (2006), os solos são classificados predominantemente como Latossolos e Neossolos e de acordo a classificação de Köppen-Geiger, o clima caracteriza-se como subtropical úmido mesotérmico-Cfb, sem estação seca definida e com verão temperado. No inverno a temperatura mínima média é superior a 4° C e a média máxima inferior a 19° C .



Fonte: IBGE, 2011 (adaptado).

FIGURA 1: Localização da área de estudo em Boa Ventura do São Roque – PR.

FIGURE 1: Location of the study area in Boa Ventura do São Roque – PR.

O fragmento onde a parcela permanente está inserida tem aproximadamente 5 hectares de floresta. O mesmo sofreu forte exploração florestal no passado, com corte seletivo das árvores de maior valor econômico e posterior atividade de pastoreio bovino.

A primeira etapa do trabalho consistiu na implantação de uma parcela permanente, com área de 5.000 m² (50 x 100 m), da qual foram medidas todas as árvores com DAP ≥ 5 cm, sendo as mesmas numeradas com etiquetas de metal a altura de 1,35 m do solo e alocadas em croqui através de coordenadas cartesianas (X,Y), para auxiliar na localização.

As espécies, sempre que possível, eram identificadas no campo, caso contrário era realizada a coleta de material vegetativo para identificação em laboratório, conforme as recomendações de Fidalgo e Bononi (1984).

Com base nos dados inventariados, foram selecionadas as árvores com área basal média (dg) de cada espécie que apresentasse mais de três indivíduos na área de estudo. Foram abatidas 26 árvores de 25 diferentes espécies distribuídas em 15 famílias botânicas, mais uma árvore morta representando os indivíduos mortos. Cada árvore teve seus componentes (galhos vivos, galhos mortos, folhas, madeira do fuste e casca), devidamente separados e acondicionados em sacos de papel e secos em estufas de circulação de ar, a uma temperatura constante de 75°C até atingir o peso constante, para posterior moagem. A quantificação de teor de carbono foi realizada pelo método WALKLEY-BLACK, com calor externo, proposto por Tedesco *et al.* (1995), no laboratório de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, RS.

Nas equações de regressão para estimar a quantidade de carbono das árvores, utilizou-se como variável dependente a quantidade total de carbono de cada árvore e de seus componentes, e como variáveis independentes utilizou-se o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total da árvore (H).

Os modelos matemáticos empregados para ajuste das equações de regressão estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: Equações matemáticas utilizados para o ajuste dos teores de carbono.

TABLE 1: Mathematical equations used to adjust the levels of carbon.

1	$P = a.DAP^b$
2	$P = a + b.DAP + c.DAP^2$
3	$P = a + b.DAP + c.(DAP^2.H)$
4	$P = a + b.DAP + c.DAP^2 + d.(DAP^2.H)$
5	$P = a + b.DAP^2 + c.(DAP^2.H)$
6	$P = a + b.DAP + c.H$
7	$P = a.DAP^b.H^c$
8	$P = a + b.DAP$
9	$P = a + b.DAP^2$
10	$P = a + b.DAP^3$
11	$P = a + b.DAP^2.H$
12	$\ln P = a + b.\ln DAP$
13	$\ln P = a + b.\ln DAP^2$
14	$\ln P = a + b.\ln DAP^3$
15	$\ln P = a + b.\ln (DAP^2.H)$
16	$P = a + b.DAP + c.DAP^2 + d.DAP^3$
17	$P = a + b.DAP + c.DAP^2 + d.DAP^3 + e.DAP^4$
18	$P = a + b.DAP + c.DAP^2 + d.DAP^3 + e.DAP^4 + f.DAP^5$
19	$\ln P = a + b.\ln H$
20	$P = a + b.DAP^2 + c.H^2 + d.(DAP^2.H)$

Onde: a, b, c, d, e, f = coeficientes estimados por regressão; DAP = diâmetro a altura do peito (1,3 m) da árvore; ln = logaritmo natural; P = peso estimado de carbono e H = altura total.

Para a escolha das melhores equações de regressão foram adotados os critérios estatísticos: maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), menor erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) e melhor distribuição gráfica dos resíduos.

São apresentados os resultados estatísticos e os gráficos de distribuição de resíduos das equações que forneceram melhor ajuste para cada componente determinado, com base nos critérios estatísticos já descritos.

A correção da discrepância logarítmica, presente nas estimativas das equações de modelos logarítmicos linearizados, foi feita multiplicando-se a quantidade do compartimento estimado pelo índice de Meyer (IM): $IM = e^{0,5 \cdot S_{yx}^2}$, onde e = base dos logaritmos neperianos e S_{yx}^2 = quadrado do erro padrão da estimativa (ORELLANA e KOEHLER, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 podem ser visualizados os modelos das equações que geraram melhores estimativas com base na análise estatística e distribuição gráfica dos resíduos. O modelo número 7 apresentou melhores estimativas referentes à madeira do fuste, carbono da parte aérea e carbono para folhagem. Já o modelo número 20 descreveu melhores estimativas para o carbono da casca. Por fim, o modelo número 19 indicou melhores estimativas para os galhos vivos.

TABELA 2: Resultado das melhores equações que apresentaram melhor estatística para estimativa do carbono nos componentes das árvores da Floresta Ombrófila Mista Montana, Boa Ventura do São Roque, PR.

TABLE 2: Result of the best equations that had better statistics to estimate the carbon components of the Araucaria's Forest trees Montana, Boa Ventura São Roque, PR.

Componentes	Modelos das equações	R ² aj	Syx%
Carbono casca	20 $P = -0,23082 + 0,00777 \cdot DAP^2 + 0,00578 \cdot H^2 + 0,00010 \cdot (DAP^2 \cdot H)$	0,929	25,76
Carbono madeira fuste	7 $P = 0,01395 \cdot DAP^{1,43776} \cdot H^{1,18827}$	0,837	58,66
Carbono galhos mortos	3 $P = 0,69151 - 0,15325 \cdot DAP + 9,19E-04 \cdot (DAP^2 \cdot H)$	0,831	72,24
Carbono parte aérea	7 $P = 0,01996 \cdot DAP^{1,35703} \cdot H^{1,28396}$	0,808	65,67
Carbono folhagem	7 $P = 6,23E-05 \cdot DAP^{3,15596} \cdot H^{0,521976}$	0,401	139,12
Carbono galhos vivos	19 $\ln P = -6,03967 + 2,63952 \cdot \ln H$	0,374	112,75

Ajuste de equações para estimativa do carbono da casca do fuste

De uma maneira geral, as equações ajustadas para a estimativa do carbono da casca do fuste apresentaram bom coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa ($R_{aj}^2=0,929$ e $S_{yx}\%=25,76$). No presente estudo foram observados valores semelhantes aos de Brun (2007), onde foram obtidos coeficientes de determinação variando de 0,89 a 0,99, dependendo da espécie. Hoppe (2003), no ajuste de equações para a estimativa do Carbono em Plátanos, encontrou uma equação com R_{aj}^2 de 0,63 e $S_{yx}\%$ de 17,3%, sendo considerados significativos. Após análise gráfica dos resíduos e das estatísticas das equações, pode-se considerar que a melhor equação para a estimativa do carbono da casca foi a equação 20.

A distribuição gráfica dos resíduos da equação ajustada indicou leve tendência de superestimar o carbono neste componente (Figura 2). Esta tendência pode ser explicada pelo fato de que existe grande variabilidade de espécies, e que todas possuem particularidades como, por exemplo, espessura de casca, o que confere pesos diferentes para árvores de mesmo diâmetro, principalmente nas árvores mais jovens, com menores diâmetros, onde a proporção de casca é maior.

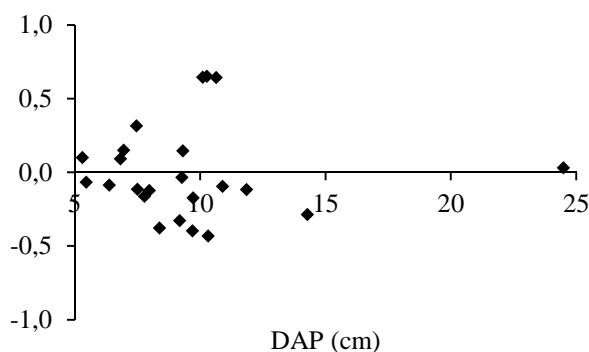


FIGURA 2: distribuição dos resíduos para a equação número 20 na estimativa estimativas do carbono da casca do fuste.

FIGURE 2: distribution of residuals for the equation number 20 in the estimation of carbon estimates from the bark of the stem.

Usando esta equação estimou-se o carbono da casca do fuste em $4,29 \text{ Mg.ha}^{-1}$, valor inferior ao encontrados por Watzlawick, *et al.* (2002), que obteve valores da ordem de $8,32 \text{ Mg.ha}^{-1}$, para o mesmo estágio de regeneração.

Ajuste de equações para estimativa do carbono da madeira do fuste

A equação número 7 apresentou melhores estatísticas para estimativas do carbono da madeira do fuste, descrevendo estatística com R^2_{aj} de 0,837 e $S_{yx}\%$ de 58,66%. Brun (2007) ajustou equações para a estimativa do carbono em sete espécies presentes em uma Floresta Estacional Decidual em fase sucessionária secundária. A autora ajustou equações para cada espécie, e para a madeira, obteve equações com coeficientes de determinação variando de 0,823 a 0,999.

O resultado encontrado para a equação 7 sugere bons ajustes, principalmente considerando a heterogeneidade das espécies, que estão em diversos estágios de desenvolvimento.

A equação 7, embora com expressiva ausência de uniformidade dos resíduos nas árvores com maior DAP, apresentou melhor distribuição gráfica dos resíduos (Figura 3).

Usando a equação 7 estimou-se o carbono da madeira do fuste em $18,32 \text{ Mg.ha}^{-1}$, valor este inferior aos valores encontrados por Watzlawick, *et al.* (2002), que obteve valores da ordem de $31,49 \text{ Mg.ha}^{-1}$, para o mesmo estágio de regeneração.

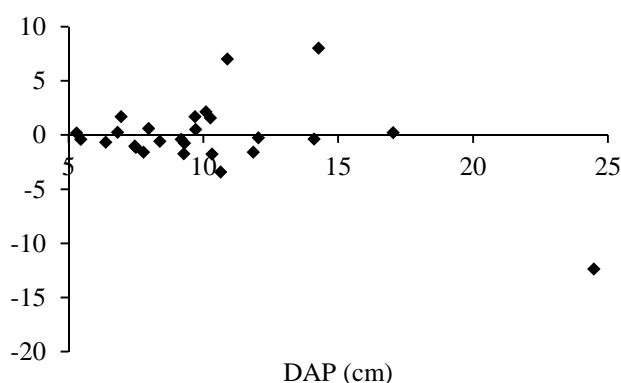


FIGURA 3: distribuição dos resíduos para a equação número 7 na estimativa do carbono da madeira do fuste.

FIGURE 3: distribution of residuals for the equation to estimate the number 7 carbon of the wood of the stem.

Ajuste de equações para estimativa do carbono dos galhos mortos

De modo geral, as equações ajustadas para estimativa do carbono dos galhos mortos apresentaram resultados satisfatórios. Com base na estatística apresentadas pelas equações e na distribuição gráfica dos resíduos, a equação 3 mostrou-se como sendo a melhor equação para estimativa do carbono dos galhos mortos ($R^2_{aj}=0,831$ e $S_{yx}\%=72,24$).

Na análise gráfica das distribuições dos resíduos indicou que a equação 3 forneceu resultados com maior exatidão quando comparado as demais equações testadas, com distribuição dos resíduos próximos do eixo zero (Figura 4).

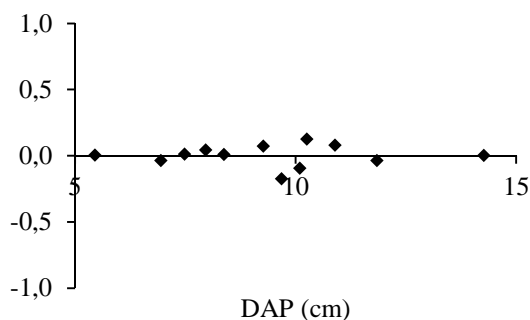


FIGURA 4: distribuição dos resíduos para a equação número 20 na estimativa do carbono dos galhos mortos.

FIGURE 4: distribution of residuals for the equation number 20 in the estimation of carbon from dead branches.

Usando esta equação estimou-se o carbono dos galhos mortos em $1,19 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, semelhantes aos valores encontrados por Watzlawick, *et al.* (2002), que obteve valores na ordem de $1,70 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para o mesmo estágio de regeneração.

d) Ajuste de equações para estimativa do carbono da parte aérea

O ajuste de equações para estimativa do carbono da parte aérea que apresentou melhores estatísticas foi a de número 7 com $R^2_{aj}=0,808$ e $S_{yx\%}=65,67$.

A distribuição gráfica dos resíduos da equação ajustada apresentou leve ausência de uniformidade em árvores com maior DAP (Figura 5). Esta tendência pode ser explicada pelo fato de que as classes diamétricas maiores apresentavam poucos indivíduos para o ajuste das equações de regressão.

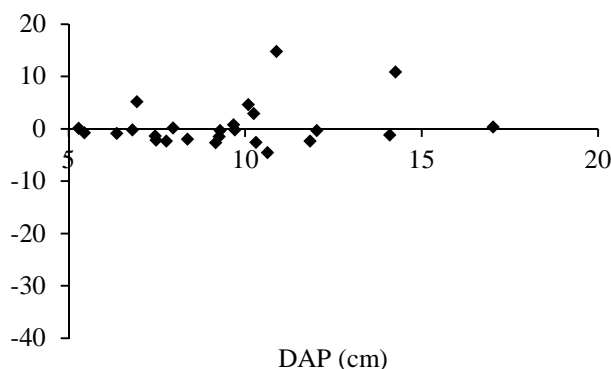


FIGURA 5: Distribuição dos resíduos para equação número 7 na estimativa de carbono da parte aérea.
FIGURE 5: Distribution of residuals for equation number 7 in the estimation of carbon from the air part.

Usando esta equação estimou-se o carbono da parte aérea em $26,36 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, semelhantes aos valores encontrados por Watzlawick, *et al.* (2002), que obteve valores da ordem de $25,82 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para o mesmo estágio de regeneração.

Ajuste de equações para estimativa do carbono da folhagem

Embora as equações ajustadas não tenham apresentado um desempenho satisfatório para estimar o carbono da folhagem, a equação 7 se destacou por apresentar melhor desempenho nas estimativas, com baixo coeficiente de determinação ajustado e alto erro padrão da estimativa ($R^2_{aj}=0,401$ e $S_{yx\%}=139,12$).

Urbano (2007) ajustou equações para estimativa do carbono estocado na folhagem de Bracatinga onde a melhor equação apresentou R^2_{aj} de 0,795 e $S_{yx\%}$ de 42,57%. O autor considerou as equações de baixa precisão, ainda assim encontrou resultados melhores que os apresentados no presente trabalho, e atribuiu os resultados à baixa correlação entre variáveis utilizadas nas equações.

Na análise gráfica das distribuições dos resíduos observou-se que a equação 7 teve menor amplitude na dispersão dos resíduos (Figura 6). Porém, essa equação apresenta tendência de superestimar o carbono fixado na folhagem, e os resíduos tenderam a aumentar seu valor absoluto nas árvores com diâmetros menores que 20 cm. À medida que ocorre o aumento do DAP, essa observação se inverteu, passando a subestimar o carbono.

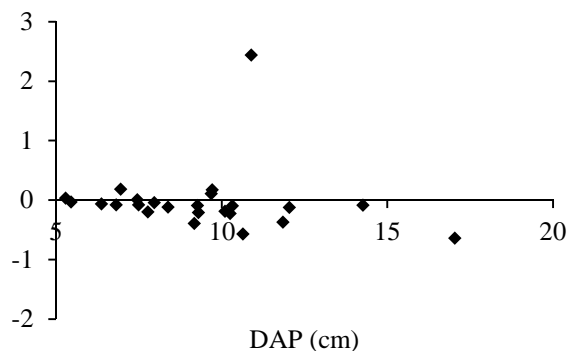


FIGURA 6: distribuição dos resíduos para a equação número 20 na estimativa do carbono da folhagem.
FIGURE 6: distribution of residuals for the equation number 20 in the estimation of carbon foliage.

A melhor equação ajustada para a estimativa do carbono estocado na folhagem foi a equação 7 porém, a utilização desta equação deve ser feita com ressalvas, devido ao baixo nível de precisão das estimativas. Esses resultados menos expressivos encontrados nas equações no presente trabalho, bem como os resultados dos trabalhos de outros autores, mostram que as variáveis independentes DAP e H têm dificuldade em explicar o carbono estocado na folhagem.

Usando esta equação estimou-se o carbono da folhagem em $2,72 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, semelhantes aos valores encontrados por Watzlawick, *et al.* (2002), que obteve valores na ordem de $2,39 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para o mesmo estágio de regeneração.

Ajuste de equações para estimativa do carbono dos galhos vivos

As equações selecionadas para a estimativa do carbono dos galhos apresentaram estatísticas com baixo coeficiente de determinação ajustado e alto erro padrão da estimativa ($R^2_{aj} = 0,374$ e $S_{yx\%} = 112,75$). Soares e Oliveira (2002) encontraram uma equação com coeficiente de determinação R^2_{aj} de 88,27%, mas com CV de 39,37%, para a estimativa do Carbono dos galhos de Eucalipto, resultados expressivamente melhores que os encontrados no presente trabalho, ressaltando que os autores citados estudaram uma única espécie. Brun (2007) ajustou equações com R^2_{aj} variando de 0,7587 a 0,9982 para o carbono dos galhos vivos de sete espécies em uma Floresta Estacional Decidual. Os resultados encontrados por estes e outros autores sugerem que as equações ajustadas para a estimativa do Carbono estocado nos galhos são mais precisas em trabalhos com uma única espécie.

A distribuição gráfica dos resíduos apresenta tendência em aumentar os resíduos absolutos em árvores com maior DAP e diminuir os resíduos absolutos em árvores com menor DAP, como pode ser observado na (Figura 7).

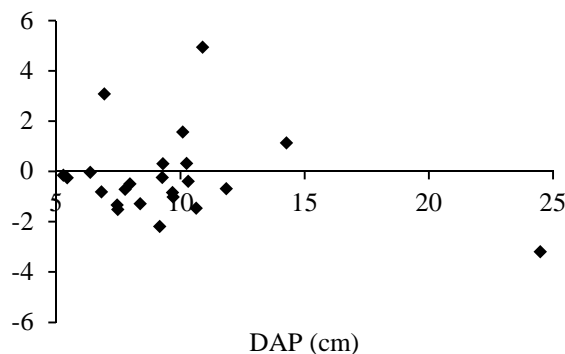


FIGURA 7: Distribuição dos resíduos para a equação número 20 na estimativa do carbono dos galhos vivos.

FIGURE 7: Distribution of residuals for the equation number 20 in the estimation of carbon from living branches.

A equação com melhores estatísticas foi a equação 19, porém a utilização desta equação deve ser feita com ressalvas, devido ao baixo nível de precisão das estimativas, principalmente para indivíduos com diâmetros maiores. Usando esta equação estimou-se o carbono dos galhos vivos em $12,05 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

CONCLUSÕES

Para ajustar equações mais precisas, sugere-se amostrar um número maior de indivíduos nas diferentes classes diamétricas e ajustá-las por espécies ou por famílias. O agrupamento das árvores com as mesmas características pode fornecer uma base de dados que proporcione um melhor ajuste de equações de regressão.

O ajuste das equações de regressão forneceu melhores resultados para carbono da casca e madeira do fuste respectivamente, e os resultados foram considerados satisfatórios e similares aos encontrados por outros autores.

Para a parte aérea total e galhos mortos, os resultados foram considerados satisfatórios, porém menos precisos.

Para os componentes galhos vivos e folhagem, as equações ajustadas não forneceram estatísticas satisfatórias, denotando imprecisão nas estimativas. Os resultados insatisfatórios para as equações ajustadas para os componentes galhos vivos e folhagem devem estar associados ao grande número de espécies presentes na área estudada, necessitando uma amostragem maior.

O uso de equações de regressão para a estimativa do carbono e biomassa florestal da área em estudo pode ser uma boa alternativa como método indireto de quantificação.

A estimativa de biomassa e carbono total ficou abaixo do encontrado por outros autores, este fato pode estar associado à exploração de madeira ocorrida no passado, retirando as árvores de maior porte e maior valor econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUN, F. G. K. **Dinâmica do Carbono orgânico em espécies arbóreas de uma Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul**. 2007. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- FIDALGO, O.; BONONI, V. L. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo, Instituto de Botânica. (Manual n. 4). 1984.
- HOPPE, J. M. **Biomassa e nutrientes em *Platanus x acerifolia* (Aiton) Willd. Estabelecido no município de Dom Feliciano - RS**. 2003. 143p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. 1994. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, p.38–76, 1994.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92p
- KOEHLER, H. S. **Estatística experimental**. Curitiba: UFPR, 2004. 124p.
- KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; VALÉRIO, A. F. Fontes de erros nas estimativas da biomassa e carbono fixado na Floresta Ombrófila Mista. **Biomassa e Energia**. Viçosa, v. 2, n. 1, p. 69-77, abr./jun. 2005.
- MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. **Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais: o exemplo de uma floresta situada no estado de Rondônia**. In: Seminário Emissão x Sequestro de CO₂. Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. 221p.
- ORELLANA, R.; KOEHLER, A. B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**. Curitiba, v.6, n.2, p.229-237, abr./jun. 2008.
- RESENDE, D; MERLIN, S; SANTOS, M. **Sequestro de Carbono: uma experiência concreta**. Palmas: Instituto Ecologia, 2001. 178p.
- RESENDE, A. V; VALE, A. T; SANQUETA, C. R; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Scientia Florestalis**. n.71, p. 65-76, 2006.
- ROSSI, L. M. B. **Processo de difusão para simulação da dinâmica de floresta natural**. 2007. 148p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- SANQUETTA, C. R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: ; SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. dos S. **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. 264p.
- SILVEIRA, P. **Métodos indiretos de estimativa do conteúdo de biomassa e do estoque de Carbono em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa**. 2008. 129p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de Carbono na parte aérea de árvores de Eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.5, p.533-539, 2002.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

URBANO, E. **Quantificação e estimativa da biomassa aérea e do Carbono fixado em árvores de bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba**. 2007. 160p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

WATZLAWICK, L. F. Fixação de Carbono em Floresta Ombrófila Mista em diferentes estágios de regeneração. 2002. 21p. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. **As florestas e o Carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. 264p.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite Ikonos II**. 2003. 120p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA DO ESTRATO ARBÓREO E DA REGENERAÇÃO
NATURAL EM UM PLANTIO DE *Eucalyptus* sp., SANTA MARIA, RS

PHYTOSOCIOLOGICAL ANALYSIS IN TREE STRATUM AND NATURAL REGENERATION
ESTABLISHED IN *Eucalyptus* sp. PLANTATION, SANTA MARIA, RS

Camila Andrzejewski¹; Rafael Marian Callegaro²; Solon Jonas Longhi³; Cristina Gouvêa Redin²;
Francisco de Souza Weber¹; Kelen Pureza Soares²; Gerson Lisboa⁴

RESUMO

Este trabalho objetivou fazer uma análise fitossociológica do estrato arbóreo e da regeneração natural estabelecida no sub-bosque de um plantio de *Eucalyptus* sp., em Santa Maria-RS. Para a amostragem do estrato arbóreo foram instaladas 20 parcelas de 10 x 10 m, distribuídas em dois blocos de 20 x 50 m, onde foram amostrados os indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) \geq 5 cm. A amostragem da regeneração natural deu-se em 30 parcelas de 5 x 5 m, instaladas sistematicamente em quatro faixas equidistantes em 35 m e orientadas na direção Leste-Oeste. No estrato arbóreo, foram encontradas 18 espécies, pertencentes a 15 gêneros e 10 famílias botânicas. As famílias Lauraceae (quatro espécies) e Salicaceae (43 indivíduos) apresentaram maior riqueza de espécies e abundância de indivíduos, respectivamente. O estrato arbóreo apresentou maior diversidade ($H' = 2,30$ nats/ind.) do que outras áreas similares e uma considerável equabilidade ($J' = 0,81$), onde algumas espécies concentram maior densidade. A espécie de maior valor de importância foi *Casearia sylvestris* (88,46), apresentando também os maiores valores densidade (215 ind./ha), frequência (85%) e dominância (5,00 m²). A distribuição dos indivíduos em classes de altura revela que há maior densidade de árvores com altura média a baixa. A distribuição diamétrica apresenta a forma de “J invertido” indicando boa capacidade de renovação do estrato arbóreo. *Casearia sylvestris* tem estrutura vertical e diamétrica mais parecida com o estrato arbóreo, podendo ser considerada a espécie mais adaptada ao estrato. Na regeneração natural, as famílias Lauraceae (cinco espécies) e Sapindaceae (721 indivíduos) foram as mais representativas do estrato. O estrato apresenta diversidade (2,28 nats/ind.) superior a outras áreas similares e equabilidade média (0,68), a qual pode ser relacionada à elevada abundância de *Eugenia uniflora* (426 indivíduos) e *Cupania vernalis* (424 indivíduos). A espécie com maior valor de regeneração natural relativa foi *Cupania vernalis* (17,79 %), que também apresentou os maiores valores de frequência (100%) e categoria de tamanho (313,0), sendo este um indicativo da elevada importância da espécie em termos de altura.

Palavras-chave: composição florística; fitossociologia; sub-bosque.

ABSTRACT

This study analyze the phytosociological in tree stratum (arboreal) and natural regeneration established in the *Eucalyptus* sp. understory in Santa Maria-RS. To sample the tree stratum were installed 20 plots of 10 x 10 m, distributed in two blocks of 20 x 50 m, which were sampled individuals with diameter at breast height (DBH) \geq 5 cm. Sampling of natural regeneration occurred in 30 plots of 5 x 5 m, systematically distributed into four equidistant bands 35 m oriented in east-west direction. In the arboreal stratum, were found 18 species of 15 genera and 10 botanical families. The Lauraceae (four species) and Salicaceae (43 individuals) family had higher richness and abundance. The tree stratum (arboreal) had higher diversity ($H' = 2.30$ nats / ind.) compared to other similar areas and considerable equability ($J' = 0.81$), where some species concentrate higher density. *Casearia sylvestris* (88.46), show the greatest importance value, highest density (215 ind. / ha), frequency (85%) and dominance (5.00 m²). The distribution of individuals in height classes shows that there is a greater density of trees with low height. The diametrical distribution

¹Acadêmico (a) do curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). camila_andrzejewski@hotmail.com; franciscosouzaweber@hotmail.com

²Engenheiro Florestal, Mestrando (a) do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). mariancallegaro@yahoo.com.br; cristina_redin@yahoo.com.br

³Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). longhi.solon@gmail.com

⁴Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). gerson.lisboa@gmail.com

⁵Bolsista do CNPQ

show the "inverted J" form, indicating a good regeneration of the trees. *Casearia sylvestris* has the vertical /diametric structure like arboreum stratum, can be considered the species best adapted in this stratum. In natural regeneration, the Lauraceae (five species) and Sapindaceae (721 individuals) families were the most representative into stratum. This stratum has superior diversity (2.28 nats / ind.) compared with similar areas, equability of 0.68, which can be related by high *Eugenia uniflora* (426 individuals) and *Cupania vernalis* (424 individuals) abundance. The species with the highest natural regeneration value was *Cupania vernalis* (17.79 %), which also showed the highest frequency (100%) and size category (313.0), which is indicative of the high importance of the species in terms of height.

Keywords: floristic composition; phytosociology; understorey.

INTRODUÇÃO

Estudos recentes sobre a regeneração natural de plantas nativas sob árvores exóticas e nativas cultivadas demonstram que as plantações florestais são, muitas vezes, e em determinadas circunstâncias, redutos de biodiversidade (VIANI et al., 2010). As plantações florestais homogêneas são apontadas como catalisadoras do processo de sucessão florestal em áreas degradadas, acelerando o crescimento de plantas nativas na regeneração natural (CALEGARIO et al., 1993). Desta forma, florestas plantadas podem criar um ambiente favorável à chegada de sementes e ao estabelecimento de plântulas de espécies nativas em seus sub-bosques, ao fornecerem sombra para espécies tolerantes e poleiros para aves dispersoras de sementes de remanescentes florestais dos arredores (SOUZA et al., 2007).

A análise do sub-bosque pode fornecer informações importantes para o estabelecimento de vegetação, com o objetivo de recuperar determinadas áreas degradadas, utilizando espécies exóticas de rápido crescimento (CALEGARIO et al., 1993).

Para caracterizar o estágio de comunidades utiliza-se a análise dos parâmetros fitossociológicos quantitativos e qualitativos. Os mais utilizados são densidade, dominância, frequência, valor de importância, além do índice de diversidade de Shannon. A densidade pode ser definida como o número de indivíduos de cada espécie existentes na composição da comunidade. A frequência é definida como a probabilidade de se amostrar determinada espécie numa unidade de amostragem. A dominância é um parâmetro que expressa a proporção de tamanho ou cobertura de cada espécie em relação ao espaço da fitocenose. Com a finalidade de dar um valor para as espécies dentro da comunidade vegetal as que pertencem é utilizado o valor de importância, obtido pela soma dos valores relativos de densidade, dominância e frequência (MARTINS, 1991; MATTEUCCI e COLMA, 1982 apud BOLIGON et al., 2005). Conforme Daniel (1998), o índice de diversidade de Shannon é o mais usado para indicar a diversidade das espécies de uma comunidade vegetal por combinar o número de espécies presentes e a densidade relativa da espécie em um único valor. O índice de equabilidade de Pielou também é frequentemente estimado para descrever formações vegetais, indicando se os indivíduos estão uniformemente distribuídos entre as espécies amostradas.

A estrutura da regeneração é frequentemente analisada pelo cálculo da regeneração natural relativa para cada espécie amostrada. Além da densidade e da frequência, este valor considera a densidade das espécies em categorias de tamanho. Com essa análise é possível determinar a importância da espécie na regeneração natural e as espécies que têm maior potencial de compor o estrato arbóreo.

Justificam-se o presente estudo devido ao desconhecimento das estruturas dessa vegetação, com numerosa presença de árvores nativas, abundante regeneração natural e visível diversidade florística. Essas informações fornecerão conhecimentos importantes para elaboração futura de um plano de recuperação da área. Nesse contexto, o presente trabalho avaliou a florística, diversidade e parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo e da regeneração natural em um plantio de *Eucalyptus* sp., no município de Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área de estudo

A área está localizada no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, município de Santa Maria, RS, nas coordenadas 29°43'21" S e 53°42'34" W, com altitude média de 100 m, na região fisiográfica denominada de Depressão Central. O povoamento foi implantado há mais de 45 anos sobre vegetação campestre e, atualmente, possui uma área aproximada de 1,4 ha, com forma irregular. A área está distante das formações florestais da região, as quais pertencem a Floresta Estacional Subtropical (SCHUMACHER et al., 2011).

O clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido) de acordo com a classificação de Köppen (MORENO, 1961), apresentando chuvas bem distribuídas durante o ano e temperatura média anual superior a 18 °C (BUDKE et al., 2004). O relevo onde está localizado o plantio é levemente ondulado e os solos são Argissolos (STRECK et al., 2008).

Coleta de dados

Os indivíduos do estrato arbóreo foram mensurados em duas parcelas de 20 x 50 m, totalizando 2000 m², divididas em 20 unidades amostrais de 10 x 10 m (100 m²) instaladas sistematicamente para o estudo. Foram amostrados todos os indivíduos com DAP (diâmetro a altura do peito) \geq 5,0 cm. Dos indivíduos amostrados mediu-se o valor do CAP (circunferência a altura do peito), altura e realizou-se a identificação botânica.

A regeneração natural foi avaliada em 30 parcelas de 5 x 5 m, somando 750 m² de superfície amostral, instaladas sistematicamente em faixas equidistantes em 35 m e orientadas na direção Leste-Oeste. Na regeneração natural foram amostrados os indivíduos com altura (h) igual ou superior a 30 cm e DAP (diâmetro a altura do peito) \leq 5,0 cm. Desses indivíduos mediu-se a altura e realizou-se a identificação botânica.

Para atualização e confirmação da nomenclatura das espécies foi utilizada a Lista de Espécies da Flora do Brasil (2010). A delimitação das famílias seguiu o sistema de classificação APG III (2009).

Análise de dados

Do estrato arbóreo foram estimadas as proporções florísticas para cada família, calculado o índice de diversidade de Shannon e o índice de equabilidade de Pielou, a estrutura horizontal e realizada a distribuição dos indivíduos em classes de altura e de diâmetro. Para a regeneração natural foram estimadas as proporções florísticas, calculados os índices de Shannon e Pielou, e a regeneração natural relativa.

As proporções florísticas consistiram em apresentar o número de indivíduos e espécies por família botânica, verificando quais dessas se adaptaram melhor ao estrato arbóreo e a regeneração natural.

O índice de diversidade de Shannon e de equabilidade de Pielou foi calculado conforme Felfili e Rezende (2003). O índice de Shannon varia entre 1,5 e 3,5, sobretudo para as florestas da Região Sul, sendo raro maior que 4,5. Valores próximos ao limite máximo são encontrados em florestas de maiores riquezas florísticas (MARTINS, 1991). O índice de equabilidade de Pielou varia de 0 a 1, onde 1 indica máxima equabilidade, isto é, todas as espécies têm o mesmo número de indivíduos.

A estrutura horizontal serve para verificar a importância das espécies no estrato arbóreo, levando em consideração a densidade, frequência e a dominância para obter o valor importância de cada espécie. A densidade absoluta (DA) consiste no número de indivíduos da espécie *i* por unidade de área (hectare). Assim, quanto maior o valor da densidade mais abundante é a espécie. A frequência absoluta (FA) é a porcentagem de parcelas em que a espécie *i* ocorreu, indicando se a espécie está bem distribuída no povoamento estudado. A dominância absoluta (DoA) é obtida pela soma da área basal dos indivíduos de uma espécie, sendo assim, indica a espécie mais dominante na vegetação. Com o somatório dos valores relativos desses parâmetros (DR, FA, DoR) obtêm-se o valor de importância (VI), o qual revela a importância ecológica da espécie em termos de estrutura horizontal (FELFILI e REZENDE, 2003).

Para a distribuição dos indivíduos em classes de frequência foi utilizada a Fórmula de Sturges, por meio da qual se obteve a número de classes. Levando-se em consideração a amplitude total (valor máximo - valor mínimo) e o número de classes foi determinada a amplitude do intervalo de classe (LOPES, 2007).

A importância das espécies dentro na regeneração natural foi calculada com os parâmetros densidade, frequência e categoria de tamanho absolutas e relativas, sendo a regeneração natural relativa, obtida pela média aritmética da soma dos valores relativos desses parâmetros (FINOL, 1971). As categorias de tamanho estabelecidas para essa análise foram: CT I= $0,3 \leq$ altura < 1,5 m; CT II= $1,5 \leq$ altura < 3,0 m; CT III= altura \geq 3,0 m e DAP < 5 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrato arbóreo

Foram amostrados ao todo 150 indivíduos, equivalendo a densidade absoluta de 750 indivíduos/ha, pertencentes a 10 famílias, 15 gêneros e 18 espécies, incluindo dois indivíduos mortos. As famílias Lauraceae (quatro espécies), Myrtaceae (três) e Sapindaceae (três) apresentaram maior riqueza florística, somando juntas 55,56% do total de espécies, seguidas da família Fabaceae, com duas espécies, das outras famílias que apresentaram uma espécie apenas. As famílias Salicaceae (43), Sapindaceae (41), Lauraceae (23) e Myrtaceae (23) apresentaram os maiores números de indivíduos, somando juntas 86,67% do total, e as demais famílias foram representadas até quatro indivíduos cada (Tabela 1). Pode-se relacionar o baixo número de espécies do estrato arbóreo ao isolamento em relação a florestas e as condições do sítio local. O primeiro fator dificulta o aporte de diásporos no interior do plantio devido à distância das florestas da região. O segundo fator limitaria o crescimento de indivíduos no local devido à ausência de condições ecológicas favoráveis (luminosidade, precipitação, nutrientes, e outros), dificultando o crescimento de um maior número de espécies.

A análise da estrutura horizontal indicou que *Casearia sylvestris* (88,46) foi a espécie mais importante do estrato arbóreo, seguida de *Cupania vernalis* (41,86) e *Eugenia uniflora* (31,73),

equivalendo juntas a 54,02% do VI total (300,0). Quando comparado esses valores ao trabalho realizado por Neri et al. (2005), em Paraopeba-MG, pode-se observar que no presente estudo houve estrutura similar, onde poucas espécies englobaram mais do que metade do valor de importância relativa. Isso indica que em povoamentos de *Eucalyptus* a regeneração natural tende a apresentar algumas espécies com expressiva importância, compondo uma vegetação com uma ou duas espécies em destaque e as demais espécies ocorrendo associadas a essas na estrutura da comunidade.

TABELA 1: Estrutura horizontal do estrato arbóreo estabelecido naturalmente no sub-bosque de um plantio de *Eucalyptus*. Santa Maria, RS, 2011.

TABLE 1: Horizontal structure in tree stratum established in the understory of an *Eucalyptus* plantation. Santa Maria, RS, 2011.

Espécie	n*	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VI
Euphorbiaceae									
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs	2	10	1,33	10	2,30	0,35	2,82	6,46	2,15
Fabaceae									
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	1	5	0,67	5	1,15	0,09	0,71	2,53	0,84
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	1	5	0,67	5	1,15	0,05	0,40	2,21	0,74
Lauraceae									
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	18	90	12,00	40	9,20	0,81	6,55	27,75	9,25
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	3	15	2,00	10	2,30	0,05	0,41	4,71	1,57
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	1	5	0,67	5	1,15	0,06	0,46	2,27	0,76
<i>Ocotea acutifolia</i> (Nees) Mez	1	5	0,67	5	1,15	0,01	0,09	1,90	0,63
Moraceae									
<i>Morus</i> sp.	3	15	2,00	15	3,45	0,14	1,11	6,56	2,19
Myrtaceae									
<i>Eugenia uniflora</i> L.	19	95	12,67	65	14,94	0,51	4,12	31,73	10,58
<i>Eugenia uruguayensis</i> Cambess.	3	15	2,00	15	3,45	0,08	0,60	6,05	2,02
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	1	5	0,67	5	1,15	0,01	0,10	1,92	0,64
Oleaceae									
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	4	20	2,67	20	4,60	0,69	5,51	12,78	4,26
Rosaceae									
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	4	20	2,67	15	3,45	0,26	2,11	8,23	2,74
Salicaceae									
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	43	215	28,67	85	19,54	5,00	40,26	88,46	29,49
Sapindaceae									
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	21	105	14,00	45	10,34	2,18	17,51	41,86	13,95
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	10	50	6,67	40	9,20	1,21	9,75	25,61	8,54
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	10	50	6,67	30	6,90	0,59	4,78	18,34	6,11
Verbenaceae									
<i>Citharexylum montevidense</i> (Spreng.) Moldenke	3	15	2,00	10	2,30	0,17	1,33	5,63	1,88
Morta	2	10	1,33	10	2,30	0,17	1,37	5,00	1,67
Total	150	750	100	435	100	12,43	100	300	100

*n= número de indivíduos amostrados; DA= densidade absoluta; DR= densidade relativa; FA= frequência absoluta; FR= frequência relativa; DoA= dominância absoluta; DoR= dominância relativa; VI= valor de importância; VI(%)= valor de importância relativo.

Quanto à densidade relaciona-se a ocorrência de 750 indivíduos por hectare, sendo que destes 67,34% pertencem a apenas quatro espécies: *Casearia sylvestris* (215 indivíduos/ha), *Cupania vernalis* (105), *Eugenia uniflora* (95) e *Ocotea puberula* (90); ficando evidente a maior abundância de *Casearia sylvestris*, com 28,66 % da densidade total. Como espécies mais frequentes, ocorrem *Casearia sylvestris* (85%), *Eugenia uniflora* (65%) e *Cupania vernalis* (45%) compondo 44,82% da frequência relativa. Em relação à dominância, destaca-se principalmente *Casearia sylvestris*, com 5,00 m²/ha, seguida de *Cupania vernalis* (2,18) e *Matayba elaeagnoides* (1,21), como espécies que apresentaram maior área basal por hectare, contribuindo juntas com 8,39 m²/ha, ou seja, 67,50% da dominância total por hectare. Com esses resultados pode-se observar que *Casearia sylvestris* foi a espécie melhor adaptada a vegetação estudada em todos os aspectos analisados (densidade, frequência, dominância). Em outros trabalhos como os de Calegario et al. (1993) e Oliveira et al. (2011) que analisaram o sub-bosque de plantios de *Eucalyptus* foi constatada a presença de *Casearia sylvestris*, porém a espécie não apresentou expressiva importância. Conforme Backes e Irgang (2004), *Casearia sylvestris* é uma espécie pioneira, muito comum em todos os tipos de florestas e também nas formações secundárias, onde apresenta grande importância na regeneração natural. Isto indica que o plantio formado por árvores de *Eucalyptus* permite a passagem de grande intensidade de luz para o interior do plantio, quer seja pelo tamanho reduzido do fragmento ou pelo dossel descontínuo e aberto, sendo assim, fornece condições ideais ao estabelecimento e crescimento de indivíduos da espécie.

O índice de diversidade de Shannon (2,30 nats/ind.) indicou que há maior diversidade de

espécies no estrato arbóreo quando comparada ao trabalho de Durigan et al (1997), onde foi encontrado o valor de 2,14 nats/ind. para o índice de Shannon. A diferença de diversidade entre os trabalhos pode estar relacionada à presença de espécies raras, pois o índice de Shannon atribui maior valor a estas espécies (FELFILI e REENDE, 2003). O valor encontrado para índice de equabilidade de Pielou (0,80) indica que há considerável equabilidade no estrato arbóreo e alguma concentração do número de indivíduos em algumas espécies amostradas. A equabilidade seria máxima ($J'=1,0$) caso todas as espécies possuíssem o mesmo número de indivíduos. Um baixo valor de equabilidade pode indicar que há dominância de uma formação por determinada espécie, mediante a presença de uma população densa, o que não foi verificado na comunidade analisada.

Por meio da análise da distribuição dos indivíduos em classes de altura foi constatado o maior número de árvores nas classes altura média e baixa, sendo isto esperado para a vegetação por se tratar de regeneração natural, onde normalmente há maior número de árvores de pequeno porte (Figura 1). Pode-se observar que 82 % das árvores apresentaram altura inferior a 11,3 m. A maior parte das árvores que apresentaram altura igual ou superior a 11,3 m é composta por *Cupania vernalis* que concentrou a maior densidade de indivíduos com altura em torno de 14,6 m. Das espécies de maior VI, *Casearia sylvestris* apresentou estrutura mais aproximada à distribuição geral, mostrando-se a espécie melhor adaptada à estrutura vertical. *Cupania vernalis* apresentou distribuição irregular dos indivíduos nas classes de altura, ao contrário de *Eugenia uniflora* que concentrou todos os indivíduos nas três classes de altura menor. Cabe observar que nenhuma das espécies mais importantes possui representantes em todas as classes de altura.

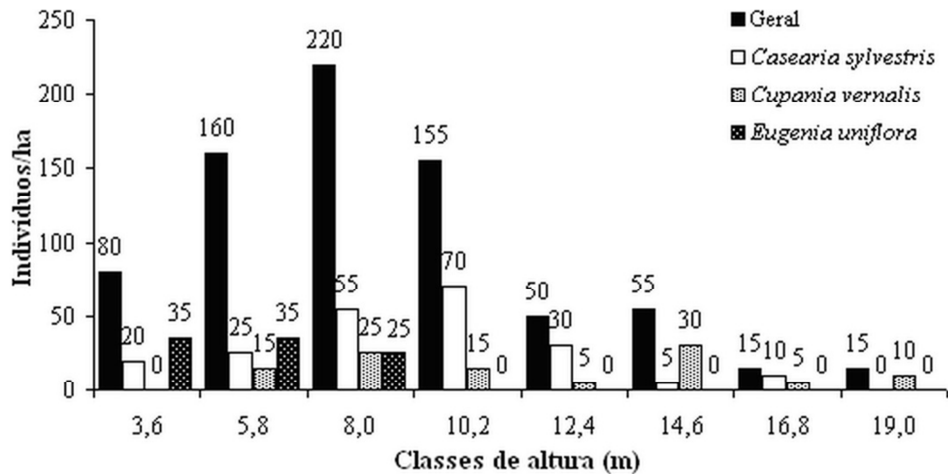


FIGURA 1: Distribuição em classes de altura de uma comunidade arbórea e das espécies de maior VI, estabelecidas naturalmente em um plantio de *Eucalyptus*. Santa Maria, RS, 2011.

FIGURE 1: Distribution of height classes in a trees community and species with high importance value, established naturally in a plantation of *Eucalyptus*. Santa Maria, RS, 2011.

A distribuição diamétrica da comunidade arbórea apresentou a curva de “J-invertido”, considerada comum a florestas inequianias, revelando que a comunidade avaliada tem elevado número de indivíduos com diâmetros pequenos e possui espécies capazes de compor o dossel superior da floresta, por exemplo, *Matayba elaeagnoides* e *Cupania vernalis*. Pela estrutura apresentada, infere-se que a vegetação tem boa capacidade de regeneração, pois, as classes inferiores de diâmetro possuem indivíduos capazes de suprir o recrutamento de classes superiores (Figura 2). As espécies de maior valor de importância também concentraram a maior parte das árvores nas classes de menor diâmetro, sugerindo que têm boa capacidade de renovação. De forma semelhante à estrutura vertical, entre as espécies de maior VI, *Casearia sylvestris* apresentou a distribuição mais uniforme nas classes diamétricas, apesar de não possuir indivíduos na classe de maior diâmetro, sendo considerada a espécie melhor adaptada à estrutura diamétrica. *Cupania vernalis* foi a única espécie com frequência na classe de diâmetro maior, porém concentrou a maior parte de seus indivíduos nas classes de menor diâmetro. *Eugenia uniflora* ficou restrita aos menores diâmetros, não possuindo indivíduos maiores que 21,1 cm.

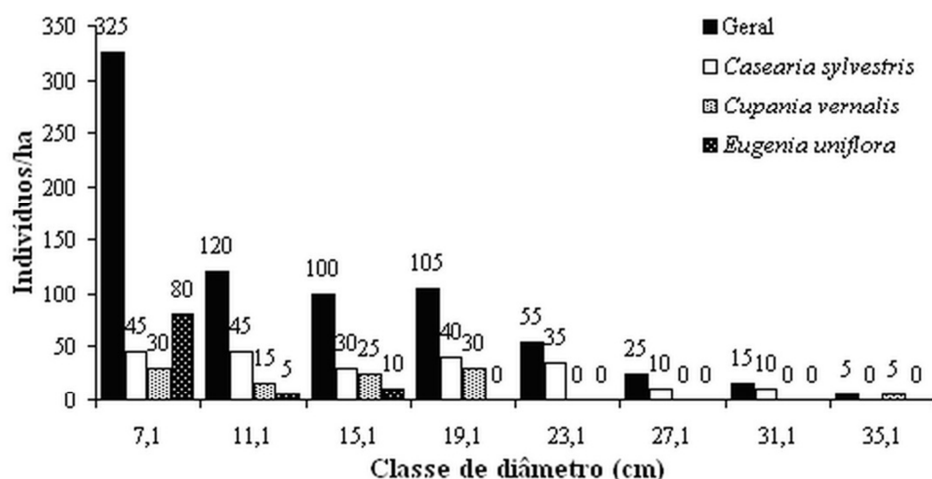


FIGURA 2: Distribuição em classes de diâmetro de uma comunidade arbórea e das espécies de maior VI, estabelecidas naturalmente em um plantio de *Eucalyptus*. Santa Maria, RS, 2011.

FIGURE 2: Distribution of diameter classes in a tree community and species with high importance value, established naturally in a *Eucalyptus* plantation. Santa Maria, RS, 2011.

Regeneração natural

Foram amostrados 1934 indivíduos, pertencentes a 17 famílias, 25 gêneros e 28 espécies. Considerando a abundância de espécies, a família Lauraceae (cinco espécies) foi a mais representativa da regeneração, seguida de Sapindaceae (três espécies) e das famílias Euphorbiaceae, Myrtaceae, Rosaceae, Rubiaceae e Solanaceae, com duas espécies cada. As demais famílias foram representadas por apenas uma espécie. Quanto ao número de indivíduos as famílias que mais se destacaram foram Sapindaceae (721 indivíduos), Myrtaceae (512), Lauraceae (333) e Rosaceae (158), equivalendo a 89,1% dos indivíduos amostrados (Tabela 2).

As espécies *Cupania vernalis* (17,79%), *Eugenia uniflora* (17,62%), *Ocotea puberula* (13,09%) e *Matayba elaeagnoides* (12,30%) apresentaram os maiores valores de regeneração natural relativa (RNR), equivalendo juntas a 60,80% da RNR total (100%), sendo consideradas as espécies mais representativas do estrato avaliado e com maior potencial de atingir o estrato arbóreo (Tabela 2). *Cupania vernalis* (CAT= 313,0; DA= 5.653 ind./ha) e *Eugenia uniflora* (CAT= 308,3; DA= 5.680 ind./ha) também apresentaram os maiores valores de categoria de tamanho e densidade absoluta, indicando que foram as espécies mais adaptadas ao sub-bosque do plantio de *Eucalyptus* sp avaliado.

Em relação à frequência, foi constatado que apenas *Cupania vernalis*, *Matayba elaeagnoides* e *Ocotea puberula* ocorreram em todas as parcelas amostradas (frequência absoluta= 100%), *Eugenia uniflora* (96,7%) e *Eugenia uruguayensis* (83,3%) também apresentaram elevada frequência. O fato das espécies supracitadas terem dispersão zoocórica pode ter contribuído para ampla distribuição no sub-bosque do plantio. Isso é corroborado pelo trabalho de Neri et al. (2005), realizado em um plantio de *Eucalyptus*, Paraopeba-MG, onde foi verificado que a resistência à chegada de diásporos no interior do talhão é menor para espécies zoocóricas, ou seja, houve um aumento percentual de plantas com esta dispersão em direção ao interior do plantio, embora em termos absolutos a densidade dessas plantas também foi elevada nas bordas.

O índice de Shannon estimado (2,28 nats/ind.) indicou que o sub-bosque avaliado tem maior diversidade de espécies quando comparado a outros trabalhos realizados no município de Santa Maria-RS, onde foi encontrado o valor de 1,93 nats/ind. em um talhão de *Eucalyptus camaldulensis* com 0,8 ha (ÁVILA et al., 2007), e o valor de 1,67 nats/ind. em um plantio de *Eucalyptus* sp., com 3,5 ha (CALLEGARO et al., 2010). Com esses resultados pode-se observar que houve maior diversidade nos plantios de menor tamanho, sendo esta uma característica relacionada a diversidade de espécies do sub-bosque. A idade é outro fator que pode ter contribuído para a diferença na diversidade, pois o povoamento avaliado é mais velho do que dos outros povoamentos. Além disso, deve-se levar em consideração que intervenções realizadas nos plantios ao causarem heterogeneidade no dossel proporcionam gradientes de luminosidade, podendo influenciar no estabelecimento de espécies.

Conforme Neri et al. (2005) a diferença na diversidade pode estar relacionada à distância de formações florestais vizinhas, as quais apresentam variação no número de espécies e na densidade de indivíduos de cada espécie, sendo isso um fator que influencia na diversidade específica de um povoamento. Nesse sentido, a localização dos plantios em domínios de diferentes tipos fitogeográficos é possivelmente uma condição relacionada à diversidade da vegetação, o que ficou evidente quando comparado o presente trabalho com o estudo realizado por Onofre et al. (2010) em um povoamento de *Eucalyptus saligna*, Bertiooga-SP, localizado no domínio da Mata Atlântica, onde a diversidade variou de

2,83 a 3,68 nats/ind. para diferentes classes de regeneração.

TABELA 2: Regeneração natural relativa de espécies amostradas em um plantio de *Eucalyptus*. Santa Maria, RS, 2011.

TABLE 2: Relative Natural regeneration in sampled species in a *Eucalyptus* plantation. Santa Maria, RS, 2011.

Nome Científico	FA	FR	DA	DR	CAT	CRT	RNR
Bignoniaceae							
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	13,3	1,3	53	0,2	2,7	0,2	0,58
Boraginaceae							
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	3,3	0,3	13	0,1	0,9	0,1	0,15
Cardioperidaceae							
<i>Citronella gongonha</i> (Mart.) R.A.Howard	13,3	1,3	173	0,7	10,4	0,7	0,91
Erythroxylaceae							
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	36,7	3,7	187	0,7	8,2	0,6	1,65
Euphorbiaceae							
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs	33,3	3,3	427	1,7	23,0	1,6	2,19
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	20,0	2,0	480	1,9	28,0	1,9	1,93
Lauraceae							
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	100,0	10,0	3827	14,8	210,1	14,4	13,09
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	40,0	4,0	213	0,8	12,3	0,8	1,89
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	36,7	3,7	160	0,6	9,6	0,7	1,65
<i>Ocotea acutifolia</i> (Nees) Mez	23,3	2,3	187	0,7	12,1	0,8	1,30
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume	6,7	0,7	53	0,2	3,5	0,2	0,37
Moraceae							
<i>Morus</i> sp.	13,3	1,3	173	0,7	8,1	0,6	0,85
Myrtaceae							
<i>Eugenia uniflora</i> L.	96,7	9,7	5680	22,0	308,3	21,1	17,62
<i>Eugenia uruguayensis</i> Cambess.	83,3	8,4	1147	4,5	69,5	4,8	5,86
Oleaceae							
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	3,3	0,3	13	0,1	0,9	0,1	0,15
Primulaceae							
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	20,0	2,0	120	0,5	7,8	0,5	1,00
Rosaceae							
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	63,3	6,4	2053	8,0	123,6	8,5	7,59
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	3,3	0,3	53	0,2	3,5	0,2	0,26
Rubiaceae							
<i>Guettarda uruguayensis</i> Cham. & Schltdl.	16,7	1,7	80	0,3	3,6	0,3	0,74
<i>Chomelia obtusa</i> Cham. & Schltdl.	6,7	0,7	27	0,1	1,7	0,1	0,30
Rutaceae							
<i>Citrus</i> sp.	26,7	2,7	160	0,6	8,8	0,6	1,30
Salicaceae							
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	40,0	4,0	413	1,6	16,4	1,1	2,24
Sapindaceae							
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	100,0	10,0	5653	21,9	313,0	21,4	17,79
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	100,0	10,0	3280	12,7	206,8	14,2	12,30
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	43,3	4,4	680	2,6	44,0	3,0	3,33
Solanaceae							
<i>Vassobia breviflora</i> (Sendtn.) Hunz.	36,7	3,7	240	0,9	13,9	1,0	1,85
<i>Cestrum strigilatum</i> Ruiz & Pav.	6,7	0,7	27	0,1	1,7	0,1	0,30
Verbenaceae							
<i>Citharexylum montevidense</i> (Spreng.) Moldenke	10,0	1,0	213	0,8	8,2	0,6	0,80
Total	996,7	100	25787	100	1460,2	100	100

Em que: FA= frequência absoluta; FR= frequência relativa; DA= densidade absoluta; DR= densidade relativa; CAT= categoria de tamanho da regeneração natural; CRT= categoria de tamanho relativa da regeneração natural; RNR= regeneração natural relativa.

O índice de Pielou (0,68) revelou que houve média equabilidade de espécies, sendo isso um indicativo da concentração de grande parte dos indivíduos em poucas espécies, o que pode ser visualizado pela elevada densidade de *Eugenia uniflora* (5.680 ind./ha) e *Cupania vernalis* (5.653 ind./ha), as quais englobaram 44,0% das plantas regenerantes. De maneira semelhante ao índice de Shannon, Callegaro et al. (2010) encontraram um valor menor para o índice de Pielou (0,51), sugerindo que no presente estudo

houve melhor distribuição dos indivíduos entre as espécies amostradas. Essa diferença também pode ter sido influenciada pelo tamanho e a idade do plantio, por estas condições interferirem na riqueza de espécies e abundância das mesmas.

CONCLUSÕES

A família Lauraceae foi a mais representativa de ambos os estratos em número de espécies e as famílias Salicaceae e Sapindaceae em número de indivíduos do estrato arbóreo e da regeneração natural, respectivamente. O estrato arbóreo e a regeneração natural apresentam maior diversidade do que outros plantios de *Eucalyptus* e a equabilidade de espécies é maior no estrato arbóreo, onde há melhor distribuição dos indivíduos entre as espécies amostradas.

A espécie mais importante do estrato arbóreo foi *Casearia sylvestris*, mostrando-se plenamente adaptada ao estrato por apresentar maior número de árvores, maior área basal e melhor distribuição na área. Na regeneração natural, a espécie com maior valor de regeneração natural relativa foi *Cupania vernalis*, sendo considerada a espécie com maior importância ecológica no estrato e a espécie com maior potencial de atingir o estrato arbóreo.

A distribuição dos indivíduos em classes de altura revela que há maior densidade de árvores com altura média a baixa, o que era esperado para a vegetação por se tratar de uma comunidade em estágio intermediário de sucessão. A distribuição diamétrica apresenta curva comum a florestas naturais, indicando que possui boa capacidade de renovação. Em ambas as estruturas a espécie melhor adaptada foi *Casearia sylvestris*, apresentando distribuição dos indivíduos mais parecida com o estrato arbóreo em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APG III. Angiosperm Phylogeny Group III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**. London, v.16, [s.n], p.105-121, 2009.

ÁVILA, A. L. de et al. Regeneração Natural em um Sub-bosque de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 696-698, jul. 2007.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica: as árvores e a paisagem**. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004. 396p.

BOLIGON, A. A. et al. Aspectos fitossociológicos de um fragmento da floresta natural de *Astronium balansae* engl., no município de Bossoroca, RS. **Ciência Florestal**, v. 35, n. 5, p. 109-128, 2005.

BUDKE, J. C. et al. Florística e fitossociologia do componente arbóreo de uma floresta ribeirinha, arroio Passo das Tropas, Santa Maria, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 581-589, 2004.

CALEGARIO, N. et al. Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural de espécies arbóreas nativas no sub-bosque de povoamentos de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 17, n. 1, p. 16-29, 1993.

CALLEGARO, R. M. et al. Diversidade, estrutura e síndrome de dispersão de espécies lenhosas componentes do sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus* sp. na região central do Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO: SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., 2010, Dois Vizinhos. **Anais eletrônicos...** Dois Vizinhos: UTFPR, 2010. Disponível em: <(https://web.dv.utfpr.edu.br:448/seer/index.php/SSPA/article/viewFile/269/251)>. Acesso em: 01 de outubro de 2011.

DANIEL, O. **Subsidies al uso del índice de diversidad de Shannon**. Disponível em: <(http://www.do.ufgd.edu.br/omardaniel/arquivos/docs/a_artigos/Fitossociologia/ShannonSubChile.pdf)> Acesso em: 05 de outubro de 2011.

DURIGAN, G. et al. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v. 9, n. 1, p. 71-85, 1997.

FELFILI, J.M.; REZENDE, R.P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Ed. UNB, 2003. 68p.

FINOL, U. H. Nuevos parametros a considerarse en el analisis estrutural de lãs selvas virgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, v.14, n.21, p.29-42, 1971.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/>. Acesso em: 09 de agosto de 2011.

- LOPES, L. F. D. et al. **Caderno didático**: estatística geral. Santa Maria: UFSM-CCNE, 2007. 205p.
- MARTINS, F.R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: UNICAMP, 1991. 246p.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- NERI, A. V. et al. Regeneração de espécies nativas lenhosas sob plantio de *Eucalyptus* em área de Cerrado na Floresta Nacional de Paraopeba, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n.2, p. 369-376, 2005.
- OLIVEIRA, E. B. de; SOUSA, L. P. de; RADOMSKI, M. I. Regeneração natural em sub-bosque de *Corymbia citriodora* no Noroeste do Estado do Paraná. **Floresta**, v. 41, n. 2, p. 377-386, 2011.
- ONOFRE, F. F.; ENGEL, V. L.; CASSOLA, H. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertoga, SP. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 39-52, 2010.
- SCHUMACHER, M. V. et al. **A Floresta Estacional Subtropical**: caracterização e ecologia no Rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Editado pelos autores, 2011. 320p.
- SOUZA, P. B. de et al. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea do sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 533-543, 2007.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.
- VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. de. Regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 533-552, 2010.

**DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA, ESPACIAL, CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS
ESILVICULTURAIS DE *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. Ex Mez, NA FLORESTA DO ESTADO
DO AMAPÁ (FLOTA/AP), BRASIL**

**DIAMETRIC AND SPATIAL DISTRIBUTION, ECOLOGIC AND SILVICULTURAIS
CHARACTERISTICS OF *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. Ex Mez, IN FOREST STATE OF
AMAPÁ, BRAZIL**

Camila Elizabete Severiano¹; Perseu da Silva Aparício²; Wegliane Campelo da Silva Aparício²;
Eleneide Doff Sota³; Marcelino Carneiro Guedes³; Lana Patrícia dos Santos Oliveira⁴

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido em três conglomerados no módulo II da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP) (342.378ha), situada no município de Porto Grande, com objetivo de obter padrões de distribuição diamétrica, espacial, características ecológicas e silviculturais da *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez. Em três conglomerados selecionados aleatoriamente foram locadas quinze parcelas permanentes de 100 x 100m. O estudo foi realizado em indivíduos considerados Árvores (DAP \geq 10,0 cm). Todos os indivíduos da *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez foram etiquetados e por meio de uma ficha de campo foram coletados: nome vulgar, CAP (circunferência à altura do peito a 1,30 m do solo), altura comercial (h) e qualidade do fuste classificada em função da forma, onde: fuste Qualidade 1 (fuste reto), Qualidade 2 (levemente tortuoso) e Qualidade 3 (tortuoso). Posteriormente, os CAP's foram convertidos em DAP (Diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo). A partir dos dados foram confeccionados histogramas de posição sociológica e distribuição diamétrica. Também foi determinado o padrão de distribuição espacial pelo índice de Morisita. A distribuição diamétrica da espécie *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez, apesar de ocorrer uma descontinuidade e ausência total de indivíduos em algumas classes diamétricas, apresentou curva de distribuição diamétrica "J-invertido. O volume/hectare estimado resultou em 2,969 m³/ha. O número de árvores por hectare foi de 7,13 árvores/ha. Na estrutura da floresta a participação da espécie está presente desde seu desenvolvimento até o clímax. A distribuição espacial apresentou padrão de distribuição espacial agregado, comum em florestas naturais.

Palavras-chave: Amostragem conglomerados; parcelas permanente; itaúba.

ABSTRACT

The study was conducted in three clusters in Module II of Amapá State Forest (FLOTA/AP) (342.378ha), located in Porto Grande, wich it aims to obtain diametric and spatial distribution, ecologic and silviculturais characteristics of *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez, in forest state of Amapá, Brazil. On clusters were located 15 permanent plots of 100 x 100 m. Study was conducted in individual considerate Trees (DBH (diameter at breast height at 1.30 m above the ground) \geq 10.0 cm). All individuals *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez were measured and its characteristic was collected (common name, circumference at breast height at 1.30 m above the ground (CBH), commercial height and quality tree. Later, the CBH were converted to DBH. From data were made sociological position and diameter distribution histograms. It was also determined the spatial distribution pattern (Morisita index). Diameter distribution of specie *Mezilaurus itauba*, although there was discontinuity and absence of individuals in certain diameter classes, it had diameter distribution curve in "J" reversed. The volume / ha resulted in 2.969 m³/ha. The number of trees per hectare was 7.13. In forest structure the species is present from all types of leaved cycle. The spatial distribution showed aggregated, common in natural

¹Acadêmica de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Bolsita PIBIC/CNPq/UEAP, Universidade do Estado do Amapá, Avenida Paulo do Espírito Santo, 3122, CEP: 6890-320. Macapá (AP). elizabeth.camila@gmail.com

²Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

³Engenheiro (a) Florestal, Dr. (a), Pesquisador (a) da Embrapa/AP, Professor do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. Rodovia JK quilômetro 5, CEP: 68900-000, Macapá (AP). mcguedes@cpafap.embrapa.br; esotta@cpafap.embrapa.br

⁴ Bióloga, Msc, Gerente do Núcleo de Serviços Ambientais, Instituto Estadual de Florestas – IEF/AP. Avenida Procópio Rola, 90, CEP: 68900-000, Macapá (AP). lana_p_oliveira@hotmail.com

forests.

Keywords: Cluster sampling; permanent plots; itaúba.

INTRODUÇÃO

A floresta amazônica tem destaque no cenário internacional pela biodiversidade e serviços ambientais prestados a humanidade. No entanto, os benefícios gerados pela floresta são ameaçados pela exploração da madeira que avança de forma predatório-extrativista (ROCHA et. al., 2000). Estimativas indicam que entre 43% e 80% da produção madeireira da região amazônica seja ilegal, advinda de áreas desmatadas ou exploradas de forma predatória e insustentável (ZENID, 2009).

Os modelos de exploração contínua, propostos para a Amazônia, consideram a estrutura inicial da floresta, sua produção volumétrica e a distribuição espacial das espécies em função da área. Entretanto, é mais simples encontrar estudos voltados para comunidades, do que para populações, e compreender como as espécies florestais vivem em comunidade, bem como sua importância para a mesma são fatores importantes para formular metodologias mais criteriosas de exploração.

A preocupação ambiental dos consumidores de madeira com o manejo das florestas está em fase crescente. A exigência de produtos que recebem certificação florestal FSC (Forest Stewardship Council) promovida pelo Conselho Brasileiro de Manejo Florestal serve, justamente, para identificar produtos originados de florestas comprometidas com a sustentabilidade.

As principais espécies florestais utilizadas pelo setor madeireiro de acordo com o Boletim de Preços de Madeira na Amazônia (IMAZON, 2010) foram agrupadas em três classes de valor (alto, médio e baixo), entre essas espécies destaca-se a *Mezilaurus Itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez com um alto valor no mercado de exportação.

A *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez, pertence a família Lauraceae (APARÍCIO, 2011). É conhecida no mercado Suriname e Guiana Francesa, respectivamente como keneelhout e taoub. No Brasil o nome comum é louro-itaúba, itaúba-preta e itaúba. É uma madeira considerada de alta resistência ao ataque de organismos xilófagos (fungos apodrecedores, cupins e xilófagos marinhos), com propriedades mecânicas e de durabilidade natural superiores às da peroba-rosa. As vantagens dessa espécie para a construção civil é que não apresentam altos riscos de deterioração. Geralmente, comercializada para construções hidráulica, pontes, laminações, postes, mobília de alta classe, pisos de veículos, construções náuticas e construção civil (IBAMA, 1997).

Neste contexto, a Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP) entra em destaque com a função de após planejamentos e controle de atividades de Manejo, ser uma Floresta de Produção Alternativa.

As perguntas que orientam este trabalho são: A *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez é capaz de ser submetida ao manejo florestal na região estudada? Partindo-se do pressuposto que essa espécie tem reconhecido valor econômico no mercado nacional, e amplamente comercializada nos estados da região norte, acredita-se que sua estrutura na área de estudo é capaz de suportar o manejo florestal sustentável.

O presente estudo teve como objetivo obter padrões de distribuição diamétrica, espacial, características ecológicas e silviculturais de *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez., com intuito de proporcionar informações que visam o manejo da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

A Floresta do Estado do Amapá (FLOTA/AP) está localizada no extremo Norte do Brasil, mas precisamente no Estado do Amapá. De acordo com a lei nº 1028/06 publicado no Diário Oficial do Estado nº 3804, é uma unidade de uso sustentável que visa à exploração de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais e dos processos ecológicos.

A FLOTA/AP (2.369.400ha) está distribuída no centro do Estado. Para dinamizar os pólos de desenvolvimento produtivo foi dividida em quatro módulos, em função da necessidade de infra-estrutura e via de acessos existentes. A área de ocupação da floresta por módulos está distribuída da seguinte forma: módulo I - 13,10%, módulo II - 14,45%, - módulo III - 31,25% e módulo IV - 41,2%.

O trabalho foi desenvolvido no módulo II da FLOTA/AP (Figura 1), no município de Porto Grande/AP, cujos limites para este módulo são os municípios: Macapá, Ferreira Gomes, Mazagão, Pedra Branca do Amapari e Santana. O maior eixo de circulação no município de Porto Grande estende-se, no sentido transversal ao leste, onde se concentram as principais atividades humanas do Assentamento. O acesso à face oeste é difícil pela condição topográfica desfavorável, caracterizada por forte movimentação do relevo (TARDIN et al., 2009).

O clima, segundo a classificação de Köppen, fica na transição do tipo Am para o Af, com média mensal do mês mais seco situado em torno de 60 mm. As temperaturas médias mensais ponderadas sofrem pequenas variações, ao longo do ano, com amplitude térmica das médias de 1,6° C (obtida da

diferença das médias dos meses de outubro e novembro - 26,1°C e de março - 24,5°C). A média anual é de 25,4°C. O total médio anual de precipitação é de 2.300 mm distribuídos mensalmente. Os dados utilizados para descrever as condições climáticas foram obtidos na estação climatológica de Cupixi, região mais próxima ao local de estudo (TARDIN et al., 2009).

A vegetação é predominantemente de Floresta de Terra Firme Densa de Baixos Platôs e Submontana, segundo a classificação de Veloso et al. (1991). Os solos são do tipo Latossolo vermelho-amarelo, ligado a variações amplas de relevo, com destaque para classe ondulada (ZEE/AP, 2008).

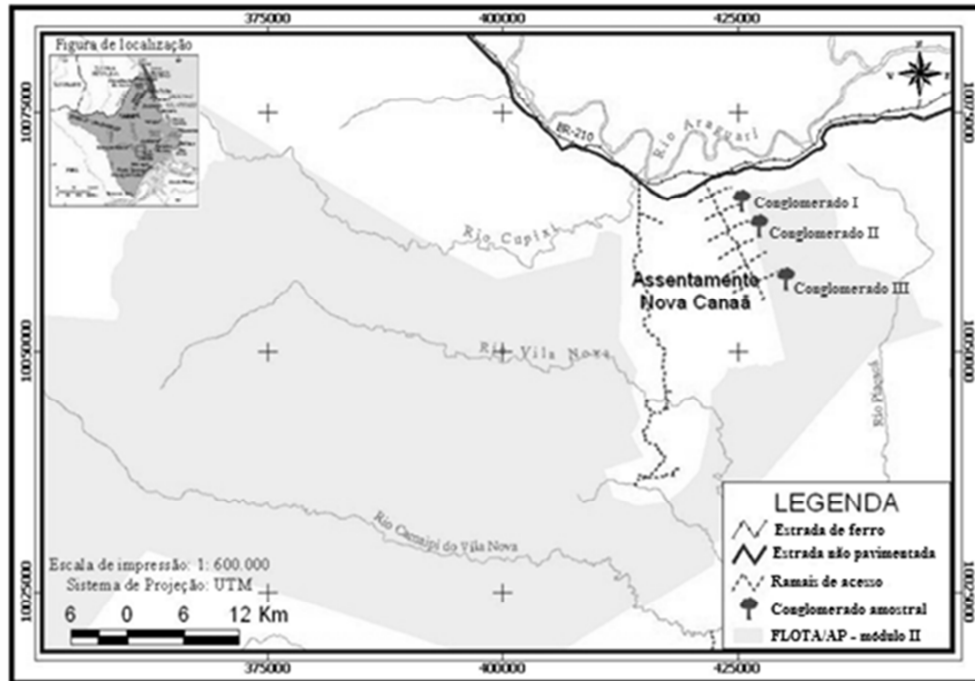


FIGURA 1: Localização do universo amostral na Floresta do Estado do Amapá, FLOTA/AP. Conglomerado amostral I (00° 35' 37, 04186" S e -51 40' 23, 43242"W), Conglomerado amostral II (00° 34' 11, 83742" S e -51 ° 39' 10, 65241"W) e Conglomerado amostral III (00° 31' 15, 06138"S e -51 37' 37, 37689"W), Porto Grande, AP.

FIGURE 1: Location of the sampling in Amapá State Forest, FLOTA/ AP. Cluster I (00 ° 35 '37,04 186''S and -51° 40' 23, 43242''W) Cluster II (00 ° 34 '11,83742''S and -51 ° 39' 10, 65241 ''W) and cluster III (00 ° 31 '15,06138''S and -51° 37' 37, 37689''W), Porto Grande, AP.

Sistema de Amostragem

O processo de amostragem foi aleatória simples. Foram locadas quinze parcelas permanentes de 100 x 100 m, totalizando 15 ha (quinze hectares).

O estudo da fitossociologia foi realizado considerando três classes de tamanho (Tabela 1), conforme metodologia padronizada pela Silva et al. (2005).

TABELA 12: Classes de tamanho utilizadas nas medições das parcelas permanentes, conforme metodologia de Silva et al. (2005).

TABLE 1: Class size used in measurements of permanent plots.

Nível	Classes	DAP
Nível 1	Árvores	DAP ≥ 10,0cm
Nível 2	Arvoreta	5,0 < DAP < 10,0 cm
Nível 3	Vara	2,5 < DAP < 5,0 cm

Entretanto, para o presente estudo, foi mensurada apenas a classe de tamanho denominada árvore (nível 1 - DAP ≥ 10,0 cm). Todos os indivíduos foram etiquetados e por meio de uma ficha de campo e coletados: nome vulgar, CAP (circunferência à altura do peito a 1,30 m do solo), altura comercial (h) e a qualidade do fuste classificada em função da forma, onde: fuste Qualidade 1 (fuste reto), fuste Qualidade 2 (levemente tortuoso) e fuste Qualidade 3 (tortuoso) de acordo com Scolforo (1998). Posteriormente, os CAP's foram convertidos em DAP (Diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo).

A identificação taxonômica da espécie foi realizada com um levantamento prévio em campo por especialistas e os nomes botânicos foram conferidos com na página da WEB do Missouri Botanical Garden <http://mobot.bobot.org/WT3/Search/vas.html>. segundo o sistema APG II (2003).

Análise dos dados

Para avaliar a representatividade da amostra foi considerado um erro de amostragem de 20%, a um nível de probabilidade de 90%. As variáveis analisadas foram: número de indivíduos e volume.

A partir dos dados foram confeccionados histogramas de posição sociológica e distribuição diamétrica.

O número de classes diamétricas foi definido aleatoriamente, em oito classes com amplitude de 5cm (Tabela 2).

TABELA 2: Número de classes diamétricas e limites dos DAP's no módulo II da FLOTA/AP.

TABLE 2: Number of diameter classes and limits of DBH in module II of FLOTA / AP.

Classes de tamanho	DAP
Classe 1	$10 \leq \text{DAP} < 15$
Classe 2	$15 \leq \text{DAP} < 20$
Classe 3	$20 \leq \text{DAP} < 25$
Classe 4	$25 \leq \text{DAP} < 30$
Classe 5	$30 \leq \text{DAP} < 35$
Classe 6	$35 \leq \text{DAP} < 40$
Classe 7	$40 \leq \text{DAP} < 45$
Classe 8	$\text{DAP} \geq 45$

A qualidade absoluta e relativa do fuste foi realizada por classes diamétricas dos indivíduos arbóreos (Scolforo, 1998).

Para o cálculo volumétrico de cada árvore foi utilizada a fórmula tradicional do volume cilindro, inserindo o fator de forma, conforme expressão abaixo:

$$V = \text{DAP} \times Hc \times F$$

Onde: V = Volume de madeira comercial expresso em metros cúbicos; DAP = Diâmetro à altura do peito expresso em metros; Hc = Altura comercial em metros; F = Fator de forma referente à conicidade da tora, igual a 0,7.

É importante ressaltar que além do volume geral, foi analisado o volume de cada classe diamétrica.

Com relação à posição sociológica, foram realizados cálculos para estimar a variabilidade da altura da espécie. Os estratos de altura considerados foram: estrato inferior -composto pelas árvores que apresentarem altura total (hj) inferior a média aritmética das alturas (\bar{h}) de todas as árvores mensuradas menos um desvio padrão (Sh); estrato médio - composto pelas árvores cuja altura total estive compreendida entre a média aritmética menos um desvio padrão e a média aritmética mais um desvio padrão; e estrato superior - composto pelas árvores com altura total superior a média das alturas mais um desvio padrão.

A distribuição espacial foi calculada através do Índice de dispersão de Morisita (BROWER e ZAE, 1977)

Valores de Id iguais a 1 indicam padrão aleatório de distribuição da população; valores menores que 1 indicam padrão uniforme e, valores maiores que 1, indicam padrão agregado (LUDWIG, 1998). Nesse método a dispersão dos indivíduos a nível de espécie pode ser agregada, aleatória e uniforme. Para X^2 tabelado > X^2 calculado o Im é não significativo = distribuição aleatória, para o X^2 cal. > X^2 tabelado, e $Im > 1$ a distribuição é agregada; para $Im < 1$ a distribuição é uniforme e para $Im = 0$ a distribuição também é uniforme.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados 107 indivíduos da *Mezilaurus Itaubá* (Meisn.) Taub. ex Mez. De acordo com a lista oficial do IBAMA a espécie não está vulnerável ou ameaçada de extinção.

O Erro de Amostragem encontrado para o número de indivíduo foi de 48,8%. O erro de amostragem ultrapassou os 20%, demonstrando que o número de parcelas não foi suficiente. Entretanto a Lei nº 4.771/65 (Código Florestal) regulamenta a Instrução Normativa nº 05/2006 do Ministério do Meio Ambiente (MMA), afirma que será estipulada a manutenção de pelo menos 10% do número de árvores por espécie, na área de efetiva exploração, que atendam aos critérios de seleção para corte indicados no Plano de Manejo Florestal Sustentável, respeitando o limite mínimo de manutenção de 3(três) árvores por espécie por 100 ha (cem hectares). A estimativa do número de árvores por hectare foi de 7,13 árvores/ha, gerando aproximadamente 40 árvores a cada 100 ha.

Foi realizada a distribuição diamétrica dos indivíduos da *Mezilaurus Itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez, através do agrupamento dos diâmetros das árvores (DAPs) em 8 classes (Figura 1), bem como a amplitude das classes de 5 cm de DAP nos três conglomerados. De acordo com Felfili (1997), a descontinuidade dos indivíduos nas classes, indica o possível grau de perturbação que ocorrem, como exploração madeireira; cortes seletivos, incêndios e desmatamento.

A descontinuidade de indivíduos nas classes 5 e 6 não interfere na distribuição diamétrica, tendendo ao exponencial negativa (“J-invertido”), por se tratar da distribuição de uma população. Em comunidades é comum encontrar o padrão de “J-invertido”. Queiroz (2008), realizou pesquisas em Floresta de Terra Firme, e afirma que esse padrão é comum. Em outros estudos em matas de terra firme no Estado do Amapá também foi encontrado os mesmos resultados por Rodrigues (1963), Mori et al. (1989) e Rabelo et al. (2001). Além disso, resultados de “J invertido” tem sido comum nas florestas nativas da Amazônia Central (OLIVEIRA, 2004).

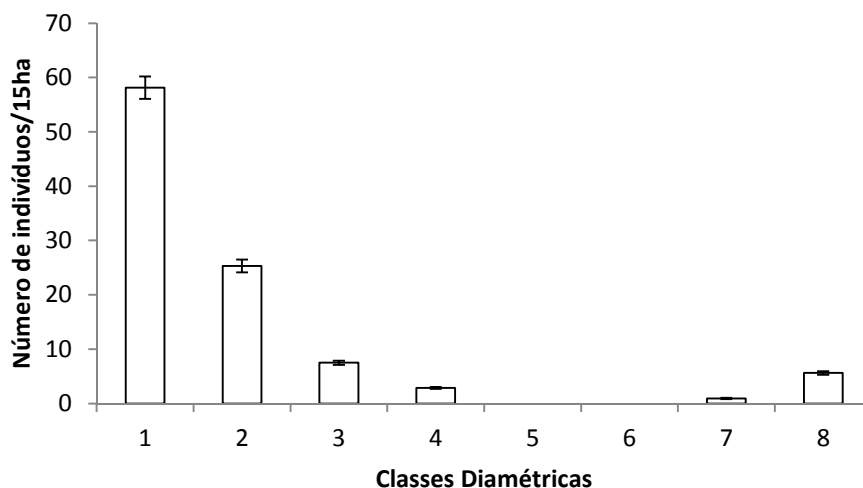


FIGURA 2: Número de indivíduos por classe diamétrica do nível 1 (árvore) em 15 ha no módulo II da FLOTA/AP, Porto Grande, Amapá. Onde: classe 1 ($10 \leq \text{DAP} < 15$); classe 2 ($15 \leq \text{DAP} < 20$); classe 3 ($20 \leq \text{DAP} < 25$); classe 4 ($25 \leq \text{DAP} < 30$); classe 5 ($30 \leq \text{DAP} < 35$); classe 6 ($35 \leq \text{DAP} < 40$); classe 7 ($40 \leq \text{DAP} < 45$); e classe 8 ($\text{DAP} > 45$).

FIGURE 2: Number of individuals per diameter class from level 1 (tree) on 15 ha in module II of FLOTA / AP, Porto Grande, Amapá. Where: Class 1 ($10 \leq \text{DBH} < 15$), class 2 ($15 \leq \text{DBH} < 20$), class 3 ($20 \leq \text{DBH} < 25$), class 4 ($25 \leq \text{DBH} < 30$), Class 5 ($30 \leq \text{DBH} < 35$), Class 6 ($35 \leq \text{DBH} < 40$), Class 7 ($40 \leq \text{DBH} < 45$), and Class 8 ($\text{DBH} > 45$).

Os valores relativos da qualidade do fuste por classe diamétrica foram: 58,5 % (classe 1); 24,2 % (classe 2); 8,6 % (classe 3); 1,7 % (classe 4); 1,2 % (classe 7); 5,9 % (classe 8). A importância de cálculos para estabelecer a melhor qualidade e sanidade do fuste das árvores é uma das características para determinar, se a espécie serão comercializada (CHICHORRO, 2000).

Diante dos resultados, a classe diamétrica que apresentou os melhores resultados de qualidade de fuste foi à classe 1 ($10 \leq \text{DAP} < 15$), mas são indivíduos que de acordo com a Legislação Florestal não estão aptos para o corte, pois não apresentam $\text{DAP} \geq 50$ cm.

O erro de amostragem encontrado para o volume foi de 62,02 %. Segundo IEF (2009) para toda área da FLOTA/AP o volume médio das árvores de espécies comerciais com $\text{DAP} \geq 50$ cm foi de 133,884 m³/ha. O volume/hectare estimado resultou em 2,969 m³/ha (dois vírgula novecentos e sessenta e nove metros cúbicos por hectare), logo para a área amostrada (15 ha – quinze hectares) o volume foi de 44,4542 m³/ha (quarenta e quatro metros cúbicos por hectare).

Estudos realizados por Silva (2011) de distribuição e volumetria na Floresta Estadual do Amapá, apresentam volume de 0,234 m³/ha. Rodrigues (2011), também encontrou resultados semelhantes para uma população de *Couratari guianensis* Aubl. (Tauari), com volume/ha de 0,01359 m³/ha.

A classe diamétrica 8 apresentou maior volume em m³/ha (0,199), fato esse explicado por indivíduos de maiores dimensões. Entretanto a classe 4 foi o menor volume em m³/ha (0,012), provavelmente pelo tamanho dos diâmetros e quantidade do número de indivíduos (0,200 ind/ha).

Quanto a posição sociológica, as frequências dos indivíduos no estrato foram: estrato 1 – 4 indivíduos; estrato 2 – 91; estrato 3 – 12 indivíduos (Figura 3).

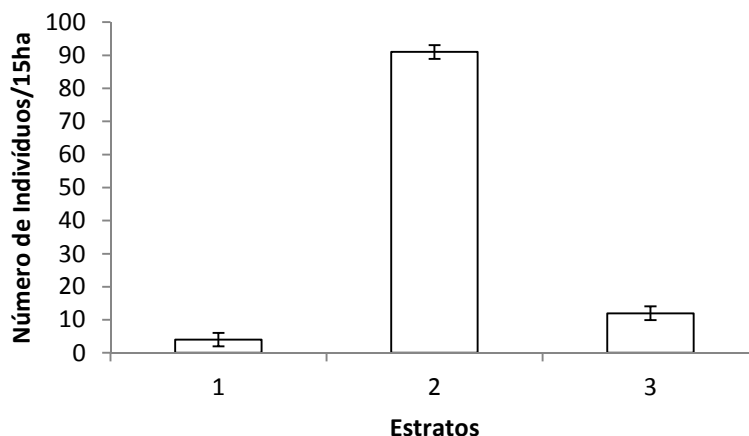


FIGURA 9: Número de indivíduos por estratos: estrato 1 (inferior), estrato 2 (médio) e estrato 3 (superior) em 15 ha no módulo II da FLOTA/AP, Porto Grande, Amapá.

FIGURE 3: Number of individual per strata: strata 1 (bottom), strata 2 (medium) and Strata 3 (above) in 15 ha in module II of FLOTA / AP, Porto Grande, Amapá.

A presença de indivíduos de uma mesma espécie nos três estratos é um forte indício que a participação desta espécie na estrutura da floresta está desde seu desenvolvimento até o clímax. Segundo Scolforo (1998), este fato é um indicador que a espécie é promissora para compor o povoamento dinâmico.

A espécie apresentou padrão de distribuição agregado (Tabela 3). A importância da distribuição espacial para manejar uma floresta é direcionar o manejador a definir critérios de seleção da espécie, caso esteja apta para o manejo.

TABELA 3: Distribuição espacial da *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez, em 15 ha no módulo II da FLOTA/AP, Porto Grande, Amapá. ($p < 0,001$). X^2 =Teste Qui-Quadrado; I.M.=Índice de Morisita; g.l=graus de liberdade.

TABLE 3: Spatial distribution of *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez on 15 ha in module II of FLOTA / AP, Porto Grande, Amapá. ($p < 0.001$). X^2 = Chi-Square, IM = Morisita Index, df = degrees of freedom.

I.M.	X^2 calculado	X^2 tabelar	Distribuição espacial	g.l
1,71*	89,4*	23,68	Agregada	14

*valores maiores que 1,00 indicam distribuição agregada

A distribuição espacial agregada indica que a espécie depende das mesmas condições para germinar suas sementes, além da presença de um indivíduo aumentar a probabilidade de espaçamento pequeno entre a espécie. É o modelo mais comum de distribuição espacial das espécies na natureza (LIMA et al., 2001; SILVA, 2011) encontrou para a uma população *Minquartia guianensis* Aubl. no módulo II da FLOTA/AP, padrões de distribuição aleatória. Os resultados divergem, provavelmente pelo número de indivíduos na área e o número total de parcelas amostradas serem diferentes, ou mesmo, pela própria ecologia de dispersão da espécie.

CONCLUSÃO

- A distribuição espacial agregada da *Mezilaurus Itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez pode contribuir para realização de tratos silviculturais na área com intuito de propiciar futuramente que a espécie seja destinada a produção madeireira;

- O volume total da espécie é favorável para o manejo de acordo com a legislação florestal, mas a descontinuidade nas classes diamétricas inviabiliza o manejo da *Mezilaurus Itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez na área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG II). An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**. n.4, p. 399-436. 2003.

- APARÍCIO, W. C. S. **Estrutura da Vegetação em diferentes ambientes na Resex do Rio Cajari: interações solo-floresta e relações com a produção de castanha.** 2011. 150 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology.** 2. Ed. Dubique: Win. C. Brown Publishers, 1977.
- CHICHORRO, J. F. **Análise estrutural e econômica de multiprodutos demadeira em florestas naturais.** 2000. 241 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FELFILI, J. M. Diameter and height distributions in a gallery forest community and some of its main species in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, p. 155-162, 1997.
- IEF, Instituto Estadual de Floresta do Amapá, **Relatório Técnico: Inventário da Floresta do Estado do Amapá (FLOTA/AP), 2009.**
- IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia/ Equipe Técnica do IMAZON. **Boletim de Preços de Madeira**, n. 04, 2010.
- IBAMA - **Madeiras da Amazônia:** características e utilização, v. 03,1997.
- QUEIROZ, J. A. L. **Estrutura e dinâmica em uma floresta de várzea do Rio Amazonas no Estado do Amapá.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais, FPR. 2008
- LIMA, F. D. A.; MATOS, F. D. A.; AMARAL, I. L.; REVILLA, J.; COELHO, L.S.; RAMOS, J.F.; SANTOS, J.L. Inventário florístico de floresta ombrófila densa de terra firme, na região do Rio Urucu-Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, n. 31, p. 565-579, 2001.
- LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing.** New York: Jhon Wiley & Sons, 1998.
- MORI, A. S.; RABELO, B. V.; TSOU, C. H.; DALY, D. C. **Composicion and structure of an eastern Amazonian forest at Camaipi, Amapá, Brasil.** **Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi. Nova Sér. Bot.** v. 5, p. 3-18, 1989.
- OLIVEIRA, A. N. de; AMARAL, I. L. do. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v.34, n.1, p.21-34, 2004.
- RABELO, F. G.; MATOS, M. L.; GEMAQUE, R. C. R. **Levantamento florístico na microbacia do igarapé Arapiranga.** Macapá: SEMA, Macapá, 2001. 56 p.
- ROCHA, K.; MOREIRA, A. R. B.; CARVALHO, L.; REIS, E. J. **O valor das concessões nas florestas nacionais da Amazônia.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, n. 37, 2000.
- RODRIGUES, W. A. **Estudo de 2,6 hectares de mata de terra firme da Serra do Navio, território do Amapá.** **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Sér. Bot.** 19, p. 1-42, 1963.
- RODRIGUES, E. G. Distribuição diamétrica, espacial e volumétrica de *Coutari guianensis* Aubl (Tauari) na Floresta Estadual do Amapá – FLOTA. 2011.52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) – Universidade do Estado do Amapá, Macapá.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.
- SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A.; OLIVEIRA, L. C.; SILVA, S. M. A.; CARVALHO, J. O. P.; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira: Embrapa Amazônia Oriental.**2005, 68p.
- SILVA, W. V. **Distribuição e volumetria da *Minguartia guianensis* Aubl. (Acariquara) na Floresta Estadual do Amapá, Brasil, Macapá, Amapá.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) – Universidade do Engenharia Florestal do Amapá, Macapá.
- TARDIN, A. T.; RABELO, B. V.; FACUNDES, F. S.; ALMEIDA, J. C.; ÁVILA, J. E. A. L.; JUNIOR LOBATO, J. P. A.; PIKANÇO, J. R. A.; SILVA, L. M. S.; GUEDES, L. A. C.; OLIVEIRA, M. R. M.; DIAS, M. C. S.; MELO, R.M. S.; FERREIRA, T. J. M. Plano de recuperação PA Nova Canaã, Porto Grande – AP. **Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA).** Macapá, 2009.
- VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R, LIMA, J.C.A. **IBGE: Classificação da vegetação brasileira**

adaptada a um sistema universal. 1991.

ZEE - Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE/Equipe Técnica do ZEE-AP. Macapá, 2008.

ZENID, G. J. **Madeira** : uso sustentável na construção civil. 2. ed. São Paulo. 2009. 16p.

CRESCIMENTO DE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. NA REGIÃO DE FREDERICO WESTPHALEN, RS.

GROWTH OF *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud IN THE REGION FREDERICO WESTPHALEN, RS

Catiane Casarin¹; Magda Lea Bolzan Zanon²; Marcelo Roveda³; Mateus Basso⁴

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade para a espécie *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud., na região de Frederico Westphalen, RS. Com os dados obtidos a partir da análise de tronco completa, foram testados modelos matemáticos permitindo avaliar o crescimento da espécie estudada. Partindo-se do modelo, com melhor ajuste, pode-se realizar um estudo individualizado expressando o comportamento das variáveis dendrométricas diâmetro, altura e volume em função da idade. A equação que melhor ajustou o crescimento foi o de Gram ($\ln y = b_0 + b_1 \cdot \ln x + b_2 \cdot x$), apresentando altos valores para o coeficiente de determinação ajustado e baixos valores para o erro padrão da estimativa, sendo valores de 0,99 e 0,17 respectivamente para a variável diâmetro; de 0,97 e 2,58 respectivamente para a variável altura e, 0,97 e 0,006 respectivamente para a variável volume.

Palavras-chave: crescimento; diâmetro, altura; volume.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the diameter, height and volume growth of *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud, in function of tree ages, in the region of Frederico Westphalen in Rio Grande do Sul. For this sake, growth equations were fitted to growth data generated to different tree ages estimated by complete stem analysis. The results obtained indicate that the growth in diameter, height and volume can be determined by Gram growth equation ($\ln y = b_0 + b_1 \cdot \ln x + b_2 \cdot x$). The equations for growing in diameter were obtained, with adjusted coefficient of determination of 0,99 and standard error of 0,17; height growing, with coefficient of determination of 0,97 and standard error of 2,58 and growth in volume, with coefficient of determination of 0,97 and standard error of 0,006.

Keywords: growth; diameter; height; volume.

INTRODUÇÃO

As florestas nativas vêm sendo submetidas à intensa e desordenada exploração, e encontram-se hoje reduzidas a pequenos fragmentos. A causa disso deve-se, principalmente, à derrubada da floresta para o avanço da fronteira agrícola, a qual, juntamente com a exploração intensiva de espécies madeiráveis, reduziu os maciços florestais a florestas fragmentadas.

Tentando proteger os remanescentes florestais, a legislação restringiu o uso dessas áreas. Porém, essa medida contribuiu diretamente para o desinteresse dos proprietários rurais por essas formações florestais. Além disso, muitos agricultores passaram a enxergar as matas como um empecilho para a propriedade, induzindo a sua eliminação e impedindo a regeneração natural das espécies.

Para que as florestas voltem a ser atrativas para os proprietários rurais, é importante que essas, além de desempenharem as suas funções ambientais, gerem renda. Deste modo, haverá interesse por parte dos mesmos em conservar as reservas florestais em suas propriedades.

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro s/n, BR 386, Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen, (RS). catianecasarin_6@hotmail.com

² Engenheira Florestal, Dr^a Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Florestal. Centro de Educação Superior Norte do RS, Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro s/n, BR 386, Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen, (RS). magdazanon@smail.ufsm.br

³ Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro s/n, BR 386, Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen, (RS). roveda_marcelo@hotmail.com

⁴ Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro s/n, BR 386, Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen, (RS). bassomateus@hotmail.com

Entre as espécies potencias da floresta estacional decidual destaca-se a *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud., conhecida popularmente por louro, apresentando uma altura de 20-30 metros, com tronco de 70-90 cm de diâmetro, sendo sua madeira moderadamente pesada (densidade 0,78g/cm³), dura, fácil de trabalhar, de boa durabilidade em ambientes secos (LORENZI, 2002).

Uma técnica que pode viabilizar o decréscimo da taxa de desmatamento é a prática do manejo florestal sustentado. Essa técnica é uma das formas de uso das áreas florestais, pois mantém as principais funções ambientais da biodiversidade (SCOLFORO, 1998; SCHNEIDER e FINGER, 2000).

Para que se possa explorar uma floresta de acordo com o manejo adequado deve-se ter em mente, o conceito de sustentabilidade, ou seja, deve-se levar em consideração o potencial produtivo das espécies e cortar somente o que ela incrementa. Para tanto é necessário obter informações básicas sobre o crescimento e desenvolvimento das espécies ao longo do tempo.

Segundo Finger (1992), o crescimento é influenciado por fatores genéticos, interagindo com o meio ambiente, o qual compreende fatores climáticos (temperatura, precipitação, vento e insolação), edáficos (características físicas, químicas e biológicas), topográficos (inclinação, altitude e exposição) e fatores de competição através da influência de outras espécies.

Para a quantificação do incremento periódico anual em volume, Schneider & Finger (2000) comentam que podem ser considerados os seguintes procedimentos: determinação por meio de medições periódicas do DAP das árvores em parcelas permanentes; determinação pela diferença de volume entre duas ocasiões do inventário florestal; e determinação mediante análise de tronco.

Finger (1992) conceitua análise de tronco como um método retrospectivo para determinação do crescimento da árvore que permite determinar as curvas de crescimento da altura, volume, idade, bem como estudos cronológicos pela datação dos anéis anuais de crescimento, apresentando vantagens pela rapidez, boa precisão e baixo custo para a obtenção dos dados.

Apesar de algumas pesquisas darem enfoque a árvores nativas, não há estudos detalhados sobre o comportamento do crescimento de grande número de espécies existentes na Floresta Estacional Decidual localizada na região Noroeste do RS. Obter informações sobre o crescimento de espécies pertencentes a essa região fitogeográfica, se justifica devido à necessidade de preservação desse tipo florestal, requerendo informações básicas passíveis de serem utilizadas em planos de manejo.

Deste modo, o objetivo deste trabalho é avaliar o crescimento da espécie *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. na região de Frederico Westphalen visando determinar o crescimento em diâmetro, altura e volume da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização e descrição da área de estudo

O trabalho foi realizado em um fragmento de aproximadamente 20 ha, no município de Frederico Westphalen, nas dependências do Centro de Educação Superior Norte – RS (CESNORS) e Colégio Agrícola de Frederico Westphalen. A área localiza-se a uma latitude de 27°23'44.4" S e longitude 53°25'59.26" O, sua altitude variando entre 520 a 550 m.

O clima é Subtropical Temperado úmido (Cfa) pela classificação de Köppen, caracterizado pela temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. As ocorrências médias de geadas ficam entre 5 a 15 por ano. A região apresenta um equilíbrio no regime pluviométrico pela ausência de estação seca definida, tendo uma média pluviométrica anual de 1900 mm, com variação mensal entorno de 130 – 197 mm (MORENO, 1963).

A vegetação do fragmento pertence ao domínio da floresta estacional decidual submontana (LEITE e KLEIN, 1995).

Seleção de árvores amostras

Para o estudo do crescimento, foram selecionadas 10 árvores-amostra. Para cada uma das árvores-amostra foram mensuradas as variáveis circunferência à altura do peito, com o auxílio de uma fita métrica e a medição das alturas total e comercial com o auxílio do hipsometro Vertex IV.

Foi selecionada uma árvore média do povoamento para efetuar a análise de tronco total. A árvore selecionada foi seccionada nas posições 0,10m, 0,30m, 1,30m e depois de metro em metro, onde foram retiradas fatias de aproximadamente 4 cm. As fatias foram secas, e posteriormente, lixadas para melhor visualização dos anéis de crescimento. Em cada uma das fatias foram traçados quatro raios perpendicularmente disposto e realizado uma média aritmética dos quatro raios para obter a estimativa da espessura dos anéis de crescimento. Após a medição os dados foram rodados no programa ANATRO (Análise de Tronco) onde se obteve a idade das árvores, o diâmetro, a altura, bem como o volume, a área basal, fator de forma, incremento corrente e médio anual.

Crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade

Para estudar as tendências de desenvolvimento do crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade foram testados os modelos apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: Equações testadas para crescimento do diâmetro, altura e volume em função da idade.
 TABLE 1: Fitted equation to diameter, height and volume growth in function of the age.

Equação	Modelo matemático	Autor
1	$\ln y = b_0 + b_1 \cdot 1/x$	Schumacker
2	$\ln y = b_0 + b_1 \cdot \ln x + b_2 \cdot \ln^2 x$	Backman
3	$\ln y = b_1 \cdot \ln x + b_2 \cdot \ln^2 x$	Backman modificado
4	$y = \frac{x^2}{b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2}$	Prodan
5	$y = \frac{x^2}{b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2}$	Prodan modificado
6	$\ln y = b_0 + b_1 \cdot 1/x + b_2 \cdot \ln x$	Hoerl
7	$\ln y = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 + b_3 \cdot x^3$	Moissev
8	$\ln y = b_0 + b_1 \cdot \ln x + b_2 \cdot x$	Gram

Sendo: y: diâmetro a altura do peito (1,30 m), altura (m), volume sem casca (m³); x: t = idade (anos); b₀, b₁, b₂, b₃ = coeficientes das equações; ln = logaritmo neperiano.

Crescimento do volume em função do diâmetro e altura

Para o ajuste do crescimento volumétrico em função das variáveis diâmetro e altura, foram testadas 09 equações e as mesmas se encontram apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2: Equações testadas para ajuste do volume em função do diâmetro e altura.
 TABLE 2: Fitted equation to volume adjustment depending on the diameter and height.

Equação	Equação	Autores
1	$v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot dh + b_4 \cdot d^2 \cdot h + b_5 \cdot h$	Meyer
2	$v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot dh^2 + b_4 \cdot d^2 \cdot h$	Meyer modificado
3	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 \cdot d^2 \cdot h + b_3 \cdot dh^2 + b_4 \cdot h^2$	Naslund modificado
4	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 \cdot d^2 \cdot h + b_3 \cdot h$	Stoate
5	$v = b_0 + b_1 \cdot d^2 \cdot h$	Spurr
6	$\log v = b_0 + b_1 \cdot \log d + b_2 \cdot \log^2 d + b_3 \cdot \log h + b_4 \cdot \log^2 h$	Prodan
7	$\log v = b_0 + b_1 \cdot \log d + b_2 \cdot \log h$	Schumacher-Hall
8	$\log v = b_0 + b_1 \cdot \log(d^2 \cdot h)$	Spurr
9	$\log v = b_0 + b_1 \cdot \log d + b_2 \cdot d^{-1}$	Brenac

Sendo: v = volume sem casca (m³); h = altura (m); d = diâmetro a altura do peito (1,30 m).

Crescimento da altura em função do diâmetro

No estudo da altura em função do diâmetro foram testados 7 modelos de regressão, apresentados na Tabela 3.

TABELA 3: Equações testadas para ajuste da altura em função do diâmetro.
 TABLE 3: Fitted equation to height adjustment in function of the diameter.

Equação	Modelo matemático	Autor
1	$h = b_0 + b_1.d + b_2.d^2$	Modelo Parabólico
2	$\ln h = b_0 + b_1.\ln d$	Stofells
3	$\ln h = b_0 + b_1.\left(\frac{1}{d}\right)$	Curtis
4	$h = b_0 + b_1.\left(\frac{1}{d}\right)$	Curtis
5	$h = b_0 + b_1.d + b_2.\left(\frac{1}{d}\right)$	-
6	$h = b_0 + b_1.\left(\frac{1}{d}\right) + b_2.d^2$	-
7	$h = b_0 + b_1.d + b_2.\left(\frac{1}{d}\right) + b_3.d^2$	-

Sendo: h= altura (m); d= diâmetro à altura do peito (1,30 m); ln= logaritmo neperiano.

Critérios de seleção dos modelos matemáticos

Para selecionar o melhor modelo matemático utilizou-se dos seguintes critérios: valor de F altamente significativo; maior coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{Aj.}$); menor Erro padrão de estimativa (S_{yx}); consequentemente menor coeficiente de variação (CV); maior valor de F, Índice de Furnival IF, e valor ponderado dos escores estatísticos, bem como distribuição dos resíduos quando necessário.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Crescimento de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.

Para estudar o crescimento de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud., testou-se os modelos matemáticos, apresentados na Tabela 1, utilizando-se como variável dependente o diâmetro, a altura e o volume, e a idade como variável independente. Os modelos foram programados e processados no programa estatístico SAS (Statistical Analysis System).

Crescimento do diâmetro em função da idade

Os dados utilizados da análise de tronco possibilitaram o ajustados modelos e a análise da precisão das equações utilizadas. Podendo assim, observar na Tabela 4 os parâmetros estatísticos das equações, conforme a Tabela 1, utilizadas para estudar o crescimento do diâmetro em função da idade.

TABELA 4: Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento de diâmetro em função da idade.

TABLE 4: Statistical parameters of the fitted equation to diameter growth adjusting in function of the age.

Equação	Coeficientes				$R^2_{Aj.}$	S_{yx}	IF	CV%	F
	b_0	b_1	b_2	b_3					
1	2,27715	-4,13867	-	-	0,72	-	6,22	30,77	67,6
2	-0,89182	0,88236	0,07651	-	0,99	-	0,27	1,33	24375,4
3	-	0,03686	0,26055	-	0,98	-	2,56	12,68	1064,9
4	0,04447	2,54337	-0,03923	-	0,99	0,23	-	0,91	31750,8
5	-	2,55008	-0,03944	-	0,99	0,22	-	0,89	194691
6	-1,48271	0,60207	1,29745	-	0,98	-	0,42	2,10	9764,5
7	-1,09563	0,4482	-0,02198	0,00041	0,99	-	0,99	4,93	1182,9
8	-0,9447	0,9818	0,02202	-	0,99	-	0,17	0,84	60727,1

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 = coeficientes; $R^2_{Aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV%= coeficiente de variação em %; F= análise de variância.

A partir dos parâmetros estatísticos pode-se observar que com exceção da equação 1, as demais apresentaram $R^2_{Aj.}$ alto variando de 0,98 a 0,99 e coeficientes de variação baixos, de 0,84% a 12,68 %.

Segundo o método utilizado do Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP), selecionou-se o modelo matemático que apresentou menor valor ponderado, conforme Tabela 5.

TABELA 5: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações de crescimento em diâmetro testadas.

TABLE 5: Considered value and the scores of the statistical parameters to fitted equations to diameter growth.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado (VP)
	R ² _{Aj.}	S _{YX} /IF	Cv%	F	
1	3	8	8	8	27
2	1	4	4	4	13
3	2	7	7	7	23
4	1	3	3	3	10
5	1	2	2	1	6
6	2	5	5	5	17
7	1	6	6	6	19
8	1	1	1	2	5

Sendo: R²_{Aj.}= coeficiente de determinação ajustado; S_{yx}= erro padrão da estimativa; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância.

A equação de número 8, definida pelo modelo de crescimento de Gram, foi a que mais se destacou, por apresentar maior coeficiente de determinação ajustado, de 0,99 bem como um baixo coeficiente de variação de 0,84, estatística IF = 0,171 e F de 30727,1, seguida da equação de número 5, com um coeficiente de determinação de 0,99 e um erro de 0,22, podendo, também, ser utilizada para descrever o crescimento em diâmetro em função da idade

Schneider et al. (2000), avaliando as tendências de crescimento em diâmetro, para a espécie *Tabebuia impetiginosa* na região central do estado do RS, selecionou o modelo de Backman, $DAP = e^{-0,9686 + 1,1869 * \ln t + 0,0815 * \ln^2 t}$ com coeficientes de determinação de 0,99, erro padrão da estimativa de 0,03, e coeficiente de variação de 1,15%.

Scheeren et al. (2003), para modelar o crescimento da espécie *Ocotea pulchella*, em diâmetro, em função da idade selecionou o modelo quadrático $DAP = -0,0816 + 0,0083 * t - 0,00004 * t^2$ com coeficiente de determinação de 0,99, erro padrão da estimativa de 0,01 e coeficiente de variação de 5,17.

Milani, (2010) selecionou a equação de Chapman-Richards como a mais adequada para determinar o crescimento em diâmetro de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, com coeficiente de determinação ajustado de 0,861 e coeficiente de variação de 12,1%.

Na Figura 1 é apresentada a simulação da tendência de crescimento do diâmetro em função da idade, observa-se um padrão de crescimento ascendente, representando apenas a fase inicial de crescimento da espécie, ou seja, as árvores ainda são jovens, não apresentando a assíntota que indicaria sua maturidade.

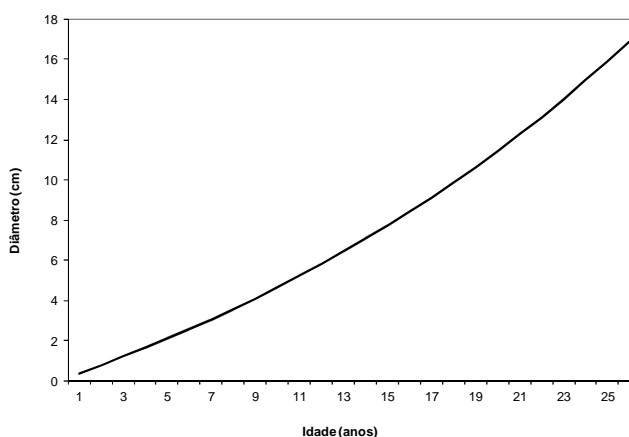


FIGURA 1: Crescimento do diâmetro em função da idade, *Cordia trichotoma*, na região de Frederico Westphalen, RS.

FIGURE 1: Diameter growth of *Cordia trichotoma*, in Frederico Westphalen, RS.

Crescimento da altura em função da idade

Os parâmetros estatísticos e os coeficientes das equações testadas para o crescimento em altura são apresentados na Tabela 6.

De acordo com os parâmetros estatísticos, os modelos matemáticos apresentaram excelente resultados, destacando-se as equações de número 4, 7 e 8 definida pelo modelo de crescimento Prodan, Moissev, e Gram respectivamente, podendo ser observado na Tabela 7 que o modelo de Prodan apresentou um valor ponderado de 8 pontos e os outros dois modelos um valor ponderado de 10.

O modelo 7 apresentou um dos maiores maior coeficiente de determinação ajustado, de 0,97; bem como um baixo coeficiente de variação, de 10,75%. O modelo de crescimento Gram, número 8, apresentou coeficiente de determinação ajustado, de 0,97; e um coeficiente de variação, de 11,78%, e foi a equação escolhida para ajustar o crescimento da altura em função da idade, pois apresentou melhor distribuição gráfica dos resíduos.

TABELA 6: Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento da altura em função da idade.

TABLE 6: Statistical parameters of the fitted equation to height growth adjusting in function of the age.

Equação	Coeficientes				R ² _{Aj.}	S _{yx}	IF	CV%	F
	b ₀	B ₁	b ₂	b ₃					
1	2,4875	-5,209	-	-	0,81	-	6,38	29,09	112,8
2	-1,9808	2,086	-0,2	-	0,96	-	2,87	13,09	326,4
3	-	0,077	0,213	-	0,94	-	6,59	30,06	195,9
4	7,9869	0,336	0,046	-	0,96	2,24	-	9,55	374,1
5	-	1,541	0,008	-	0,98	3,37	-	14,38	786,5
6	-0,6982	-1,192	1,1	-	0,95	-	3,24	14,78	253,5
7	-2,2839	0,796	-0,05	0,0009	0,97	-	2,36	10,75	326,5
8	-1,8837	1,89	-0,06	-	0,97	-	2,58	11,78	405,5

Sendo: b₀, b₁, b₂, b₃= coeficientes; R²_{Aj.}= coeficiente de determinação ajustado; S_{yx}= erro padrão da estimativa; IF = índice de Furnival; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância.

No entanto estes três modelos (4, 7 e 8) podem ser utilizados para descrever o crescimento da altura em função da idade.

Milani (2010) selecionou a equação de Chapman-Richards como a mais adequada para determinar o crescimento em altura de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, com coeficiente de determinação ajustado de 0,746 e coeficiente de variação de 25,7%.

TABELA 7: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações de crescimento em altura testadas.

TABLE 7: Considered value and the scores of the statistical parameters to fitted equations to height growth.

Equação número	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	R ² _{Aj.}	S _{yx} /IF	Cv%	F	
1	6	7	7	8	28
2	3	4	4	5	16
3	5	8	8	7	28
4	3	1	1	3	8
5	1	6	5	1	13
6	4	5	6	6	21
7	2	2	2	4	10
8	2	3	3	2	10

Sendo: R²_{Aj.}= coeficiente de determinação ajustado; S_{yx}= erro padrão da estimativa; IF = índice de Furnival; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância.

Na Figura 2 é apresentada a simulação da tendência de crescimento da altura em função da idade. Observa-se um padrão de crescimento sigmóide, o qual aumenta lentamente no início, depois rapidamente e após a taxa de crescimento vai diminuindo. Nota-se que a curva tende ao início da assíntota, indicando a maturidade, isto é, limite superior do crescimento.

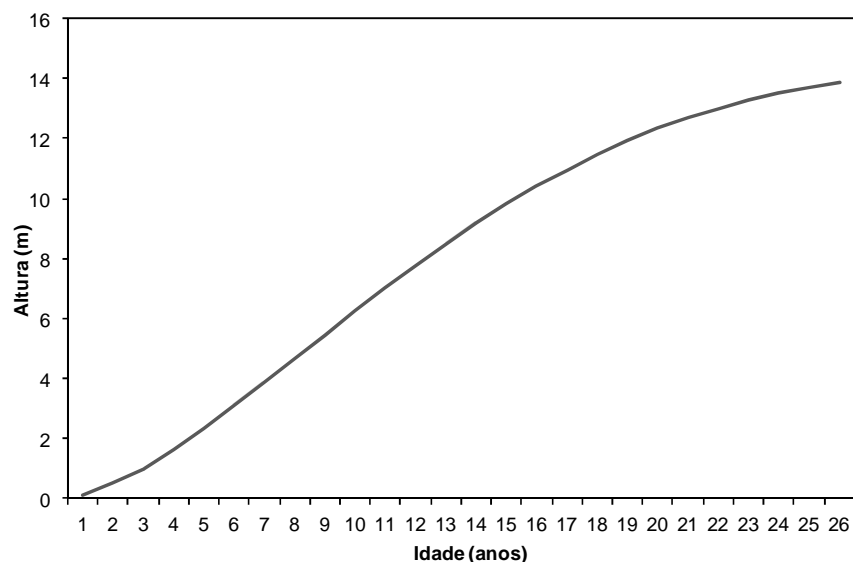


FIGURA 2: Crescimento da altura em função da idade, *Cordia trichotoma*, na região de Frederico Westphalen, RS.

FIGURE 2: Height growth of *Cordia trichotoma*, in Frederico Westphalen, RS.

TABELA 8: Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento do volume em função da idade.

TABLE 8: Statistical parameters of the fitted equation to volume growth adjusting in function of the age.

Equação	Coeficientes				R^2_{Aj}	S_{yx}	IF	CV%	F
	b_0	b_1	b_2	b_3					
1	-3,17271	-15,8979	-	-	0,74	-	0,019	-34,29	72,81
2	-15,9865	4,5203	-0,0311	-	0,97	-	0,006	-10,42	512,58
3	-	-10,6358	3,26799	-	0,67	-	0,039	-68,83	27,45
4	-39,5252	13,73146	-0,9989	-	0,97	18,78	-	-20,32	456,05
5	-	7,76881	-0,8114	-	0,97	22,32	-	-24,16	541,31
6	-16,5101	0,91895	4,60245	-	0,97	-	0,006	-10,30	524,48
7	-17,1027	2,08594	-0,1111	0,00209	0,98	-	0,005	-9,02	458,67
8	-16,1120	4,6755	-0,0321	-	0,97	-	0,006	-10,28	526,98

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 = coeficientes; R^2_{Aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; IF = índice de Furnival; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância.

Crescimento do volume em função da idade

Na análise do crescimento do volume em função da idade, foram empregados os modelos matemáticos conforme Tabela 3. Os parâmetros estatísticos e os coeficientes dos modelos podem ser vistos na Tabela 9.

Segundo os parâmetros estatísticos as equações 7 e 8 apresentaram excelentes resultados em relação às demais, pois apresentaram maior coeficiente de determinação ajustado bem como um baixo coeficiente de variação. Pelo método do Valor Ponderado dos Escores conforme na Tabela 10 houve empate entre as duas equações, 7 e 8, mas a escolhida foi a de número 8, por apresentar menor número de coeficientes e melhor ajustar o crescimento do volume em função da idade, representado na distribuição dos resíduos do modelo.

Hess, 2006, estudando o crescimento em volume de *Araucária angustifolia* (Bertol.) Kuntze, selecionou também modelo de Gram apresentando um coeficiente de determinação ajustado de 0,93; erro padrão da estimativa de 0,4415, e coeficiente de variação de -34,23%.

Na Figura 3 é apresentada a simulação da tendência de crescimento do volume em função da idade, observa-se uma aceleração do crescimento até a referida idade estudada, indicando que a árvore ainda não atingiu seu potencial de crescimento volumétrico, desta forma a curva não apresenta assíntota que indicaria sua maturidade.

TABELA 9: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações de crescimento em volume testadas.

TABLE 9: Considered value and the scores of the statistical parameters to fitted equations to volume growth.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	R^2_{Aj}	S_{YX}/IF	Cv%	F	
1	7	3	6	7	23
2	5	2	3	4	14
3	8	4	7	8	27
4	6	5	4	6	21
5	4	6	5	1	16
6	3	2	2	3	10
7	1	1	1	5	8
8	2	2	2	2	8

Sendo: R^2_{Aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; IF = índice de Furnival; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância.

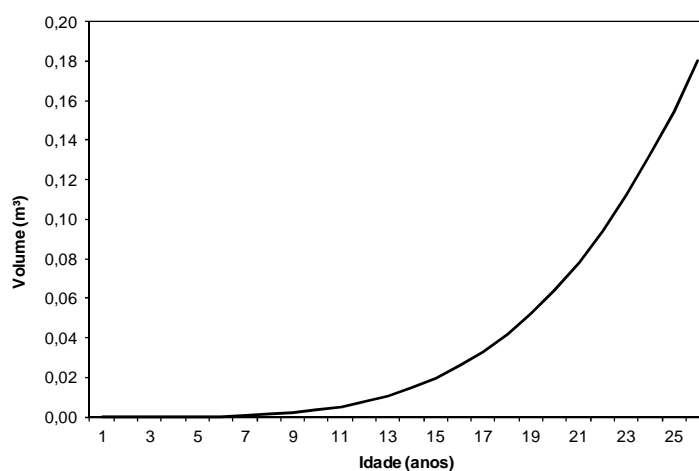


FIGURA 3: Crescimento do volume em função da idade, Cordia trichotoma, na região de Frederico Westphalen, RS.

FIGURE 3: Volume growth of Cordia trichotoma, in Frederico Westphalen, RS.

Crescimento do volume em função do diâmetro e altura

Para a modelagem do crescimento foram testados os modelos matemáticos conforme Tabela 2 para ajustar o crescimento do volume em função do diâmetro e da altura.

As estatísticas das equações estão apresentadas na Tabela 10, conforme os parâmetros definidos anteriormente.

TABELA 10: Parâmetros estatísticos das equações ajustadas do volume em função do diâmetro e altura.

TABLE 10: Statistical parameters of the fitted equation to volume in function of the diameter and height.

Equação	Coeficientes						R^2_{Aj}	S_{yx}	IF	CV%	F
	b_1	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5					
1	-0,002	0,00169	-2E-04	-0,0003	6,9E-05	0,00036	0,99	0,0010	-	2,60	14055
2	-0,001	0,00138	-4E-04	-2E-05	8,6E-05	-	0,99	0,0008	-	2,17	25362,1
3	0,0001	-0,0003	9E-05	-3E-05	9,9E-05	-	0,99	0,0008	-	2,19	24856,5
4	0,0015	-0,0003	7E-05	-0,0002	-	-	0,99	0,0019	-	4,94	6496,3
5	0,0034	0,00075	-0,003	-	-	-	0,99	0,0047	-	12,14	1607,0
6	-10,8	-0,1076	0,5831	2,72254	-0,3237	-	0,98	-	0,0044	-7,65	480,4
7	-11,49	2,05691	1,4788	-	-	-	0,98	-	0,0045	-7,85	911,0
8	-11,56	1,1955	-	-	-	-	0,98	-	0,0055	-7,86	1814,7
9	-11,11	3,47584	-0,602	-	-	-	0,97	-	0,0066	-11,45	422,4

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 = coeficientes; R^2_{Aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; IF = índice de Furnival; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância.

Com base nos parâmetros estatísticos apresentados na Tabela 10, pode-se perceber que todas as equações apresentaram valores altos de R^2_{Aj} , variando de 0,97 a 0,99, e baixos erros padrão da estimativa de 0,0008 a 0,0066, baixos coeficientes de variação de 2,17% a 12,14%.

Com o uso da Tabela 11, a equações de número 2, definida pelo modelo de Meyer modificada foi a escolhida para ajustar o crescimento em volume em função do diâmetro e altura, recebendo um valor ponderado de 4 pontos.

A equação apresentou um coeficiente de determinação de 0,99, um erro padrão da estimativa de 0,0008, um coeficiente de variação de 2,17%, indicando que é um modelo excelente para ajustar a variável volume em função do diâmetro a altura das árvores.

TABELA 11: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações de volume em função do diâmetro e altura.

TABLE 11: Considered value and the scores of the statistical parameters to fitted equations to volume in function of the diameter and height.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	R^2_{Aj}	S_{yx}	CV%	F	
1	1	2	3	3	9
2	1	1	1	1	4
3	1	1	2	2	6
4	1	3	4	4	12
5	1	6	9	6	22
6	2	4	5	8	19
7	2	5	6	9	22
8	2	6	7	5	20
9	3	7	8	7	25

Sendo: R^2_{Aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância.

Crescimento da altura em função do diâmetro

Para ajustar a altura em função do diâmetro foram testados os modelos matemáticos apresentados na Tabela 3, e os parâmetros estatísticos destes modelos podem ser observados na Tabela 12.

TABELA 12: Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento em altura em função do diâmetro.

TABLE 12: Statistical parameters of the fitted equation to height growth adjusting in function of the diameter.

Equação	Coeficientes				R^2_{Aj}	S_{yx}	IF	CV%	F
	b_0	b_1	b_2	b_3					
1	-0,54	1,69	-0,05	-	0,98	0,66	-	8,17	585,3
2	-0,19	1,15	-	-	0,92	-	0,461	18,89	300,5
3	2,413	-2,05	-	-	0,82	-	0,691	28,285	120,7
4	10,22	-6,29	-	-	0,49	3,24	-	40,12	25,5
5	3,18	0,75	-1,91	-	0,94	1,07	-	13,30	213,5
6	6,517	-3,64	0,035	-	0,86	1,68	-	20,82	80,4
7	-0,13	1,61	-0,31	-0,05	0,97	0,66	-	8,25	382,9

Sendo: R^2_{Aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância; b_0 , b_1 , b_2 , b_3 = coeficientes.

De acordo com os valores obtidos dos parâmetros estatísticos e a classificação do método do Valor Ponderado dos Escores conforme Tabela 13, foi escolhida a equação de número 1, definida pelo Modelo Parabólico, que apresentou maior coeficiente de determinação ajustado, de 0,98; bem como um baixo coeficiente de variação, de 8,17% para ajustar o crescimento em altura em função do diâmetro.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados deste estudo, conclui-se que a reconstituição do crescimento da espécie *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud., no município de Frederico Westphalen, RS pode ser determinada de forma eficiente através da técnica de dendrocronologia.

Pela análise dos dados as equações testadas para estimar o crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade demonstraram excelentes resultados sendo que o modelo de Gram é o que

melhor estima o crescimento das variáveis analisadas

TABELA 13: Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações de altura em função dos diâmetros testadas.

TABLE 13: Considered value and the scores of the statistical parameters to fitted equations to height in function of the diameter.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos				Valor Ponderado
	R^2_{Aj}	S_{yx}/IF	Cv%	F	
1	1	2	1	1	5
2	4	1	4	3	12
3	6	4	6	5	21
4	7	7	7	7	28
5	3	5	3	4	15
6	5	6	5	6	22
7	2	3	2	2	9

Sendo: R^2_{Aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; IF = índice de Furnival; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância.

Os parâmetros estáticos das equações que ajustaram melhor o crescimento apresentaram altos valores para o coeficiente de determinação, baixos valores para o erro padrão da estimativa e valores de F altamente significativos.

A espécie estudada apresentou incremento de diâmetro e altura até a idade do referido estudo, sendo que não se pode afirmar qual é a maximização em diâmetro, altura e incremento, isto se deve ao porte e idade da árvore, indicando que a mesma ainda tem potencial de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM / CEPEF / FATEC, 1992. 269p.

HESS, A. F. **Inter-relações no crescimento de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze em diferentes locais do Rio Grande do Sul**. 2006. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. N. Vegetação. IN: **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE, 1990. p. 113-150.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil**. 2ª Ed. São Paulo: Nova Odessa. 2002

MILANI, E. J. **Crescimento de Podocarpus lambertii Klotzsch ex Endl. em duas regiões fitogeográficas no estado do Rio Grande do Sul** - 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, 1963. 42p.

SCHEEREN, L. W.; FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de canelalageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. Ex Nees, na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 137-144. 2003.

SCHNEIDER, P. S. P.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de ipê-roxo, *Tabebuia impetiginosa* Martius ex A.P. de Condolle, na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 91-100. 2000.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. **Manejo sustentado de florestas inequidneas heterogêneas**. Santa Maria: Imprensa Universitária-UFSM, 2000. 195p.

SCOLFORO, J.R.S. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 438 p.

DINÂMICA, ESTRUTURA E DISPERSÃO DE *Cryptocarya aschersoniana* Mez., EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO SUL DO BRASIL

DYNAMIC, STRUCTURE AND DISPERSION OF *Cryptocarya aschersoniana* Mez., IN FRAGMENT OF MIXED OMBROPHYLA FOREST IN THE SOUTH OF BRAZIL

Cristina Gouvêa Redin¹; Gerson dos Santos Lisboa¹; Francisco de Souza Weber²; Kelen Pureza Soares¹; Rafael Marian Callegaro¹; Solon Jonas Longhi³; Eduardo Kneipp Londero⁴

RESUMO

Diante do risco evidente da perda de biodiversidade da Floresta Ombrófila Mista, bem como das demais formações vegetacionais, especialmente pela ação antrópica, é necessário que existam estudos visando ações para preservação desses habitats. Este trabalho tem por fim avaliar a dinâmica de *Cryptocarya aschersoniana* em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de São Francisco de Paula, RS. A coleta de dados foi realizada através de inventário contínuo, com medições anuais realizadas entre os anos de 2000 a 2009. Foram analisadas 10 parcelas de 1ha, onde todas as árvores com CAP \geq 30cm foram inventariadas, para o presente estudo utilizou-se os dados referentes apenas à espécie em questão. Para determinação do padrão de distribuição da espécie optou-se pelo índice de MacGuinnes, a estrutura diamétrica foi calculada para 4 dos 9 anos e a dinâmica foi estimada através das frequências de ingresso e mortalidade durante o período, as análises foram realizadas no software Excel 2010. Os resultados para dinâmica mostram que há maior índice de mortalidade do que de ingresso para a espécie, constatou-se ainda o maior número de árvores mortas nas menores classes de diâmetro, o que possivelmente está relacionado a condições de competição. Já a distribuição diamétrica dos indivíduos de *Cryptocarya aschersoniana*, nos 4 anos, apresentou aproximadamente a forma de "J invertido", indicando que a mesma possui boa capacidade de renovação. Para a distribuição o resultado aponta para padrão bastante uniforme, visto que a espécie ocorre em 90% das parcelas.

Palavras-chave: Lauraceae; FLONA; fitossociologia.

ABSTRACT

Given the obvious risk of biodiversity loss of Mixed Ombrophyla Forest and the other vegetation formations, especially caused by human impact, it is necessary that conduct studies to preserve these habitats. This study evaluates the dynamics of *Cryptocarya aschersoniana* in Mixed Ombrophyla Forest fragment in the National Forest of São Francisco de Paula, RS. Data collection was performed by continuous inventory, with annual measurements between the years 2000 to 2009. Where were analyzed 10 plots of 1 ha each one, where all trees with CAP \geq 30cm were measured. To determine the distribution pattern of the species was chosen MacGuinnes index, the diametric structure was calculated to 4 years in 9 years total and the growth dynamics was estimated by the frequency of admission and mortality during the period, the analysis was performed in Excel software 2010. The results to dynamic show that there is a higher mortality rate than admission to the species, there was still the largest number of dead trees in smaller diameter classes, which is possibly related to competition conditions. the diameter distribution of individuals *Cryptocarya aschersoniana* in four years, had the "exponential negative" form, indicating that it has good capacity for regeneration. For distribution the result shows a fairly uniform pattern, in this case, the species occurs in 90% of the plots.

Keywords: Lauraceae; FLONA; phytosociology.

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista ocorre entre 400 e 1.000m de altitude, ocupando quase inteiramente o planalto situado acima de 500 m nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (FORMENTO et al. 2004). Entre as formações florestais do Estado do Rio Grande do Sul, encontra-se a Floresta Ombrófila Mista, formação florestal resultante da interpenetração de floras de origem austral-andina e floras de origem tropical afro-brasileira (VELOSO et al. 1991).

Conforme Veloso et al. (1991) a Floresta Ombrófila Mista apresenta quatro formações distintas:

¹Pós-graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS. e-mail: cristina_redin@yahoo.com.br.

²Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS.

³Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS.

⁴Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Aluvial, em terraços antigos ao longo dos flúvios; Submontana, de 50m até mais ou menos 400 m de altitude; Montana, de 400m até mais ou menos 1000m de altitude; Alto-montana, situada a mais de 1000 m de altitude. Segundo Narvaes (2005) constitui um ecossistema regional complexo e variável, com algumas espécies endêmicas, com a característica única de abrigar a conífera mais expressiva da vegetação brasileira – *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze.,

A intensa exploração no passado da Floresta Ombrófila Mista devido à abundância de matéria-prima, a necessidade de abertura de áreas para as atividades econômicas e, também, pela falta de consciência ambiental, reduziu drasticamente a área ocupada, sendo que dos 25% de cobertura original do estado do Rio Grande do Sul, restam apenas 3,25% (SEMA-RS/UFSM, 2001). Compondo um mosaico de formações em distintas fases sucessionais e com grandes variações florísticas e estruturais, fatores estes, de extrema importância para qualquer intervenção que venha a ser feita na floresta, sob o risco de exaurimento total de seus recursos madeireiros (LONGHI et al., 2008).

Portanto, este ecossistema necessita ser preservado por meio da proteção integral de seus remanescentes e/ou pela execução de plano de manejo em regime sustentado, sobretudo pelo conhecimento da sua regeneração natural. A variedade de recursos naturais componentes desse tipo florestal é decorrente das diferentes associações entre as espécies, as quais crescem influenciadas por variações ambientais intrínsecas (NARVAES, 2004).

Dentre as espécies expressivas na Floresta Ombrófila Mista segundo Rohwer (1993), merecem estudos sobre dinâmica e estrutura as pertencentes à família Lauraceae. Essa família possui uma distribuição tropical e subtropical, concentrada em florestas pluviais da Ásia tropical, Américas, Austrália e Madagascar e pouco expressivas no sul da África. A família vem sendo apontada como uma das mais representativas nos inventários florísticos e fitossociológicos realizados em áreas de florestas bem preservadas da porção sudeste e sul do país, tanto em número de indivíduos quanto em riqueza de táxons (KURTZ, 2000).

O gênero *Cryptocarya*, pertencente a essa família, apresenta cerca de 350 espécies, cujo centro de diversidade está localizado na Malásia, não havendo registros na África Central (ROHWER, 1993). A espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez., conhecida com o nome popular de canela-batalha, é uma importante espécie nativa, pertencente ao grupo ecológico das espécies clímax tolerantes à sombra (DAVIDE et al., 1995). Sua distribuição geográfica no Rio Grande do Sul limita-se à região nordeste do Estado, onde participa da composição da Floresta Ombrófila Mista (MARCHIORI, 1997).

O conhecimento florístico associado a informações sobre sua estrutura e dinâmica, permite que sejam feitas inferências sobre manejo, estratégias de conservação da biodiversidade e recuperação de outras áreas degradadas (RODRIGUES e GANDOLFI, 1998).

O processo que descreve a dinâmica florestal relaciona características de fisiologia, estrutura e funcionamento, sucessão, mortalidade e ingresso, crescimento e regeneração, além de inúmeras relações bióticas entre as populações. Através da permuta das diferentes características florestais, podem ser descritas questões que englobam o crescimento da floresta, como se apresentam os números de ingresso e mortalidade nos diferentes estratos e quais são as espécies que apresentam maior plasticidade (MOSCOVICH, 2006).

A análise da estrutura diamétrica pode auxiliar no planejamento de cortes seletivos, de modo a manter a tendência natural da distribuição diamétrica da floresta em questão; estimular o crescimento das árvores das espécies desejáveis e de valor comercial e, ao mesmo tempo, melhorar a qualidade do produto ou dos produtos pretendidos; manter a biodiversidade e também sustentar a estrutura diamétrica balanceada (SOUZA et al., 2000).

O estudo do padrão de distribuição espacial de uma espécie é representado pela sua distribuição na área de estudo, em termos de frequência de ocorrência dentro das unidades amostrais coletadas (NASCIMENTO, 2001). O conhecimento do padrão de distribuição pode fornecer informações sobre a ecologia, subsidiar a definição de estratégias de conservação, auxiliar em processos de amostragem ou simplesmente esclarecer a estrutura espacial de uma espécie (ANJOS et al., 1998).

Considerando a grande importância ecológica, socioeconômica e a complexidade que a região fitoecológica Floresta Ombrófila Mista apresenta para a Região Sul do país, são essenciais a realização de pesquisas que englobem as suas características florísticas, fisionômicas, funcionais, estruturais e a sua dinâmica de distribuição, bem como as relações ambientais. Os escassos conhecimentos sobre auto-ecologia de espécies nativas representam um desafio para os profissionais da área florestal (CORVELLO, 1983).

Diante do exposto, o presente estudo objetiva realizar a análise da dinâmica e estrutura diamétrica, descritas por indivíduos adultos pertencentes à espécie *Cryptocarya aschersoniana* Mez., em 10 parcelas permanentes instaladas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, sob o domínio de Floresta Ombrófila Mista, em um período de 10 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

A área de estudo está localizada no município de São Francisco de Paula, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre as coordenadas 29°24' e 29°27'S e 50°22' e 50°25'W, a 27 Km da sede do município, sua altitude máxima é de 923m. Ocupa uma área de 1.606 hectares e está constituída por um mosaico de formações que compreende remanescentes de Floresta Ombrófila Mista.

Em São Francisco de Paula a precipitação média anual é estimada em 2.252mm. O clima é do tipo Cfb, isto é, mesotérmico, superúmido, com verão brando e inverno frio. Frequentemente há formação de geada e, mais eventualmente, queda de neve. Toda a região está sujeita a frequentes e intensos nevoeiros e os ventos predominantes são E/SE/NE (BACKES, 2004). De acordo com as regiões fitogeográficas do Rio Grande do Sul esta corresponde à microrregião dos Campos de Cima da Serra, na borda do Planalto, formada por uma planície de origem basáltica de elevada inclinação para oeste, zona de transição entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Mista (IBDF/FATEC, 1989).

O solo é do tipo Cambissolo Húmico Alumínico Típico – CHa 1, apresenta como características principais o horizonte A húmico de elevada acumulação de matéria orgânica decorrente da alta pluviosidade e das baixas temperaturas, cores escuras, alta acidez e baixa saturação por bases, e o horizonte B incipiente, porém menos ricos em matéria orgânica (NARVAES, 2008).

Metodologia de amostragem

A amostragem deu-se por meio do método de área fixa. Conforme Péllico Netto e Brena (1997) este método consiste na seleção das árvores a serem amostradas nas unidades amostrais proporcionais à área da unidade e à frequência dos indivíduos que nela ocorrem. Para locação das parcelas no terreno foram utilizados Teodolito Topográfico e *Global Positioning System* (GPS), além do auxílio de fitas métricas e balizas.

A coleta de dados foi realizada através de inventário contínuo, com medições anuais realizadas entre os anos de 2000 a 2009. Foram inventariadas todas as árvores cuja circunferência a altura do peito fosse maior ou igual a 30 cm ($CAP \geq 30$ cm), inseridas em uma parcela de 100m x 100m (1 ha). Registrou-se informações referentes às espécies presentes, características fenotípicas e dendrométricas. Para o presente estudo utilizou-se 10 unidades amostrais de 100 m x 100 m, onde foram selecionados todos os indivíduos arbóreos de *C. aschersoniana*.

Para a análise de agregação dos indivíduos, fez-se uso do índice de McGuinness (IGA) ou índice de agregação, através da fórmula $IGA = D/d$, onde: D = número total de indivíduos da espécie/número total de parcelas alocadas, enquanto que $d = -\ln(1-FA/100)$, sendo FA= frequência absoluta. No caso de $IGA < 1,0$, a distribuição é uniforme; em $IGA = 1,0$, a distribuição é aleatória; em $IGA > 1,0$ e $< 2,0$ há uma tendência ao agrupamento; e em $IGA > 2,0$ ocorre agregação.

Os dados foram processados no *software* Microsoft Office Excel 2010, onde foram feitas as análises, bem como tabela e figura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados coletados através do inventário contínuo da floresta observou-se a presença de 125 diferentes espécies em 10 parcelas, pertencentes à 42 famílias botânicas, sendo a família Lauraceae compõe 7,2 % de todas as espécies. O total de indivíduos encontrados foi de 9204, sendo 2,904 % de *Cryptocaria aschersoniana*, apresentando uma densidade total nos 10 ha aproximadamente 29,0 ind/ha. Observa-se ainda que as parcelas apresentam um valor significativo de espécies e indivíduos encontrados em relação a formações com a mesma tipologia vegetal.

Sabe-se que a família Lauraceae, juntamente com a família Myrtaceae são muito comuns na Floresta Ombrófila Mista, compondo em boa parte o dossel e subdossel dessa formação vegetacional. Em trabalho realizado por Canalez et al (2006) em fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Paraná, evidencia-se a importância da família Lauraceae, atingindo 25% do Índice de Valor de Importância (IVI) para a comunidade estudada.

Em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista exposto a perturbações antrópicas, no Rio Grande do Sul, Mauhs e Backes (2002) realizaram estudo da estrutura fitossociológica das espécies arbóreas com DAP > 10 cm, onde a família Lauraceae apresentou o maior índice de valor de importância.

Analisando-se a dinâmica da espécie *Cryptocaria aschersoniana* durante o período de 10 anos, não contabilizando mortalidades e ingressos para o primeiro ano de inventário (2000), contabilizou-se esses índices para os anos: 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, nas 10 parcelas inventariadas na FLONA de São Francisco de Paula. Através dos dados foi possível observar que ocorreu uma maior frequência de mortes do que de ingressos, foram encontrados: 25 indivíduos mortos e 18 novos indivíduos da espécie em questão (Tabela 1).

TABELA 1: Análise de ingresso e mortalidade de *Cryptocaria aschersoniana* no período de 2001 a 2009, em fragmento de Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS.TABLE1: Analysis of *Cryptocaria aschersoniana* admission and mortality over a period of 9 years in a fragment of Mixed Ombrophyla Forest, São Francisco de Paula, RS.

Ano	Ingressos		Mortes		Indivíduos
	abs	%total	abs	%total	
2000					277
2001	1	0,37	0	0	270
2002	1	0,37	0	0	267
2003	2	0,73	3	1,10	265
2004	1	0,37	0	0	264
2005	0	0	2	0,73	262
2006	8	2,94	8	2,94	268
2007	1	0,37	2	0,73	267
2008	4	1,47	3	1,10	269
2009	0	0	7	2,57	264
Total	18	6,62	25	9,17	267

Onde: abs = valor absoluto, %total = valor em %

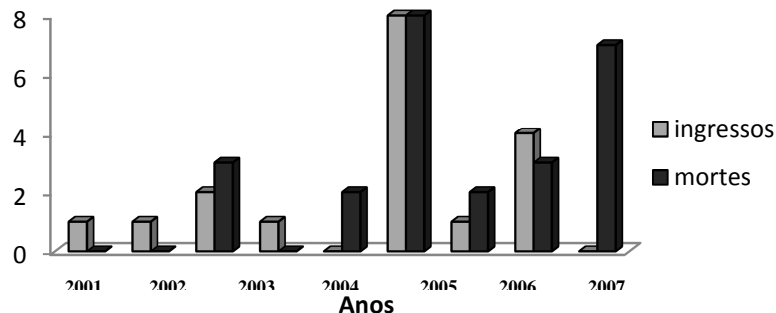
Para Swaine et al. (1987) os valores da taxa de mortalidade de um floresta madura em condições naturais de distúrbios, geralmente encontra-se de 1 a 2%. No presente estudo essa taxa foi calculada apenas para *Cryptocaria aschersoniana*, resultando em 9,17%.

Esse fato possivelmente decorre da presença da espécie em estágios sucessionais secundários, a área amostrada pertence a um provável fragmento florestal que esteja se encaminhando para estágios sucessionais mais avançados de desenvolvimento, o que leva a substituição de espécies. Ao passo que algumas desaparecem ou diminuem sua frequência na área, surgem outras novas espécies, esses acontecimentos caracterizam os muitos estágios de sucessão no processo de dinâmica florestal. Segundo Longhi et al (2005) *Cryptocarya aschersoniana* pertence a estágios sucessionais secundários, sendo também considerada preferencial de áreas mais abertas e solos mais úmidos.

Os anos com maiores taxas de mortalidade foram 2006 e 2009, com respectivamente 32% e 28% do total de mortes ocorrentes durante o período de estudo, não ocorreu nenhuma morte nos anos: 2001, 2002 e 2004.

Outra observação importante diz respeito ao maior número de indivíduos com menores diâmetros, presentes nas taxas de mortalidade. Esse fato possivelmente relaciona-se com a busca das espécies por condições ambientais favoráveis ao crescimento, o que conseqüentemente leva à supressão de muitos indivíduos jovens, em benefício dos poucos que vingam. As oportunidades surgem quando abrem-se clareiras, aumentando significativamente a luminosidade e ocasionando oportunidades de crescimento aos indivíduos do banco de plântulas.

Com relação as taxas de recrutamento ou ingresso, pode-se observar que foram mais frequentes nos anos: 2006 e 2008, contemplando respectivamente 44,44% e 22,22% do total de ingressos da espécie durante o período em que se estabeleceu o estudo. Ainda pode-se verificar o maior número de indivíduos vivos nos anos 2001 e 2008, enquanto que em contrapartida nos anos 2005 e 2009, temos o menor número de indivíduos vivos da espécie em evidência, visto que em 2006 e 2009 ocorreu as maiores frequências de mortalidade (Figura 1).

FIGURA 1: Frequências de ingresso e mortalidade de *Cryptocaria aschersoniana* em Floresta Ombrófila Mista, RS.FIGURE1: Frequency of *Cryptocaria aschersoniana* admission and mortality in Mixed Ombrophyla Forest, RS.

Segundo Silva et al. (2003) é de importância para o recrutamento de espécies a face de exposição do fragmento, bem como sua situação no relevo, que pode, devido à intensidade e qualidade da luz recebida ao longo do ano, interferir na quantidade de água disponível no solo, ou se o fragmento encontra-se sobre sítio plano ou movimentado.

Para Rolim et al. (1999), de uma maneira geral, o ingresso de árvores em florestas tropicais se iguala à mortalidade, proporcionando um balanço relativamente constante na densidade de árvores e refletindo uma flutuação na densidade que pode ser maior ou menor em cada floresta, dependendo do tipo, intensidade e frequência de distúrbios a que está submetida.

Os indivíduos amostrados foram distribuídos em 9 classes de diâmetro, sendo que nos quatro períodos de avaliações a distribuição diamétrica possuiu aproximadamente o formato de “J” invertido.

Essa distribuição é encontrada em florestas naturais, onde a maioria dos indivíduos e espécies ocorrem nas menores classes de diâmetro, onde grande parte dos processos dinâmicos ocorre de forma mais intensa como o ingresso e a mortalidade. Comumente indivíduos jovens presentes na regeneração natural são mais numerosos, ao passo que ainda não foram expostos diretamente às condições de competição (Figura 2).

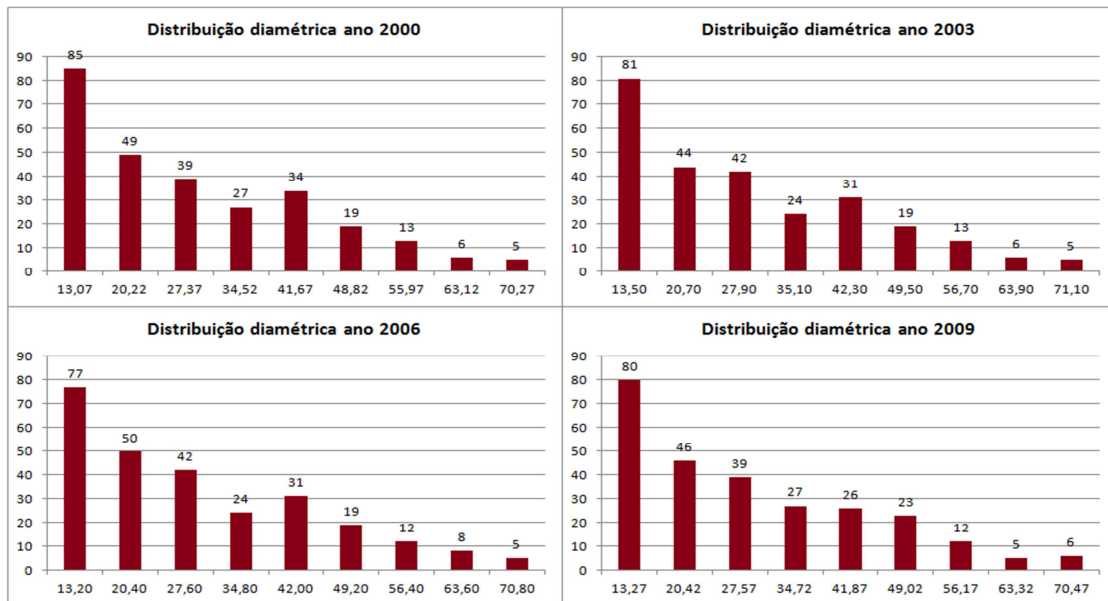


FIGURA 2: Distribuição diamétrica para os indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana*, nos anos de 2000, 2003, 2006 e 2009, onde o eixo das ordenadas (Y) representa o número de indivíduos e o eixo das abcissas (X) representa as classes de diâmetro.

FIGURE 2: Diameter distribution in *Cryptocaria aschersoniana* trees in the years 2000, 2003, 2006 and 2009, where the ordinate axis (Y) represents the number of individuals and the abscissa axis (X) represents the diameter classes.

As distribuições de diâmetros seguiram o formato de uma função exponencial negativa, conforme tem sido encontrado em praticamente todos os trabalhos referentes à estrutura de Florestas Ombrófilas Mistas (SONEGO et al. 2007). É possível verificar que a maior frequência de indivíduos dessa espécie encontra-se entre as classes de diâmetro entre 13,07 e 20,70 cm, enquanto que em contrapartida entre as classes 63,12 e 71,10 cm, ocorreu a menor frequência de indivíduos durante os anos estipulados.

Em estudo realizado por Formento et al. (2004) em área de Floresta Ombrófila Mista em Campo Belo do Sul, SC, comparando dados coletados em 1992 e 2003, os resultados mostram uma diminuição na diversidade de espécies e número de indivíduos no estrato médio e o aumento desses mesmos parâmetros no estrato inferior, indicando a existência de processos dinâmicos da vegetação, mais perceptível nos estratos inferiores onde ocorrem as maiores mudanças.

O padrão de distribuição espacial de uma espécie é representado pela sua distribuição na área de estudo, em termos de frequência de ocorrência dentro das unidades amostrais coletadas. A análise do padrão de dispersão de *Cryptocaria aschersoniana* foi expresso pelo índice de MacGuinnes, esse índice consiste na relação entre a densidade observada e a densidade esperada, levando em consideração o tamanho da área amostral. Pelo índice de MacGuinnes, as espécies podem ser classificadas, de acordo com a sua distribuição espacial, em: agregadas, com tendência ao agrupamento, uniformes ou aleatórias.

As estimativas para a espécie estudada demonstram que a mesma possui padrão de distribuição muito uniforme ($IGA < 1$) nas parcelas inventariadas, ocorrendo em 90% do total. Esse resultado deve-se

à presença da espécie em quase 100% das parcelas, indicando a boa adaptação da mesma ao fragmento florestal avaliado. O que também pode estar caracterizando sua preferência por esses locais, já que apresentam fatores favoráveis ao seu desenvolvimento. Segundo Marchiori (1997) a espécie prefere solos úmidos de planícies e encostas suaves, sendo muito frequente no interior de pinhais, no planalto sul-brasileiro, como é o caso da área estudada.

Outras características relevantes apontam para o tipo de fruto (drupas carnosas) e os mecanismos de dispersão das sementes. Nas espécies da família Lauraceae é comum a zoocoria, que confere mais facilidade de plena distribuição na área. Saravy et al. (2003) afirma que nos trópicos é muito comum a dispersão intermediada por animais, constituindo-se num mecanismo eficaz para a disseminação de genes de espécies vegetais.

É importante ainda salientar a preferência da espécie por condições heliófilas, o que também influi no padrão de dispersão. Segundo Rezende et al. (1998) *Cryptocaria aschersoniana* apresenta desenvolvimento preferencialmente como planta heliófila, ocorrendo em maior abundância em clareiras, ou em área de dossel aberto em processo de regeneração.

CONCLUSÕES

Através desse trabalho foi possível constatar que a espécie *Cryptocaria aschersoniana* apresentou maiores taxas de mortalidade do que de ingresso de indivíduos no fragmento estudado, visto que a floresta encontra-se em constante mudança. Ao passo que algumas espécies já não encontram sítios adequados para o seu desenvolvimento, outras novas espécies surgem adaptando-se às novas condições.

A espécie em questão apresentou estrutura diamétrica para 4 dos 10 anos analisados com forma aproximada de “J” invertido ou função exponencial negativa, tendo suas maiores frequências de indivíduos nas classes de menores diâmetros e a diminuição dessa frequência com o aumento das medidas de diâmetro. O que é característico da dinâmica natural das espécies florestais.

Pode-se ainda observar que a distribuição de indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana* na área de estudo deu-se de forma bastante uniforme, ocorrendo em 90% das parcelas, o que possivelmente reflete em parte, o fato de a espécie adaptar-se com facilidade aos diferentes sítios do fragmento florestal avaliado e a dispersão ser realizada com sucesso pela fauna local (zoocoria).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, A.; COUTO, H. T. Z.; REIS, A. Análise do efeito de um manejo em regime de rendimento sustentável sobre o padrão de distribuição espacial do palmiteiro (*Euterpe edulis* Martius), utilizando a função K de Ripley. **RevistaÁrvore**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 215-225, 1998.

CANALEZ, G.G; CORTE, A.P.D; SANQUETTA, C.R. Dinâmica da estrutura da comunidade de lauráceas no período 1995-2004 em uma Floresta de Araucária no sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 357-367, 2006.

CORVELLO, W.B.V. **Utilização de mudas da regeneração natural em reflorestamento com espécies nativas**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; BOTELHO, S.A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte : CEMIG/UFLA/FAEPE, 1995. 40p.

FORMENTO, S.; SCHORN, L.; RAMOS, R. Dinâmica estrutural arbórea de uma Floresta Ombrófila Mista em Campo Belo do Sul, SC. **RevistaCerne**, v.10 p.196 – 212, 2004.

IBDF/FATEC. **Plano de manejo para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS**. Ministério do Interior. Santa Maria-RS, 1989.

LONGHI S.J, BRENA, D.A, GOMES, J.F, NARVAES, I.S, BERGER, G. SOLIGO, A.J. Classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p.113-125, 2005.

LONGHI, R.V; LONGHI, S.J; SCHNEIDER, P.R; SARTORI, D.B; KRUG, M. Estrutura e produção de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula – RS. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO Sobre MANEJO FLORESTAL, 4., 2008, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/CCR/Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, p. 356-362, 2008.

KURTZ, B. C. Composição florística e estrutura do estrato arbóreo de um trecho de Mata Atlântica situado na Estação Ecológica Estadual de Paraíso, Município de Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v.51(78-79) p. 69-112, 2000.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: das magnoliáceas as flacourtiáceas**. Santa Maria, RS: Ed. UFSM, 1997. 271 p.

MAUHS, J.; BACKES, A. Estrutura fitossociológica e regeneração natural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista exposto a perturbações antrópicas. **Pesquisas, Série Botânica** 52: 89-109, 2002.

MOSCOVICH, F.A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS**. 135f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NASCIMENTO, A. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n.1, p. 105-119, 2001.

NARVAES, I. da S. **Classificação e caracterização da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS**. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

NARVAES, I. da S.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J.; Estrutura da regeneração natural em Floresta Ombrófila na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v.15, n.4, p. 331-342, 2005.

REZENDE, A.V., SALGADO, M.A.S., FELFILI, J.M., FRANCO, A.C., SOUZA-SILVA, J.C., CORNACHIA, G.; SILVA, M.A. Crescimento e repartição de biomassa de *Cryptocharia aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes condições de luz em viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** 2:19-33, 1998.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: UFV, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 203-215.

ROHWER, J.G. Lauraceae. In, K. Kubitzki, J.G. Rohwer & V. Bittrich (eds.). The families and genera of vascular plants. Flowering plants. Dicotyledons. Berlin, **Springer-Verlag**, v.2: 336-391, 1993.

ROLIM, G.S.; COUTO, H.T.Z.; JESUS, R.M. Mortalidade e recrutamento de árvores na floresta atlântica em Linhares (ES). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.55, p.49-69, 1999.

SARAVY, F. P.; DE FREITAS, P. J.; LAGE, M. A.; LEITE, S. J.; BRAGA, L. F. & SOUSA, M. P. Síndrome de dispersão em estratos arbóreos em um fragmento de floresta ombrófila aberta e densa em alta floresta – MT. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v.2, n.1, p.1-12, 2003.

SEMA/UFSM-RS. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2002. 14p. (Fôlder).

SILVA, A.F; DE OLIVEIRA, R.V; DOS SANTOS, N.R.L; DE PAULA, A. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de Floresta Semidecídua Submontana da fazenda São Geraldo, Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n.3, p. 311-319, 2003.

SONEGO, R.C, BACKES, A, SOUZA, A.F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Revista Acta Botânica**, v.21, n.4, p. 943-955, 2007.

SOUZA, F. M. **Estrutura e dinâmica do estrato arbóreo e da regeneração natural em áreas restauradas**. 2000. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracovaba, 2000.

SWAINE, M.D.L.; LIEBERMAN, D.; PULZ, F.D. Dynamics of tree populations in tropical forest a review. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.3, p.359-366, 1987.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, L.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 1991.

ESTRUTURA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E VOLUMETRIA DA *Carapaguianensis* Aubl. EM FLORESTA DE VÁRZEA NO ESTADO DO AMAPÁ, BRASIL

STRUCTURE, SPATIAL DISTRIBUTION AND VOLUMETRIC *Carapaguianensis* Aubl. IN FLOODPLAIN FOREST IN THE AMAPÁ STATE, BRAZIL

Diego Armando Silva da Silva¹; Wegliane Campelo da Silva Aparício²; Perseu da Silva Aparício²; Anderson Pedro Bernardina Batista³; João Ramos de Matos Filho³; Robson Borges de Lima³

RESUMO

A *Carapa guianensis* Aubl. conhecida popularmente como andiroba, pertence a família Meliaceae, é uma espécie abundante nas várzeas Amazônicas, sendo caracterizada principalmente pela qualidade da madeira e pelo óleo extraído das sementes, bastante apreciado na região. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise da estrutura diamétrica, distribuição espacial e volumetria da *Carapa guianensis* Aubl. em uma floresta de várzea no estado do Amapá. O trabalho foi desenvolvido em Macapá/ AP, nas coordenadas 0°02'01,07''S e 51°04'46,66''W. A área possui um clima equatorial super-úmido (Am) com poucas variações de temperatura. Possui uma área formada por Floresta Densa de Planície Aluvial de aproximadamente 11ha, na qual foram distribuídas sistematicamente 28 parcelas permanentes de 250m² (10 x 25m), totalizando uma área amostral de 7000m² (0,7ha). Onde foram medidos todos os indivíduos da espécie com circunferência a altura do peito (CAP) ≥15cm, bem como foram mensurados a altura comercial com auxílio de hipsômetro. O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita. A análise da distribuição diamétrica foi elaborada por meio de histograma com intervalo de 8cm, com número de indivíduos por centro de classes de diâmetro, e para análise da distribuição volumétrica foi realizada o volume dos indivíduos (m³/ha) por centro de classes de diâmetro. No levantamento foram encontrados 31 indivíduos de *Carapa guianensis* Aubl. de diâmetro variando entre 4,77cm e 67,51cm e a altura comercial entre 1,4 a 19,9m. A distribuição diamétrica seguiu em forma de "J" invertido, ou seja, com elevado número de indivíduos nas primeiras classes de diâmetros. A distribuição volumétrica apresentou crescimento gradativo com o aumento das classes de diâmetro, e o padrão de distribuição espacial encontrado para a espécie na área foi agregado.

Palavras-chave: Florestas de várzea; índice de Morisita; distribuição diamétrica.

ABSTRACT

The *Carapa guianensis* Aubl. popularly known as Andiroba, belongs to the family Meliaceae, is an abundant species in the Amazonian floodplain and is characterized mainly by quality of the wood and the oil extracted from seeds, well appreciated in the region. In this context, the objective of this study was to analyze the diameter structure, spatial distribution and volumetric of *Carapa guianensis* Aubl. in a floodplain forest in the state of Amapá. The study was conducted in Macapá/AP, at coordinates 0°02'01,07''S e 51°04'46,66''W. The area has a super-humid equatorial climate (Am) with little variation in temperature. It has an area formed by dense forests of the alluvial plain of about 11ha, which were systematically distributed in 28 permanent plots of 250m² (10 x 25m) for a total sample area 7000 m² (0,7 ha). Where were measured all individuals of the species with a circumference at breast height (CBH) ≥ 15 cm and height were measured with the aid of commercial hypsometer. The spatial distribution standard was estimated through the Morisita index, analysis of the diameter distribution was prepared by the histogram with an interval of 8 cm, with the number of individuals for center of diameter classes, and volumetric analysis of the distribution volumetric was volume of individuals (m³ / ha) for center of diameter classes. The survey found 31 individuals of *Carapa guianensis* Aubl. diameter ranging from 4,77cm to 67,51 cm and the trade height between 1,4 to 19,9 m. The diameter distribution followed in a "J" turns, in other words, with high numbers of individuals in the first diameter classes. The distribution volumetric showed a gradual growth with the increasing of the diameter classes and the spatial distribution standard was

¹Engenheira Florestal, Dra. Professora do curso de Engenharia Florestal/UEAP e do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellcampelo@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical/UNIFAP. Professor do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

³Graduandos do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). CEP: 68925-000, Macapá (AP). d-armando-silva@hotmail.com

aggregated.

Keywords: Floodplain forests; Morisita index; diameter distribution.

INTRODUÇÃO

Nas florestas de várzea são encontradas espécies madeireiras e não-madeireiras de grande importância para as populações tradicionais e para o desenvolvimento da região Amazônica. Entre as quais merece destaque a *Carapa guianensis* Aubl. (andiroba). Segundo Bouffleuer (2004), essa espécie, se converge com bastante assiduidade por toda a Amazônia, principalmente nas várzeas mais próximas ao leito dos rios e faixas alagáveis ao longo dos cursos d'água, embora, também seja encontrada em terra firme.

A *Carapa guianensis* Aubl. pertence à família Meliaceae, possui árvores de 15-20m de altura, ritidoma marrom desprendendo em placas, casca viva vermelha, alburno amarelo, cerne marrom, exsudação aquosa, base do tronco com sapopemas com aproximadamente 2m, copa capitata umbeliforme, fuste retilíneo, folhas compostas paripinada, alterna, peciolada, com 4-8 pares de folíolos opostos, ápice agudo, base obtusa, inflorescência axilar, composta em panícula, hermafrodita, com flores brancas a bege (HIURA e SARQUIS, 2008).

Segundo Ferraz et al. (2002) a andiroba é uma espécie de uso múltiplo, sendo que a madeira e o óleo extraído das sementes são os produtos mais importantes. Possui um grande valor madeireiro, sendo de fácil trabalhabilidade, permitindo bom acabamento sendo muito procuradas no mercado interno e externo para a fabricação de móveis, lâminas, compensados e acabamentos internos de barcos e navios. Pinto (2007) menciona que o óleo extraído das sementes dessa espécie é muito utilizado para cosméticos, preparação de sabão, iluminação, anti-inflamatório, cicatrizante e na fabricação de velas repelentes a mosquitos transmissores de malária e dengue.

De acordo Tonini et al. (2009), a participação dos produtos florestais não-madeireiros (PFNMs) é essencial, pois são componentes importantes do manejo florestal sustentável e é a atividade que subsidia a maioria da população que vive na floresta e áreas próximas.

Sendo assim, estudos da estrutura de populações e comunidades de plantas é fundamental para o entendimento dos padrões de distribuição e ocorrência das espécies, assim como para a elaboração de estratégias de manutenção, recuperação e conservação dos remanescentes florestais (CARVALHO e NASCIMENTO, 2009). Dessa forma, a condução dos estudos estruturais de *Carapa guianensis* Aubl torna-se de importância fundamental para fornecer subsídios dos conhecimentos qualitativos e quantitativos do comportamento dessa espécie.

Diante disto, o trabalho visou aceitar as seguintes hipóteses: Que o comportamento da estrutura diamétrica de *Carapa guianensis* fosse em forma de J invertido, típico de espécie de floresta nativa, que sua distribuição espacial fosse agregada, de acordo com a maioria dos estudos realizados em florestas de várzea, e que a volumetria provavelmente apresentasse um crescimento gradativo de acordo com o aumento das classes de diâmetro.

Assim, o objetivo deste estudo foi realizar um estudo dos aspectos ecológicos da *Carapa guianensis* Aubl com intuito de caracterizar a estrutura e distribuição espacial da espécie em um ambiente de várzea, no Campus da UEAP, área estuarina do estado do Amapá.

MATERIAL E MÉTODO

Localização e caracterização da área

A área de estudo está localizada no Km 05, no município de Macapá, Amapá, nas coordenadas 0°02'01,07''S e 51°04'46,66''W, com limites ao norte com a rodovia Juscelino Kubitschek, ao oeste com um estabelecimento comercial, ao leste com uma Reserva Particular do Patrimônio Natural e ao sul com Rio Amazonas.

A área de possui um clima equatorial super-úmido (Am) com poucas variações de temperatura, o período mais frio apresenta elevados índices de pluviosidade com precipitação anual de cerca de 2.500 mm e temperatura média anual variando de 25 a 27° C. Apresenta a seguinte estrutura geológica: formação curuá, aluviões do quaternário, drenadas pela bacia do rio Amazonas. Possui uma área rica formada por Floresta Densa de Planície Aluvial também chamada de Floresta de Várzea (DRUMMOND 2004).

Amostragem e coletas de dados

Este estudo foi realizado em uma área de 11ha, na qual foram distribuídos sistematicamente 28 parcelas permanentes de 250m² (10 x 25m), em cinco transectos, posicionadas paralelamente ao rio Amazonas, totalizando uma área amostral de 7000m² (0,7ha). Em cada transecto foram dispostas parcelas distanciadas 25m uma da outra e a distância entre os transectos foi de 72m.

Foram medidos todos os indivíduos de *Carapa guianensis* Aubl. com circunferência a altura do peito (CAP) ≥15 cm, bem como foram mensurados a altura comercial dos indivíduos com auxílio do hipsômetro TRUPULSE 360°. Além disso, todas as árvores da espécie foram mensuradas, plaqueadas, e

por meio de uma planilha anotou-se suas características dendrológicas, além disso, foram feitas coletas de material botânico, que posteriormente foram identificados por meio de bibliografia especializada, comparação com material do herbário do IEAP (Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá) e por especialistas. Por conseguinte todos os CAPs foram convertidos para diâmetro a altura do peito (DAP).

Análise dos dados

A análise da distribuição diamétrica foi elaborada por meio de histograma (intervalo 8cm) com número de indivíduos por centro de classes de diâmetro, iniciado pelo diâmetro mínimo de inclusão de 4,77cm (que corresponde ao CAP mínimo de 15 cm), adotado como critério de inclusão no levantamento, e a última classe contemplou os indivíduos com DAP>44,77cm.

Para calcular o número de classes para análise de distribuição diamétrica foi utilizado a fórmula proposta por Higuchi et al. (2008), que considera: $n \text{ classes} = 1 + 3,33 \log N$ (N=número de dados), sendo que o intervalo entre as classes foi ajustado segundo o número de classes.

A análise da distribuição volumétrica foi realizada com o volume dos indivíduos (m³/ha) por centro de classes de diâmetro, sendo que o volume foi calculado utilizando a expressão:

$$V = \frac{\pi DAP^2}{4} \times Hc \times F$$

Em que: V= volume; DAP= diâmetro a 1,30m; π = perímetro; Hc= altura comercial da árvore; F= fator de forma= 0,7.

O índice que caracteriza a distribuição espacial da espécie e os gráficos de distribuição diamétrica e volumétrica foram gerados com o auxílio do software Microsoft EXCEL for Windows™ 2007.

O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita (Id), conforme recomendações de Brower e Zar (1977):

$$I_d = \frac{n \left(\sum_{i=1}^s X^2 - N \right)}{N \cdot (N - 1)}$$

Em que: Id: índice de Morisita; n: número total de parcelas amostradas; N: número total de indivíduos por espécies, contidos em n parcelas; X²: quadrado do número dos indivíduos por parcela; s: número de espécies amostradas

A significância dos valores calculados para índice de Morisita (Id) foi obtida mediante o teste do qui-quadrado, para gl= (27) e um nível de significância de 0,05 de probabilidade de erro.

$$\chi^2 = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^s X^2}{N} - N$$

Em que: X²: valor do qui-quadrado; N, X² e n: já definidos;

A interpretação do valor do qui-quadrado foi baseada no seguinte: se o valor calculado for menor que o valor tabelado, o (Id) não difere significativamente de 1, e a espécie apresentará um padrão de distribuição aleatório. Porém, se o valor do qui-quadrado for maior que o valor tabelado, a espécie tenderá a um padrão de distribuição agregada, se (Id=1), ou uniforme, (Id>1) (Brower e Zar 1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura da população

No levantamento realizado foram encontradas 31 árvores, com diâmetro variando entre 4,77cm e 67,51cm e a altura comercial entre 1,4 a 19,9m. A densidade foi de 44,28 (árvores/ha), superior ao encontrado por Tonini et al. (2009), no sul de Roraima 16,1 (árvores/ha) e Carim et al. (2008) em Mazagão/AP24,2 (árvores/ha), porém inferior ao encontrado por Boufleuer (2004) em Seringal Caquetá, na Colocação Limoeiro I no Acre, que encontrou uma densidade média de 46,6 (árvores/ha).

A distribuição diamétrica dos indivíduos de *Carapa guianensis* (Figura 1) seguiu o padrão característico das espécies de florestas nativas, ou seja, distribuição exponencial em forma de “J”

invertido, com predominância dos indivíduos nas primeiras classes de diâmetros. Assim observou-se que a primeira classe correspondeu a 54,83% dos indivíduos inventariados, decrescendo na segunda classe para 19,35%. Estrutura diamétrica semelhante foi encontrada por Rabelo et al. (2002), Queiroz (2004) e Tonini et al. (2009). Isso indica possivelmente que a espécie mantém um estoque suficientemente amplo de árvores finas para substituir as árvores de maior porte que venham a ser eliminadas.

Além disso, observou-se que a espécie *Carapa guianensis* apresentou-se distribuída em todas as classes de diâmetro. Este tipo de comportamento segundo Boufleuer (2004) e Rabelo et al. (2002) é característico de espécies tolerantes à sombra, a qual mantém uma taxa de estabelecimento de plântulas mais ou menos constantes. Denotou-se também que a espécie não foi encontrada com grandes diâmetros na área, isso pode estar relacionado ao grau de antropização, que a área passou a alguns anos atrás.

Entretanto a maior densidade de indivíduos jovens não indica ausência de problemas de regeneração. Sendo assim para uma conclusão mais contundente sobre o comportamento e distribuição diamétrica das espécies, faz-se necessário um estudo de regeneração natural e da etnobotânica para verificar prováveis níveis de exploração dessa espécie pela comunidade local (COSTA JUNIOR et al., 2008).

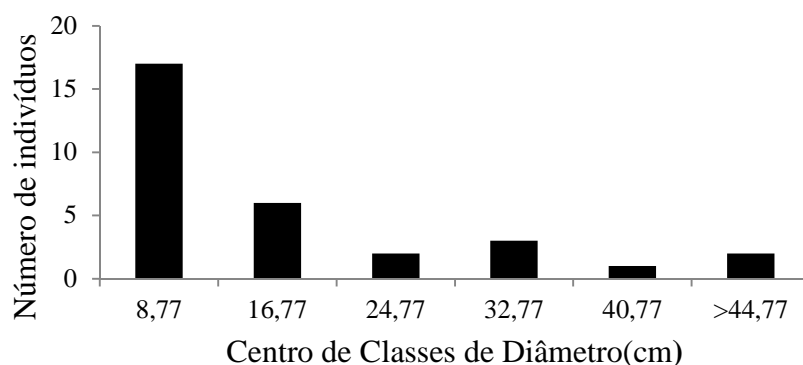


FIGURA 1: Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Carapa guianensis* amostrados em floresta de várzea no Campus da UEAP, Macapá-AP.

FIGURE 1: Diameter distribution of individuals sampled in *Carapa guianensis* floodplain forest on the campus of UEAP, Macapá-AP.

Volumetria

A volumetria da *Carapa guianensis* na área estudada (Figura 2), apresentou crescimento gradativo do volume até o quarto centro de classe de diâmetro. Já no quinto centro de classe observou-se um decréscimo e aumento exponencial no último centro de classe. Isso evidencia que mesmo as primeiras classes de diâmetro possuindo maior número de indivíduos, apresentam geralmente menores alturas e como estão enquadradas nos menores diâmetros, geram conseqüentemente menor volumetria, uma vez que esta variável volume é diretamente proporcional ao quadrado do diâmetro e a altura.

A quinta classe apresentou comportamento atípico para florestas inequidâneas, ocorrendo a queda brusca do volume (1,4691 m³/ha), o que é explicável, por essa classe de diâmetro apresentar apenas um único indivíduo e com altura mediana (11,1m), gerando assim, um baixo volume nesta classe. Com esse resultado, pode-se inferir que está ocorrendo mortalidade de indivíduos com diâmetro variando entre 36,78 a 44,77m, provavelmente por fatores ambientais, ou até mesmo devido a ação antrópica.

O último centro de classe, com indivíduos com DAP >44,77, apresentou crescimento exponencial do volume em relação aos centros de classes anteriores, por conter os indivíduos com maiores DAPs e alturas consideráveis de 10,8 a 19,5. Apenas dois indivíduos foram registrados nesta última classe com DAP de 56,36 e 67,51cm, gerando volume de 8,73m³/ha, correspondendo a 50,88% do volume total.

Distribuição espacial

Como o valor calculado do qui-quadrado (60,22) foi maior do que o valor tabelado (40,11) a um nível de significância de 0,05 e o valor do Índice de Morisita foi 2,1, o padrão de distribuição espacial da *Carapa guianensis* foi agregado na área.

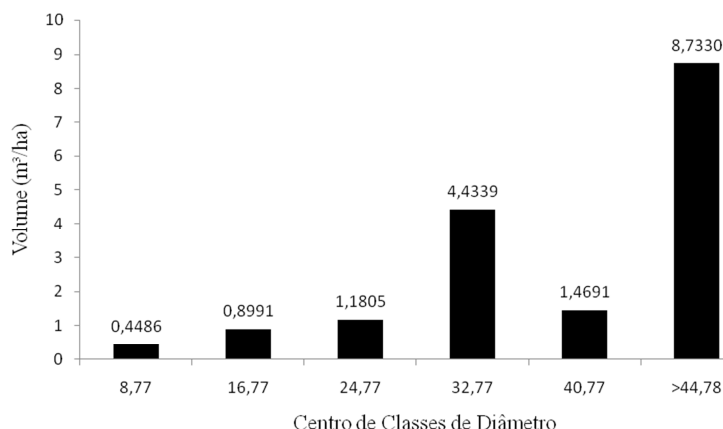


FIGURA 2: Distribuição volumétrica por centro de classes de diâmetro dos indivíduos de *Carapa guianensis* amostrados em floresta de várzea no Campus da UEAP, Macapá-AP

FIGURE 2: Distribution center volumetric diameter classes of *Carapa guianensis* individuals sampled in floodplain forest on the campus of UEAP, Macapá-AP

Bentes-Gama et al. (2002) realizando estudo no município de Afuá/ PA, também encontraram distribuição agregada para a população da espécie em estudo, Gama et al. (2003) desenvolvendo pesquisa em floresta de várzea no estado do Pará, encontraram o mesmo padrão de distribuição.

Tonini et al. (2009) relata que, em estudos de distribuição espacial de *Carapa* sp., os resultados têm sido controversos, o que pode indicar comportamento distinto entre diferentes regiões na Amazônia, ou simplesmente refletir o emprego de diferentes metodologias de coleta de dados e análise da distribuição espacial.

A distribuição agregada é verificada quando a tendência dos indivíduos é de ocorrerem em grupos, e a chance de ocorrência de um indivíduo aumenta pela presença de outro se formando verdadeiras manchas vegetais, evidenciando assim, a nítida variação do número de indivíduos de uma parcela para outra que neste estudo foi de 0 a 6 indivíduos por parcela.

Este comportamento pode estar associado ao tipo de ambiente onde as plântulas se desenvolveram, pois o tipo de distribuição espacial que uma espécie apresenta é padrão resultante de vários fatores que interagem entre si (Meirelles e Luiz, 1995). Segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) citado por Miranda (2009) os vegetais normalmente se distribuem de forma agregada, por serem estruturados principalmente pelos fatores abióticos como textura, fertilidade e disponibilidade hídrica do solo, luminosidade, temperatura, dentre outros.

Dessa forma, os organismos se agregam quando e onde encontram condições favoráveis a sua reprodução e a sua sobrevivência, como é o caso da *Carapa guianensis*, que apresentou grande preferência por certos ambientes mais propícios ao seu crescimento e desenvolvimento, dado a elevada variação do número de indivíduos por parcela.

Para o manejo sustentável da espécie seja ele madeireiro ou não madeireiro, a forma de distribuição da espécie é extremamente relevante, pois minimiza os custos tendo em vista que para a colheita do produto não serão desperdiçados muitos gastos com implementação de ramais, no entanto sem o manejo apropriado a retirada principalmente de madeira da espécie pode causar a extinção da mesma.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição diamétrica dos indivíduos de *Carapa guianensis* Aubl. seguiu o padrão característico das espécies de florestas nativas, apresentando distribuição exponencial em forma de “J” invertido, com predominância dos indivíduos nas primeiras classes de diâmetros.

A volumetria da espécie apresentou um crescimento gradativo de acordo com o aumento das classes de diâmetro, ocorrendo decréscimo somente no penúltimo centro de classe de diâmetro, sendo que a última classe apresentou 50,88% do volume total.

A *Carapaguianensis* Aubl. apresentou padrão de distribuição espacial agregado, demonstrando ser uma espécie bastante seletiva aos ambientes de sua ocorrência, se instalando somente nos sítios mais favoráveis por ter preferência por certos ambientes mais propícios ao seu crescimento e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R.S.; GAMA, J.R. V.; OLIVEIRA, A.D. Estrutura e

Valoração de uma Floresta de Várzea Alta na Amazônia. *Cerne*, v.8, N.1, 2002. p.088-102.

BOUFLEUER, N. T. **Aspectos ecológicos da andiroba (*Carapa guianensis* Aublet. Meliaceae) subsídios para o manejo.** 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology.** 2. ed. Dubique:Win. C. Brown Publishers, 1977. 226 p.

CARIM, M. J. V.; JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição florística e estrutura de Floresta de Várzea no município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil. Piracicaba: *Ciência Florestal*, v. 36, n. 79, set. 2008. p.191-201.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de uma remanescente de floresta atlântica submontana (Silva Jardim - RJ, Brasil) *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.2, p.327-337, 2009.

COSTA JUNIOR, R. F.; FERREIRA, R. L. C.; RODAL, M. J. N.; FELICIANO, A. L. P.; MARAGON, L. C.; SILVA, W. C. Estrutura Fitossociológica do Componente Arbóreo de um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.18, n. 2, 2008. p.173-183.

DRUMMOND, J.A. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá.** IBAMA; SEMA-AP, Macapá, 2004.

FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C.; SAMPAIO, P. T. B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera*, D.C): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. *Acta Amazônica*, Manaus v. 32, n. 4, abr. 2002. p.647-66

GAMA, J. R. V; BOTELHO, S.A; BENTES-GAMA, M. M; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro da regeneração natural de uma floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. *Ciência Florestal*, 2003. p.71-82.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A.J.N. **Biometria Florestal.** INPA, Manaus-AM, 2008. p.14

HIURA, A.; SARQUIS, R.S.F.R. Características morfológicas de espécies arbóreas na floresta de várzea da APA da Fazendinha, Macapá/AP In: **V Seminário de Iniciação Científica do IEPA Amapá. Revista: Pesquisa e Iniciação Científica Amapá.** n.1. 2008. p.50.

MIRANDA, Z. P. **Aspectos Morfofisiológicos e Ecológicos de *Mora paraensis* Ducke (Leguminosae-Caesalpinioideae).** Amapá, 2009, 88p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) Universidade Federal do Amapá.

MEIRELLES, M. L.; LUIZ, A. J. B. Padrões espaciais de árvores de um cerrado em Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 18(2): 185-189.1995.

PINTO, A. A. **Avaliação de danos causados por insetos em sementes de andiroba [(*Carapa guianensis* Aubl.) e *Andirobinha* (*C. procera* DC.) (Meliaceae)] na Reserva Florestal Adolpho Ducke em Manaus, AM, Brasil.** Dissertação (mestrado) – INPA/UFAM. Manaus, 2007. 60p.

RABELO, F.G.; ZARIN, D.J.; OLIVEIRA, F.A.; JARDIM, F.C.S. Diversidade, composição florística e distribuição do povoamento com DAP \geq 5 cm em região do estuário do Amapá. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v.37, n.37, p.91-112.2002.

TONINI, H.; COSTA, P.; YKAMISKI, P.E.; Estrutura, Distribuição Espacial e Produção de Sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) No Sul do Estado de Roraima. *Ciência Florestal*, v. 19. 2009.

CLOSE-TO-NATURE SILVICULTURE IN GERMANY– THE KEY FOR MULTIPURPOSE FORESTRY IN TIMES OF CLIMATE CHANGE

A SILVICULTURA ORIENTADA NA NATUREZA NA ALEMANHA–A CHAVE PARA O MANEJO DIVERSIFICADO DE FLORESTAS NOS TEMPOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Peter Spathelf¹; Leif Nutto²; Andreas Bolte³

ABSTRACT

In many parts of the world, extreme weather events like heat waves, drought, and storms, which may increase in frequency and intensity, as well as raised activity of biotic agents, are thought to put a high level of disturbance pressure on forests. Adaptive forestry can assist forest ecosystems to adapt to these new conditions in order to achieve management goals, maintain desired forest ecosystem services and reduce the risks of forest degradation. After a revision of general management strategies such as active or passive adaptation, we address diverse silvicultural options to assist forest adaptation to climate change, such as a replacement of tree species reputed to be sensitive to climate change pressures, site preparation and changed thinning and felling systems that reduce competition within the overstorey or for regeneration. The use of species of different successional stages in mixtures and of tested introduced species and provenances may enlarge opportunities for the adaptation of forests to climate change. Furthermore, we investigate the strengths and weaknesses of Close-to-nature forest management (CNFM) as a means to adapt forests to climate change. For this we check to what degree CNFM systems make use of management principles which are considered as effective for increasing the adaptive capacity of forests to a changing climate. Finally we propose an integrative adaptive management concept and emphasize the need of further research.

Keywords: climatechange; silviculture; tree species selection; close-to-nature forest management.

RESUMO

Em muitas partes do mundo extremos climáticos, tais como ondas de calor, secas, ventos fortes, os quais devem aumentar em frequência e intensidade, também como uma atividade elevada de agentes bióticos, podem aumentar a pressão de distúrbios nas florestas. Um manejo adaptado às novas condições pode ajudar a manter as diversas funções das florestas e ajudar a alcançar as metas de produção florestal, reduzindo ao mesmo tempo o risco de degradação florestal. Depois de uma revisão das estratégias gerais de manejo, diversas opções silviculturais para ajudar as florestas a se adaptarem ao câmbio climático, tais como a substituição de espécies sensíveis à câmbios do clima, preparo do solo e desbastes e sistemas de corte adaptados que reduzem a competição no estrato dominante do dossel ou permitem a regeneração natural. O uso de espécies mistas de diferentes estádios sucesionais, assim como a introdução de espécies exóticas ou proveniências testadas, podem aumentar as opções das florestas a se adaptarem ao câmbio climático. Ademais foram analisados os pontos fracos e fortes de sistemas de silvicultura orientada na natureza (CNFM) como um meio de adaptar as florestas ao câmbio climático. Para esta finalidade é avaliado até que nível sistemas de CNFM fazem uso dos princípios do manejo que são considerados como efetivo em termos de aumentar a adaptabilidade das florestas a câmbios climáticos. Finalmente é proposto um conceito de manejo integrado adaptado e a necessidade de futura pesquisa foi levantada.

Palavras-chave: câmbio climático; silvicultura; seleção de espécies; silvicultura orientada na natureza.

INTRODUCTION

Climate is an important driver for environmental change in Europe. Comparing to pre-industrial conditions, global mean surface temperatures increased 1.1°C until 2006 (IPCC, 2007). This caused an increase of intensity and frequency of extreme weather events like heat waves, droughts, heavy precipitation and probably storms (EEA 2008, LECKEBUSCH et al., 2004, 2006, BOLTE et al., 2010). Moreover, the risk of forest fire rose considerably. As a further consequence, forest vitality may be

¹Eng. Florestal, Prof. Dr., Dept. of Silviculture, Eberswalde University for Sustainable Development, Germany. Peter.Spathelf@hnee.de.

²Eng. Florestal, Prof. Dr., Dept. de Engenharia e Tecnologia Florestal, Prof. visitante CAPES, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. Lnutto.ufpr@gmail.com

³ Eng. Florestal, Prof. Dr., Thünen-Institute of Forest Ecology and Forest Inventory (vTI), Eberswalde, Germany. andreas.bolte@vti.bund.de.

severely affected and more aggressive native or invasive pathogens may vary growth, survival and reproduction conditions for forest trees (AMMER et al., 2006; DOBBERIN AND DEVRIES, 2008).

On the one hand climate warming may positively affect forest growth and productivity due to prolonged and warmer growing seasons. But on sites with a lack of water and especially at lower altitudes (and latitudes), more frequent weather extremes will likely raise the disturbance probability and risk of forest loss (DALE et al., 2001). Therefore, forest management and silviculture have to adapt to changing environmental conditions (BOLTE et al., 2009).

Adaptation strategies and options

Adaptation measures can be implemented on different levels. First, on a country's or regional level areas of high vulnerability have to be taken into account (so-called *hotspots* of adaptation). There, adaptation means actively influencing forest management by changing stand structures and composition in a way that the resulting forest is better adapted to climatic change impacts than it otherwise would be by natural succession (→ *active adaptation*). The alternative to active adaptation is *passive or autonomous adaptation*, i.e. to use spontaneous adaptation processes in terms of natural succession and species migration. This approach minimises significantly the input efforts, but on the other hand eliminates many options to control the stand dynamics that are important for future forest composition, structure and functioning (MILLAR et al., 2007).

On forest operational level adaptive forest management comprises the application of silvicultural tools and techniques regarding stand establishment, thinning and felling regimes. Adaptive restoration measures complement this approach.

The whole adaptation process therefore comprises different scales and decision support levels. It is about an integrative concept (see BOLTE et al., 2009; Fig. 1). (1) Species suitability tests and modelling activities can only be conducted at an international scale. (2) At the national to regional scale the task is priority mapping of adaptation strategies (hotspots), and (3) at the local scale implementation has to be done. For the latter we need to know suitable forest operations that assist and support forest adaptation on a local scale.

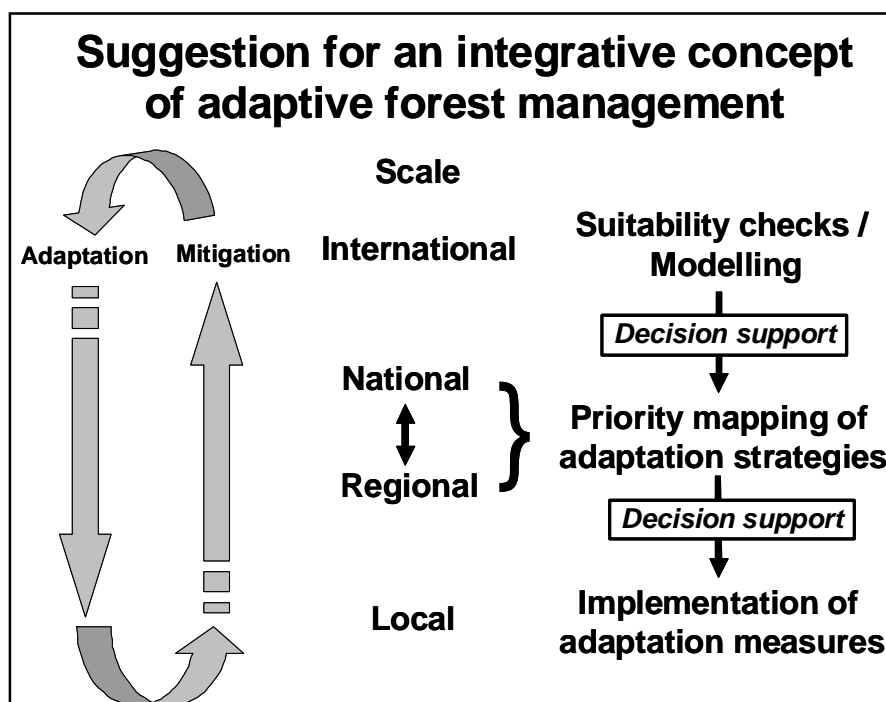


FIGURE 1: Integrative concept of adaptive forest management in Central Europe (according to BOLTE et al., 2009).

FIGURA 1: Conceito integrador da gestão florestal adaptativa na Europa Central (de acordo com BOLTE et al., 2009).

Silvicultural options to assist forest adaptation

Tree species selection, regeneration and mixture

Silvicultural systems such as uniform and irregular shelterwood systems as well as selection and group selection systems all rely to a large extent on natural regeneration and these systems are often

closely related to mid and late successional tree species. Early successional species, however, seem to be more adapted to the drier site conditions expected for many regions in Germany, e.g. for Northeast Germany (ROLOFF AND GRUNDMANN, 2008). These light demanding pioneer species require stand openings at least in the size of small clear cuts in order to establish stands with good quality and growth potential (LÜPKE, 2004). Moreover, early colonizing tree species are able to rapidly recover large openings after disturbance and therefore reduce potential invasion of competing herbs or soil erosion.

When a species is classified as suitable, long-term natural regeneration should be promoted as it offers a high potential for natural selection and adaptability of the plant population, respectively. Natural regeneration should be from a large number of different mother trees in order to assure genetic variability (KÄTZEL, 2010). This is the case when many trees are involved in a long regeneration process. Nevertheless, in the early stage of natural regeneration, in the consequence of intense competition, shallow rooting and overstorey shelter, trees are susceptible to selection pressure e.g. by drought. Thus, irregular shelterwood systems and gap felling, respectively, may reduce overstorey competition to regeneration (CZAJKOWSKI et al., 2005). If these regenerations fail, however, planting still can be recommended a state-of-the-art technique of forest establishment (BOLTE ANDIBISCH, 2008).

Artificial regeneration is an important technique for forest restoration measures that include introduction of other species or provenances than those already found at present at the site. Such restoration efforts include the establishment of forests and forest ecosystems that are expected to be better adapted to the site and changing environmental conditions (STANTURF, 2005). Common strategies involve the conversion to more 'natural' forests, which is ongoing at large scale in Europe where Norway spruce plantations not suited for the respective sites are underplanted with broadleaved tree species to create more stable and multifunctional forests for the future (SPIECKER et al., 2004).

Planting is the most important regeneration means for forest establishment (e.g. SPIECKER et al., 2004; WAGNER, 2005). Container seedlings (0.5-2 years old) are the common stock type in the boreal zone whereas larger and older (1-3 years old) bare-root seedlings are the dominant stock types in the transition and temperate zone. In Europe, planting techniques are highly developed and implemented in forestry. One of the major problems in this stand establishment stage is competition from herbaceous vegetation. Especially grass amplifies the competition among plants for water and nutrients, thus increasing vulnerability of forest stands (LÖF, 2000).

With regard to climatic change, the rising risk of dry conditions in spring and early summer make planting in autumn more favourable. However, planting is an expensive means of regeneration, too (MADSEN AND LÖF, 2005). Therefore, restoration efforts, in general, become a costly investment, especially for private forest owners. The search for and implementation of low-cost alternatives that can produce densely stocked regenerations are highly appreciated. Direct seeding is seen to have the potential to lower the regeneration cost to 50% or less of the cost of conventional planting (MADSEN AND LÖF, 2005). However, care has to be taken that seeding or natural regeneration does not lead to stand densities that require intensive thinning operations in later stages, thus only postponing costs.

Madsen and Löf (2005) concluded that for direct seeding it is even more important than it is for planting to match the species to the site conditions for the time frame of the regeneration period. A tree species may match the site well on a long-term basis but not in the regeneration phase. An example would be the frost- and competition intolerant beech which matches a wide range of site-conditions as a species, whereas it is often difficult to establish without any protecting shelter (e.g. shelterwood or nurse crop).

Another important restriction for forest establishment in Central Europe is deer browsing (e.g. ELLENBERG, 1988). Selective browsing may create an apparent competitive advantage for certain tree species that are tolerant or resistant to it, thus influencing tree species composition. There is evidence that densely stocked regeneration is useful to reduce browsing pressure on plants (REIMOSER AND GOSSOW, 1996). Successful direct seeding can produce such densely stocked regeneration at low cost on a large scale.

In a context of adaptive management direct seeding may prove to be a very suitable technique for artificial regeneration of several species. It easily and inexpensively allows sowing of mixtures of both provenances and species, which may be a suitable way to build in as much flexibility and adaptability as possible in future regenerations. There is still one problem with seeding compared to planting: the conditions during germination can eliminate one or more e. g. provenances from the regeneration stock (seeds) without this being noticed. If trees are planted in e. g. small groups of different origin, such selective 'failures' can be detected.

The higher likelihood of severe disturbances in our forests increases the need to incorporate natural disturbances into silvicultural decisions. Often, foresters intend to reforest cleared sites with late-successional species (e.g. European beech). In this case, the establishment of a shelter of pioneer nurse crop trees which reduce weather extremes and limit the establishment of competitive ground vegetation can be useful (FIEDLER, 1962). If the establishment of a mixed stand is intended, planting of not too small patches of different tree species (1000 to 3000 m²) may help on the one hand in avoiding future, premature interspecific competition and provide a sufficient mixture on the other hand. Alternative systems are cluster-planting with natural regeneration in-between clusters.

Single-species stands can more easily be managed and controlled with respect to their suitability for future climatic conditions. Mixed stands, on the other hand, are seen to have a higher potential of resistance and resilience due to a different and sometimes complementary environmental adaptation of the mixed tree species. Mixed stands are thought to be superior to pure stands in terms of economy and ecosystem functioning (KNOKE et al., 2008), especially if tree species are mixed with a complementary niche occupation (e.g. light demanding tree species in the overstorey, shade-tolerant tree species in the understorey). However, the knowledge about the reaction of trees under interspecific competition is sparse and extrapolations from analyses under current climate into the future are difficult. For example, the competitive pressure of species may change with rising temperature and changing precipitation regimes. Thus, the coexistence of species today cannot be expected for the future.

Tending and felling systems

Reducing the vulnerability of a forest comprises mainly preventive measures such as controlling insects or stabilizing stands against storms by early and repeated thinnings. In addition, thinnings can be used to reduce water stress in dry periods (BRÉDA et al., 1995). However, to date the results are not consistent and depend on site, species, stand development phase, intraspecific competition (CESCATTI AND PIUTTI, 1998), thinning intensity and interval, presence of an understorey, ground vegetation type, soil and litter characteristics. In summary it can be stated that thinnings may be a way to increase individual tree resistance against drought, but the question remains to be answered how long and under which conditions the positive effect of this measure can take place (BOLTE et al., 2010).

Reducing the impact of a disturbance can be achieved by silvicultural interventions that confine the consequences of that disturbance. For example bark beetle attacks after windthrows have been frequently observed if the time lag to the processing of the downed wood had been too long. Some measures helping a forest to recover do also reduce negative impacts of disturbances. An immediate reforestation by planting and the establishment of a light shelter by e.g. nurse trees may counteract nitrogen losses and the establishment of competing ground vegetation (BOLTE et al., 2010).

With regard to adaptive forest management, it is important whether the silvicultural system applied to a stand can be altered to a system that is better suited to adapt the stand to changing environmental conditions. Frequently trade-offs have to be expected, e.g. abrupt changes in tree species are easily achieved with e. g. clear-cutting, but this system does not allow for long-term (natural) regeneration.

In the following the main silvicultural systems are tested against three basic adaptation principles:

- 1) site-adapted management of mixed-species stands;
- 2) increase of structural and genetic diversity of stands;
- 3) increase of tree / stand resistance against biotic and abiotic stressors.

1) Concerning the maintenance of site-adapted mixed-species stands silvicultural systems with a certain degree of stand opening in the regeneration phase comply best, e.g. shelterwood cutting or small-scale clear (strip) cutting. In these systems light-demanding species as well as species from mid or late successional stages can establish.

The limitations of continuous-cover forestry (ccf) and long-term group selection systems are lying in the impediment of larger proportions of light-demanding species in the stands due to the small gaps, associated with extended regeneration periods. This limitation is, however, smaller in group selection systems than in the case of ccf. Thus, stands remain less diverse and by trend structurally more homogeneous on a large scale in these systems. Moreover, managers practicing traditional single-tree harvest in selection forests are often conservative in terms of using non-native species, which further limits the possibility of adaptation by increased tree species diversity. Finally, ccf systems are not suited for abrupt substitution of species without losing their basic functionality.

2) The continuous natural regeneration, which is closely related to ccf, group selection and shelterwood systems, sufficiently supports the maintenance of genetic variation within species. Moreover, the more long-term a regeneration period (the more uneven-aged the regenerated stand) is, the more likely is a high structural diversity in the stand due to different development stages of trees (tree cohorts).

3) The promotion of vigorous trees with long crowns is essential to support single-tree vitality, thereby increasing individual resistance to biotic and abiotic stressors. This can be achieved in several silvicultural systems when trees receive the required standing space to establish such crowns. Moreover, the forest climate is a characteristic that is closely connected with the application of a silvicultural system. Ccf and long-term group selection systems support a continuous maintenance of a forest cover, which in turn maintains a stable forest climate and safeguards protection of the soil. Contrarily, shelterwood and especially clearcut of more than 0.3 ha lead to a changing microclimate which is more similar to bare land.

A disadvantage of ccf systems is that they are often practiced with a high standing volume (e.g. 400 m³/ha), which makes them in general susceptible to extreme stand-replacing events. Concerning

storm damages shelterwood systems are viewed to be very vulnerable especially for dense stands, due to their uniform canopy openings and therefore high crown surface roughness (e.g. Norway spruce). Finally, shelterwood cuttings as well as group selection and selection systems require an explicit spatial harvest order to reduce damage at the remaining stand and the regeneration / advanced growth.

CONCLUSION

Adaptive management is one of the most important challenges for forestry in the decades to come, and a necessity, respectively due to increasing uncertainties in times of environmental changes. Adaptive management can be an integrative part of an overall risk management strategy for future forestry. On a national or regional level it has to be decided which general adaptation strategies should be applied. On a local level the implementation of a variety of adaptation measures lies in the responsibility of the local forest owners or managers. Diverse silvicultural options are available to adapt forests to (future) climate change, among others tree species and provenance selection and felling systems / regeneration.

REFERENCES

- AMMER, C. H.; DULLY, I.; FAIßT, G.; HOLLAND-MORITZ, H.; IMMLER, T.; KÖLLING, C.; MARX, N.; SEIDL, G.; SEITZ, R.; WOLF, M.; WOLFERSTETTER, T. Hinweise zur waldbaulichen Behandlung von Borkenkäferkalamitätsflächen in Mittelfranken. Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 54, 2006. (In German).
- BOLTE, A.; AMMER, C.; LÖF, M.; NABUURS, G.M.; SCHALL, P.; SPATHELF, P. Adaptive Forest Management - a Prerequisite for Sustainable Forestry in the Face of Climate Change. In: Spathef, P. (ed.): Sustainable forest management in a changing world: A European perspective. Springer, Dordrecht, 2010. p. 115-139.
- BOLTE, A.; AMMER, C.; LÖF, M.; MADSEN, P.; NABUURS, G.J.; SCHALL, P.; ROCK, J.; SPATHELF, P. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 24. p.473-482. 2009.
- BOLTE, A.; IBISCH, P. Neun Thesen zu Klimawandel, Waldbau und Waldnaturschutz. **AFZ-DerWald**, v.62: p.572-576. 2008.
- BRÉDA, N; GRANIER, A.; AUSSÉNAC, G. Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Tree Physiology* 15, 295-306. 1995.
- CESCATTI, A.; PIUTTI, E. Silvicultural alternatives, competition regime and sensibility to climate in an European beech forest. **For. Ecol. Manage.** v.102, p.213-233. 1998.
- CZAJKOWSKI, T.; KÜHLING, M.; BOLTE, A. Einfluss der Sommertrockenheit im Jahre 2003 auf das Wachstum von Naturverjüngungen der Buche (*Fagus sylvatica* L.) im nordöstlichen Mitteleuropa. [Impact of the 2003 summer drought on growth of beech sapling natural regeneration (*Fagus sylvatica* L.) in northeastern Central Europe]. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 176, 133-143 (In German with English summary). 2005.
- DALE, V.H., JOYCE, L.A., MCNULTY, S., NEILSON, R.P., AYRES, M.P., FLANNIGAN, M.D., HANSON, P.J., IRLAND, L.C., LUGO, A.E., PETERSON, C.J., SIMBERLOFF, D., SWANSON, F.J., STOCKS, B.J. & WOTTON, B.M. Climate change and forest disturbances. **Bioscience**, v.51, p.723-734. 2001.
- DOBBERTIN, M.; DEVRIES, W. Interactions between climate change and forest ecosystems. In: Fischer R (ed) Forest ecosystems in a changing environment: identifying future monitoring and research needs. Report and Recommendations COST Strategic Workshop 11 - 13 March 2008 Istanbul, Turkey. Retrieved February 14, 2009 from <http://www.costforest2008.org/docs/COST-Brochure.pdf>. 2008.
- EEA (European Environmental Agency) Global and European temperature (CSI 012), Assessment April 2008. Copenhagen. Retrieved February 10, 2009 from http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20041006175027/IAssessment1202733436537/view_content. 2008.
- ELLENBERG, H.(jun.) Eutrophierung – Veränderungen der Waldvegetation – Folgen für den Reh-Wildverbiss und dessen Rückwirkungen auf die Vegetation. Schweiz. **Zeitschr. Forstwes.** V.139, p.261-282 (in German with English summary). 1988.

- FIEDLER, F. Die Entwicklung des Vorwaldgedankens unter besonderer Berücksichtigung der Birke. Arch. Forstwes. 11, 174-190 (in German with English summary). 1962.
- KÄTZEL, R. Genetic resource conservation: the foundation for adaptability in sustainably managed forests. In: Spathelf, P. (ed.): Sustainable forest management in a changing world: A European perspective. Springer, Berlin. p.93-114. 2010.
- KNOKE, T.; AMMER, C. H.; STIMM, B.; MOSANDL, R. Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield, ecological stability and economics. **European Journal of Forest Research**, v.127, p.89-101. 2008.
- LECKEBUSCH, G.C.; ULBRICH, U. On the relationship between cyclones and extreme windstorm events over Europe under climate change. **Global Planet Change**, v.44, p.181-193. 2004.
- LECKEBUSCH, G.C.; KOFFI, B.; ULBRICH, U.; PINTO, J.G.; SPANGEHL, T.; ZACHARIAS, S. Analysis of frequency and intensity of European winter storm events from a multi-model perspective, at synoptic and regional scales. **Climate Research**, v.31, p.59-74. 2006.
- LÖF, M. Establishment and growth in seedlings of *Fagus sylvatica* and *Quercus robur*: Influence of interference from herbaceous vegetation. **Can. J. For. Res.** v.30, p.855-864. 2000.
- LÜPKE, B. V. Risikominderung durch Mischwälder und naturnaher Waldbau - ein Spannungsfeld. **Forstarchiv**, v.75, p.43-50 (In German with English summary). 2004.
- MADSEN, P.; LÖF, M. Reforestation in southern Scandinavia using direct seeding of oak (*Quercus robur* L.). *Forestry* 78, p.55-64. 2005.
- MILLAR, C.I.; STEPHENSON, N.L.; STEPHENS, S.L. Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. **Ecological Applications**, v.17 (8), p.2145-2151. 2007.
- REIMOSER, F.; GOSSOW, H. Impact of ungulates on forest vegetation and its dependence on the silvicultural system. **For. Ecol. Manage.** v.88, p.107-119. 1996.
- ROLOFF, A.; GRUNDMANN, B. Waldbaumarten und ihre Verwendung im Klimawandel. [Utilisation of forest tree species under climate change]. **Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie**, v.42: p.97-109. (In German with English summary). 2008.
- SPIECKER, H.; HANSEN, J.; KLIMO, E.; SKOVGAARD, J.P.; STERBA, H.; VON TEUFFEL, K. (eds.) Norway spruce conversion – options and consequences. European Forest Institute Research Report 18. Brill, Leiden, The Netherlands, 2004. 269 pp.
- WAGNER, S. Regeneration techniques and the seedling environment from a European perspective. In: Restoration of Boreal and Temperate Forests. In Stanturf, J.; Madsen, P. (eds.). Integrative studies in water management & land development. 3, 153-171. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2005. 569 pp.

ARRANJO ESPACIAL E DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DA *Gustavia augusta* L. EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME NO AMAPÁ, BRASIL

SPATIAL PATTERN AND DIAMETRIC DISTRIBUTION *Gustavia augusta* L. IN UPLAND FOREST IN AMAPÁ, BRAZIL

Edielza Aline dos Santos Ribeiro¹; Wegliane Campelo da Silva Aparício²; Luiz Carlos Marangon³; Marcelino Carneiro Guedes⁴; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira⁵; Perseu da Silva Aparício⁶

RESUMO

A combinação de algumas características ecológicas das espécies tem ajudado a identificar alguns padrões para as diferentes formações vegetais. A partir de análises estruturais das espécies arbóreas, este estudo pretendeu analisar a estrutura horizontal da espécie *Gustavia augusta* L, pertencente à família Lecythidaceae conhecida vulgarmente como jeniparana, denotando sua distribuição diamétrica e espacial. O trabalho foi realizado na Resex do Rio Cajari - Amapá, a qual é constituída de uma área de 501.771ha, que abrange três municípios - Laranjal do Jari, Mazagão e Vitória do Jari. Para o levantamento da espécie foi implementada na área uma grade 300 x 300 m (9 ha / grade), no qual foram distribuídas sistematicamente 43 parcelas (10 x 25 m), distanciadas a 25 m, todos os indivíduos com CAP \geq 10 cm foram mensurados, plaqueados e numerados progressivamente. Para a avaliação da distribuição diamétrica foram calculadas amplitudes dividindo estas em classes e a distribuição espacial foi determinada por meio do índice de morisita. Nos dados coletados foram registrados 98 indivíduos da espécie. Para o estudo da estrutura diamétrica foi calculada uma amplitude de classes de (15.66) que foi elaborada por meio de histograma com intervalo de 2 cm, com número de indivíduos por centro de classes de diâmetro, a curva da distribuição diamétrica apresentou-se em forma de “j” invertido observando-se uma grande diferença entre os centros de classe, no qual a classe 3º (centro de classe 9,14) apresenta um menor número de indivíduo que as classes posteriores isso se deve pelo fato da espécie de sub-bosque não adquirir grandes diâmetros. A análise da distribuição espacial demonstrou que a espécie apresenta um padrão aleatório.

Palavras-chave: jeniparana; índice de morisita; estrutura.

ABSTRACT

The combination of some ecological characteristics of the species has helped to identify some patterns for the different plant formations. From structural analysis of tree species, this study objectived to examine the horizontal structure of the species *Gustavia augusta* L, belonging to the family Lecythidaceae commonly known as jeniparana, showing their diameter distribution and spatial. The study was conducted at Resex in River Cajari - Amapá, which consists of a 501.771ha area, which covers three counties - Laranjal do Jari, Vitória do Jari and Mazagão. To survey the species was implemented on an area 300 x 300 m grid (9 ha / grid), which were systematically distributed 43 plots (10 x 25 m), 25 m apart, all individuals with CBH \geq 10 cm were measured, plated and numbered progressively. For the evaluation of the diameter distribution amplitudes were calculated by dividing these classes and the spatial distribution was determined using the Morisita index. The data were registered 98 individuals of the species. To study the diameter structure was calculated for a range of classes (15.66) that was prepared by means of

¹ Engenharia Florestal, Estudante do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá, UEAP, Rua Poeta Machado de Assis, 367, CEP 68925-000, Santana, AP. Bolsista do CNPq. edielzaribeiro2009@gmail.com

² Engenheira Florestal, Doutora em Ciências Florestais, Professora do Departamento de Ciências Biológicas, UNIFAP, Rua Primeira Avenida da Universidade, 1523, 68903410, Universidade, Macapá, AP, wellaparicio@unifap.br

³ Engenheiro Florestal, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Professor do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171900, Dois Irmãos, Recife – PE. marangon@dcfl.ufrpe.br

⁴ Engenheiro Florestal, Doutor em Recursos Florestais, pesquisador da EMBRAPA – Amapá. Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, N°2600, CEP 68903-419, Macapá, AP. mcguedes@cpafap.com.br

⁵ Engenheiro Florestal, Doutor em Ciência Florestal, Professor do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171900, Dois Irmãos, Recife – PE. rinaldo@dcfl.ufrpe.br

⁶ Engenheiro Florestal, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Professor da Universidade do Estado do Amapá, UEAP, Rua: 1ª Av. da Universidade, n. 1523, Universidade, CEP: 68903-410, Macapá-AP, perseu_aparicio@yahoo.com.br

histogram with an interval of 2 cm, number of patients per center of diameter classes, the curve of the diameter distribution is presented in the form of "j" inverted observing a big difference between the centers of class, in which the class 3 (class center 9.14) has a smaller number of individual classes later this is due to the fact that the kind of sub-woods do not purchase large diameters. The spatial distribution showed that the species has a random pattern.

Keyword: Jeniparana; Morisita index; structure.

INTRODUÇÃO

A importância das florestas e das espécies para a geração de riquezas e a manutenção da vida no planeta é notória, seja como abrigo de biodiversidade, manutenção de recursos hídricos, contribuição para os regimes de chuva entre outros. Nos últimos anos, as florestas também passaram a ter grande destaque nas discussões relativas às mudanças do clima, considerando sua relevância enquanto estoques naturais de carbono. Neste contexto, ações que contribuam para a manutenção, recuperação e uso sustentável das florestas são absolutamente estratégicas e necessárias. Há que se ressaltar que, mesmo com os esforços empreendidos nos últimos anos, o setor florestal no Brasil ainda tem uma série de desafios (GFF, 2010). Sobretudo relacionados ao potencial das diversas espécies encontradas nas mais diferentes tipologias.

Muitos são os estudos desenvolvidos para espécies que comprovadamente possuem potencial econômico, no entanto é sabido da grande diversidade de espécies florestais na Amazônia com poucos ou nenhuns trabalhos voltados para as mesmas e suas particularidades.

Neste sentido ressalta-se a relevância de se avaliar melhor o potencial da espécie *Gustavia augusta* L. que pertence à família Lecythidaceae e é conhecida vulgarmente por Jeniparana ou pau-fedorento (REYES, 2007).

Geralmente esta espécie no estado do Amapá é mais comumente encontrada em áreas mais abertas do que em áreas de florestas densas ou aluviais. Entretanto de acordo com Smith (2010) a espécie pode ser encontrada: na Bolívia, Peru, Venezuela, Brasil (floresta amazônica), Costa Rica, Panamá e Colômbia, mais comumente encontrada nas margens dos rios e em habitats com o solo encharcado durante um período do ano. Esta espécie também é encontrada cultivada nos demais estados brasileiros como ornamental.

A espécie apresenta as seguintes características morfológicas: árvore de porte médio de até 22m de altura, com apenas um conjunto de folhas na parte apical dos ramos. Tronco de 20 a 30 cm de diâmetro. As folhas são grandes, simples, alternas, glabras, cartáceas, de 16 a 48 cm de comprimento. Inflorescência terminal nos ramos, com 1 a 8 flores branco-róseas, florescendo outubro a novembro. Frutos em forma de sino, elipsóides ou globosos, deprimidos, verde para marrom; polpa amarela laranja; com 2 a 20 sementes esféricas por fruto, amadurecimento março a maio. Uso: como ornamental e na arborização. As raízes são usadas como poderoso laxante e as folhas como descongestionantes e contra a icterícia (INFOBIBOS, 2011)

A casca serve para o curtimento e couros. A polpa é em algumas regiões comida assada ou cozida com arroz. A madeira pode ser usada em construção. Planta atrativa as abelhas, borboletas e pássaros, flores com fragrância (LORENZI, 2002). Considerada como planta de sub-bosque (MUNIZ, 2008).

Tais informações só acrescentam e enfatizam a importância de se estudar e caracterizar a estrutura desta espécie, com intuito de fornecer subsídios para o manejo florestal da mesma.

Neste sentido Rayol (2006) relata que o conhecimento da composição florística e da estrutura da vegetação é fundamental para o embasamento da formulação de estratégias de conservação da biodiversidade. Um levantamento florístico consiste em listar todas as espécies vegetais existentes em uma determinada área. Pode-se no levantamento, adotar critérios de seleção, tais como: diâmetro mínimo do fuste, forma de vida, região (DUARTE, 2007).

Contudo Aparicio (2011) relata que uma caracterização estrutural da vegetação está relacionada à presença das espécies na área, ao arranjo espacial das espécies, ao número de indivíduos por espécie presente na área, a distribuição dos indivíduos em relação ao seu crescimento em diâmetro e altura e ao seu percentual de ocupação no solo.

Dessa forma o objetivo deste trabalho foi determinar o padrão de distribuição espacial e diamétrica da espécie *Gustavia augusta* L. na área da RESEX do Rio Cajari, Amapá.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área

O estudo foi desenvolvido na Resex do Rio Cajari, situada no extremo sul do estado do Amapá com uma área de 501.771ha que abrange três municípios - Laranjal do Jarí (-1°07'12"S e -52°00'00"W, com altitude de 22m), Mazagão (-0°13'00" S e -51°26'00"W, com altitude de 60m) e Vitória do Jarí (-0°55'02" S e -55°24'29"W, a 0m de altitude). Essa área foi categorizada como uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, de acordo com o Decreto nº 9.145 de 12 de março de 1990.

A Resex do Rio Cajari possui um clima caracterizado por alta pluviosidade, com poucas variações de temperatura, sendo outubro o mês mais quente e de fevereiro a abril, o período mais frio, com precipitação anual de cerca de 2.500mm e temperatura média anual variando de 16 a 38°C, com valor médio em torno de 26°C. A Umidade Relativa do Ar tem média anual de 85%, apresenta a seguinte estrutura geológica: formação Curuá, aluviões do Quaternário, formação trombetas e formação de Barreiras. É drenada pelas bacias dos rios Cajari e Ajuruxi, do igarapé Tambaqui e outros pequenos igarapés (DRUMMOND, 2004).

De acordo com Veloso et al.(1991), a formação vegetacional da área de estudo na Resex está representada por uma extensa área de Floresta Densa de Terra Firme.

Coleta de dados

O trabalho seguiu a metodologia de coleta de dados padronizada para as atividades da rede de pesquisas em produtos florestais não-madeireiros (PFNMs) na Amazônia – projeto Kamukaia.

Inventário da estrutura arbórea

Foi implantada, de forma permanente, uma grade de 300 x 300 m (9 ha / grade). A grade foi dividida em transectos paralelos e equidistantes em 50 m, para auxiliar na locação das parcelas. Dentro de cada grade foram distribuídas sistematicamente em 43 parcelas de 250 m² (10 x 25 m), distando 25 m entre si, totalizando, aproximadamente, 1,1 ha.

Dentro das parcelas, os indivíduos arbóreos vivos que apresentaram CAP (circunferência a altura do peito medido a 1,30m do solo) ≥ 10 cm, foram mensurados e receberam placas devidamente rotuladas com numeração progressiva. Para mensurar os indivíduos foi utilizada trena de bolso.

Levantamento Florístico / Identificação

A identificação taxonômica das espécies para os dois ambientes estudados foi limitada aos indivíduos mensurados dentro da área amostral, sendo realizado um reconhecimento prévio em campo com ajuda de parataxônomos experientes. Em seguida todo material identificado foi descrito conforme o sistema de classificação Angiosperm Phylogeny Group versão II (APG, 2003). Para conferência da grafia e sinonímia dos *taxa* foi consultado o banco de dados do Missouri Botanical Garden, disponível na página <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html> (APARÍCIO, 2011).

Distribuição Diamétrica

Para o estudo da distribuição diamétrica nos dois ambientes, a amplitude e o número de classes a serem utilizados foram calculados de acordo com a metodologia descrita por Higuchi et al. (2008).

O uso das medidas de diâmetro em determinados intervalos de tempo, ao contrario do método de contagens de anéis, apresenta uma importante interferência de idades das espécies florestais tropicais, as quais apresentam crescimento irregular de seus anéis. Alguns estudos de casos foram apresentados, como trabalho com balanceamento diamétrico usa de matrizes de transição, distribuição diamétricas embasadas em curva tipo “j” invertido e alterações temporais na distribuição diamétrica, de acordo com Scolforo et al. (1989).

A análise da distribuição em diâmetros permite inferir sobre o passado e o futuro das comunidades vegetais. Sob o ponto de vista de produção, a estrutura diamétrica de uma floresta permite caracterizar o estoque de madeira disponível antes de uma exploração, além de fornecer informações que auxiliam na tomada de decisões sobre a necessidade de reposição florestal, segundo Scolforo et al. (1989) e Pulz et al. (1999).

Distribuição Espacial

O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita (Id), conforme recomendações de Brower e Zar (1977):

$$I_d = \frac{n \left(\sum_{i=1}^s X^2 - N \right)}{N(N-1)}$$

Em que: Id: índice de Morisita; n: número total de parcelas amostradas;N: número total de indivíduos por espécies, contidos em n parcelas;X²: quadrado do número dos indivíduos por parcela; s: número de espécies amostradas

A significância dos valores calculados para índice de Morisita (Id) foi obtida mediante o teste do qui-quadrado, para gl= (20) e um nível de significância de 0,05 de probabilidade de erro.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^S \frac{X_i^2}{n} - N}{N}$$

Em que: X^2 : valor do qui-quadrado; N , X^2 e n : já definidos;

A interpretação do valor do qui-quadrado foi baseada no seguinte: se o valor calculado for menor que o valor tabelado, o (Id) não difere significativamente de 1, e a espécie apresentará um padrão de distribuição aleatório. Porém, se o valor do qui-quadrado for maior que o valor tabelado, a espécie tenderá a um padrão de distribuição agregada, se (Id = 1), ou uniforme, (Id > 1) (Brower e Zar 1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição diamétrica

No presente trabalho foram analisados 98 indivíduos da espécie *Gustavia augusta* L. que tem grande importância na formação de sub-bosque na floresta, possibilitando proteção da fauna.

Nas 43 parcelas analisadas, foram calculadas para verificar a distribuição da espécie, possuindo 8 classes com intervalo de 2 cm, com uma significativa variação no Dap (4,13 a 41,38), o valor do centro de massa resultou 2 g/cm². A amplitude encontrada foi de 15.66 e a densidade: 91,58 ind / ha.

Foi verificado um “j” invertido, onde os valores do centro de classe oscilaram de (5,13 cm ≥ 18,13 cm) (Figura 1). Entretanto a classe 3 (centro de classe 9,14) apresenta um menor número de indivíduo do que a classe posterior, como a área de estudo não tem históricos de antropização provavelmente isso se deu por processos dinâmicos naturais da floresta sem grandes interferências no processo de estabelecimento da espécie.

Diversos estudos têm sugerido que a análise da distribuição diamétrica, no nível de populações, embora relevante, pode não ser suficiente para avaliar as condições do componente arbóreo. Esta também pode ser realizada em diferentes níveis de análise (PAULA et al., 2004) o que permite inferir, por exemplo, não apenas a existência de padrões de distribuição diamétrica para a comunidade como também para os grupos ecológicos.

A *Gustavia augusta* L. é uma espécie de sub-bosque, por não adquirir grandes diâmetros na última classe que é típico desta espécie.

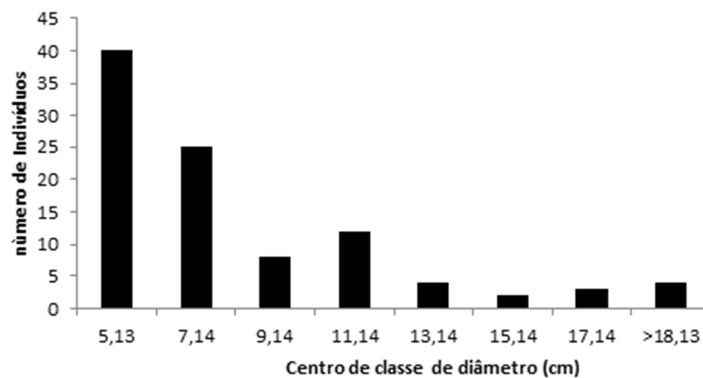


FIGURA 1. Distribuição diamétrica da espécie *Gustavia augusta* L. na RESEX do Rio Cajari, Amapá.
FIGURE 1. Diameter distribution of the species *Gustavia augusta* L. in RESEX Cajari River, Amapá.

Segundo Muniz (2008), a espécie tem um grande número de indivíduos em todas as classes sendo que a classe 3ª (Centro de classe 9,14) apresentou uma menor concentração em relação às classes anteriores e no caso dessa espécie isso pode ser um processo de dinâmica natural da floresta tendo em vista que a espécie ainda apresenta um alto número de indivíduos nas classes posteriores a essa. Esse padrão demonstra que os indivíduos ocorrem no mesmo local dentro da área de estudo, seguindo as características específicas de exigência para a sua distribuição nos sítios. Segundo Arruda e Daniel (2007), se houver necessidade de reposição ou enriquecimento da área com essa espécie, o planejamento e a execução das atividades serão mais onerosas e mais complexas em função da não regularidade no plantio das mudas.

A variação do centro de massa em relação ao número de indivíduos foi muito discrepantes, sendo

que a classe 1º (5,13 cm) obteve maior número de indivíduos com 40 e a classe 6º (15,14 cm) apenas 2, foi a que obteve menor inclusão. Concluindo assim que os dados obtidos são significativos, pois houve grande variação entre os valores, sendo essa alteração entre a classe por indivíduo é devido por algum fator natural. Estes dados poderiam indicar alguma instabilidade na regeneração deste grupo, ou seja, a morte de indivíduos de grande porte não seria suprida por novos indivíduos no futuro. Estes resultados foram encontrados para as espécies secundárias tardias em outros fragmentos, segundo Carvalho e Nascimento (2009) e Dias Neto et al. (2009) e podem estar relacionados, por exemplo, a aspectos da história natural da espécie, ou seja, indivíduos de espécies tardias que apresentam maior longevidade poderiam estar investindo no acúmulo de área basal ao invés de investimento em recursos reprodutivos, de acordo com Silvertown e Doust (1993).

Distribuição espacial

O valor encontrado para o Índice de Morisita foi de 1.40, sendo o valor obtido do qui-quadrado (71.04) menor que o tabelado (120.99) a um nível de significância 0,05 %, demonstrando o resultado em um dado significativo, possuindo assim um padrão de distribuição aleatório (Tabela 1).

TABELA 1: Demonstração dos valores encontrados no cálculo de distribuição espacial da *Gustavia augusta* L., em uma floresta de Terra Firme, no município de Macapá, Amapá.

TABLE 1: Statement of values found in the calculation of spatial distribution of *Gustavia augusta* L. in a upland forest in the city of Macapá, Amapá.

Espécie	Índice de Morisita	χ^2	X tabelado	Distribuição Espacial
<i>Gustavia augusta</i> L	1.40	71.04	120.99	Aleatório

Segundo Gama et al. (2007) neste caso esse tipo de distribuição ocorre provavelmente por reflexo da baixa densidade. O conhecimento prévio desses padrões permite também a sua manutenção, já que são próprios de cada espécie, que se supõe foram formados dentro de um processo de evolução que pode ter contado, por exemplo, com o tipo de dispersão de frutos e sementes, a alelopatia e as restrições edáficas, entre outros fatores.

CONCLUSÃO

O trabalho demonstrou a importância da espécie *Gustavia augusta* L. Onde se verificou suas características estruturais e sua distribuição espacial na área de estudo.

A distribuição diamétrica demonstrou uma significativa diferença entre o centro de classes pela quantidade de indivíduos analisados. Denotando que a espécie está presente em todas as classes e desenvolvendo seus processos dinâmicos naturalmente.

O índice de dispersão de Morisita para a espécie foi de 1.40, denotando padrão de distribuição aleatório, isso proporciona uma análise da variação dessa espécie no local onde foi feita a coleta dos dados e denota que apesar do alto número de indivíduos a espécie não obedece nenhum tipo de padronização, o que ecologicamente só colabora com a sua manutenção na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARÍCIO, W. C. S. **Estrutura da Vegetação em Diferentes Ambientes na Resex do Rio Cajari: Interações Solo-Floresta e Relações com a Produção de Castanha.** 2011. 150 p Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, PPGCFL/UFRPE, Recife.

ARRUDA L, DANIEL O. Florística e diversidade em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Dourados, MS. **Floresta**, n. 37, v.2. p.189-199. 2007.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology.** 2. ed. Dubique: Win. C. Brown Publishers, 1977. 226 p.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de um remanescente de Floresta Atlântica Submontana (Silva Jardim-RJ, Brasil). **Árvore**, Viçosa, v. 33, p. 327-337, 2009.

DIAS NETO, O. C.; SCHIAVINI, I.; LOPES, S. F.; VALE, V. S.; GUSSON, A. E.; OLIVEIRA, A. P. Estrutura fitossociológica e grupos ecológicos em fragmento de floresta estacional semidecidual, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 4, p. 1087-1100, 2009.

- DRUMMOND, J.A. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. IBAMA; SEMA-AP, Macapá, 2004.
- DUARTE, G. L. Levantamento florístico das espécies arbóreas e arbustivas da Universidade Metodista de Piracicaba - Campus Taquaral. Ln: XV CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. **Anais**. 2007.
- GAMA, J. R. V.; SOUZA, A. L., CALEGARIO, N.; LANA, G. C. Fitossociologia de Duas Fitocenoses de Floresta Ombrófila Aberta no Município de Codó, Estado do Maranhão. **Revista Árvore**, v.31, n.3, p.465-477.2007.
- GFF - Guia de Financiamento Florestal 2010. Disponível em: <(http://www.ebah.com.br)>. Acesso em: 10 de setembro de 2011.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N. **Biometria Florestal**. INPA, Manaus-AM, 2008. 14p.
- INFOBIBOS. *Gustavia augusta* L. Disponível em: <(http://www.infobibos.com)>. Acesso em: 08 de outubro de 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. v.2. 2º. Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.
- MUNIZ, F. H. Padrões de floração e frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. **Acta Amazonica**. São Luís-MA. 618 v. 38, n.4, p.617-626.2008.
- PAULA, A.; SILVA, A. F.; MARCO-JÚNIOR, P.; SANTOS, F. A. M.; SOUZA, A. L. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma floresta estacional semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, p. 407-423, 2004.
- PULZ, F.A.; SCOLFORO, J.R. S.; OLIVEIRA A.D.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, T. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta ineqüiana com a matriz de transição. **Cerne**. v.5 p.1-14.1999.
- RAYOL, B. P. **Análise florística e estrutural da vegetação xerofítica das savanas metalofilas na Floresta Nacional de Carajás: Subsídios à conservação**. 2006. 74p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural da Amazônia.
- REYES, A. E. L. **Trilhas da ESALQ**. CIIAGRI-USP. Disponível em: <(http://www.esalq.usp.br/trilhas/medicina/am12.htm)> Acesso em: 04/12/2007.
- SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F.A.; MELO, J. M. Modelagem de produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e análise estrutural. *In*: Manejo Florestal (J.R.S. Scolforo, org). UFLA/FAEP, Lavras, p.189-246.1989.
- SILVERTOWN, J. W.; DOUST, J. L. **Introduction to plant population biology**. London: Blackwell Science, 1993.
- SMITH, N. P. Folhas da Lecythidaceae. Disponível em: <(http:// www.tecceditora.com.br)> Acesso em: 12 de outubro de 2011.2010.
- VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE.1991.

EQUAÇÕES HIPSONÉTICAS PARA PLANTAÇÕES DE PARICÁ (*Shizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) NA REGIÃO DE PARAGOMINAS, PA

HYPSONETRICS EQUATIONS FOR PLANTATIONS OF PARICÁ (*Shizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) IN THE REGION OF PARAGOMINAS, PA

Gilson Fernandes da Silva¹; Larissa Bitti Vescovi²; Luciano Zumerle Zaneti³; Marco Antônio Siviero⁴; Elter Martins dos Santos⁵; Leandro Tose Martins⁶

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a precisão de modelos estatísticos na estimação da altura total de árvores de paricá (*Shizolobiumamazonicum* Huber ex Ducke), em diferentes idades. Foram utilizadas 174 árvores-amostra, provenientes de plantios com idades de 5, 6 e 7 anos e plantadas em espaçamento 4 x 4 metros, para o ajuste das equações hipsométricas. Após as análises, observou-se que o modelo $H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D^2)} \cdot \varepsilon$ apresentou-se mais preciso para estimar a altura das árvores de paricá, nas idades avaliadas. Além disso, de acordo com o teste de identidade de modelos, uma única equação pode ser ajustada para estimar as alturas das árvores, independentemente da idade.

Palavras-chave: Mensuração florestal; relações hipsométricas; floresta equiânea.

ABSTRACT

This work aimed of evaluate the statistical models precision of the total height estimate of paricá trees (*Shizolobiumamazonicum* Huber ex Ducke), in different ages. It has been used 174 sample trees coming of stands in ages of 5, 6 and 7 years old and planted in spacing of 4 x 4 meters for the adjustment of the hipsometrics equations. After the analyses, it was observed that model $H = e^{(\beta_0 + \beta_1/D^2)} \cdot \varepsilon$ showed more precise to estimate the height of the paricá trees, on the evaluated ages. Besides, in agreement with the identity models test, an only equation can be adjusted to estimate the height of the trees, independently of the age.

Keywords: Forest mensuration; hipsometric relationship; aged forest.

INTRODUÇÃO

As florestas naturais no Brasil têm sido, desde o descobrimento, a principal fonte de madeira para atender as demandas internas do país e de outros países que importam a matéria prima e produtos relacionados. No entanto, a capacidade de suprir as demandas atuais e futuras vem diminuindo ao longo do tempo, haja vista a exploração predatória destas florestas.

A aplicação de uma legislação ambiental mais rigorosa para exploração das florestas naturais, bem como o plantio de florestas com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, tem equilibrado as relações entre a oferta e a demanda por madeira, diminuindo a exploração indiscriminada dos remanescentes florestais naturais.

Mais recentemente tem ocorrido um esforço para encontrar espécies nativas que produzam madeira de qualidade e em quantidade, em substituição aos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Contudo, de acordo com a Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS, 2004), as áreas de plantio com espécies da flora brasileira correspondem a menos de 2% do território nacional.

¹Engenheiro Florestal, Dr., Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, 316, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). gfsilva2000@yahoo.com

²Engenheira Florestal, Msc., Analista Florestal, Tratterra Serviços e Locações Ltda, Rua Alegria, 358, 29190018, Aracruz (ES). lbvescovi@hotmail.com

³Engenheiro Agrônomo, Msc., Analista Florestal, Vale Florestar S.A, Centro de Pesquisa do Paricá – CPP, Br 010, km 18, Zona Rural, CEP 68633-000, Dom Eliseu (PA). lucianozaneti@yahoo.com.br

⁴Engenheiro Mecânico, Centro de Pesquisa do Paricá – CPP, Rodovia BR 010, Km 18, Dom Eliseu-PA. marco.siviero@grupoarboris.com.br

⁵Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Nove de Agosto, 2953, CEP 29950-000, Jaguaré (ES). Bolsista CAPES. elterms@hotmail.com

⁶Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Rua Agenor Marinho, 306, CEP 29950-000, Jaguaré (ES). ltosemartins@hotmail.com

Como exemplo de espécie nativa plantada para a produção de madeira em escala comercial tem-se o paricá (*Shizolobiumamazonicum* Huber ex Ducke), na região amazônica (MARQUES, 1990), com destaque para a região de Paragominas – PA. Esta espécie pertence à família das Leguminosae; tem crescimento muito rápido, com idades de corte dos povoamentos homogêneos variando entre os cinco e nove anos; sua madeira é considerada leve (0,30 g/cm³); possui cor branca e é muito utilizada para a produção de compensados, brinquedos e caixotaria leve (COSTA et al., 1998).

No contexto da mensuração florestal, toda empresa florestal tem necessidade de desenvolver metodologias para estimar com precisão a produção em volume ou biomassa, independentemente da espécie plantada.

Assim sendo, as estimativas normalmente são obtidas através de procedimentos de inventário florestal, que utilizam equações de volume para as árvores individuais e equações hipsométricas, que tornam a atividade de coleta de dados mais operacional.

De acordo com Couto e Bastos (1986), a estimação da altura das árvores em pé por meio de instrumentos é uma operação onerosa e sujeita a erros. Em função disso, o que se tem feito, na prática, é medir a altura de algumas árvores nas parcelas de inventário e estimar a altura das demais empregando-se equações hipsométricas. Este procedimento é muito comum para as espécies florestais plantadas para fins comerciais, como o *Eucalyptus* e o *Pinus*.

Para os gêneros citados, vários modelos estatísticos já foram testados e são correntemente empregados pelas empresas florestais do país. Por outro lado, para espécies pouco estudadas, como é o caso do paricá, pouco se sabe sobre quais modelos poderiam descrever com precisão as variações de altura em função, por exemplo, do *DAP*.

Considerando o exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a precisão de modelos estatísticos na estimação da altura total de árvores de paricá (*Shizolobiumamazonicum* Huber ex Ducke), em diferentes idades.

MATERIAL E MÉTODO

Coleta de dados

Os dados para este estudo foram coletados em povoamentos homogêneos de paricá, situados entre os municípios de Dom Eliseu e Paragominas, Estado do Pará, pertencentes ao grupo Concrem, com idades de 5, 6 e 7 anos e cujas árvores foram plantadas em espaçamento 4 x 4 metros.

Foram selecionadas 60 árvores para a idade de 5 anos e 57 árvores para as idades de 6 e 7 anos. Assim, o número total de árvores-amostra abatidas para gerar as relações hipsométricas foi de 174 árvores, abrangendo todas as classes de diâmetro e condições de plantio.

Em cada árvore-amostra mediu-se o *DAP* (diâmetro com casca medido a 1,30 metros do solo), empregando-se uma suta, e a altura total da árvore (*H*), empregando-se uma trena.

Modelos hipsométricos

Os modelos hipsométricos avaliados, considerando as diferentes idades, foram (COUTO e BASTOS, 1986; SCOLFORO, 1993; ENCINAS et al., 2001; CAMPOS e LEITE, 2006):

- a) $H = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \varepsilon$
- b) $H = \beta_0 + \beta_1 / D + \varepsilon$
- c) $H = \beta_0 + \beta_1 / D^2 + \varepsilon$
- d) $H = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \varepsilon$
- e) $H = e^{\beta_0 D \beta_1} \cdot \varepsilon$
- f) $H = e^{(\beta_0 + \beta_1 / D)} \cdot \varepsilon$
- g) $H = e^{(\beta_0 + \beta_1 / D^2)} \cdot \varepsilon$

em que: *H* = Altura total da árvore; *D* = *DAP* = diâmetro com casca medido à 1,30 metros; *e* = exponencial; β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros dos modelos; ε = erro aleatório.

A seleção do melhor modelo hipsométrico se baseou nas medidas de precisão das equações ajustadas: coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2); erro padrão absoluto ($s_{y,x}$), em metros; erro padrão relativo ($s_{y,x}\%$) e na análise gráfica dos resíduos.

Considerando as diversas possibilidades de cálculo para a estatística R^2 , tal como apresentado em Kvalseth (1985), e nos cuidados que se deve ter ao se empregar esta estatística para comparar equações de modelos com naturezas diferentes, adotou-se neste trabalho uma expressão de cálculo sugerida por este

mesmo autor, tendo em vista as características dos modelos comparados neste trabalho, a saber:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

$$\bar{R}^2 = 1 - a(1 - R^2)$$

$$a = \frac{n-1}{n-p-1}$$

em que: Y_i = i -ésimo valor observado para a variável dependente Y , no caso deste trabalho a altural total; \hat{Y}_i = i -ésimo valor estimado para a variável dependente Y ; \bar{Y} = Média dos valores observados para a variável dependente Y ; $n - 1$ = graus de liberdade do total na análise de variância da regressão; $n - p - 1$ = graus de liberdade do resíduo na análise de variância da regressão.

Os gráficos para avaliação dos resíduos tiveram como variável independente o DAP e como variável dependente os erros percentuais das estimativas das alturas, obtidos pela expressão:

$$e(\%) = \left(\frac{H_{obs} - H_{est}}{H_{obs}} \right) 100$$

em que: $e(\%)$ = resíduo da regressão, em percentagem; H_{obs} = altura observada; H_{est} = altura estimada.

Foi calculada também a estatística t para os parâmetros das equações ajustadas, em nível de 1% e 5% de probabilidade, com o objetivo de verificar a significância destes parâmetros.

Avaliação do efeito da idade na relação hipsométrica

Considerando que os modelos propostos foram ajustados para as idades de 5, 6 e 7 anos e considerando também que a idade é uma das variáveis que pode afetar o desempenho de uma relação hipsométrica, tornou-se necessário verificar se a idade estaria afetando as relações entre o diâmetro e a altura, tendo em vista os modelos hipsométricos selecionados.

Para verificar esta hipótese, assumiu-se que, se diferentes modelos forem escolhidos como os melhores nas diferentes idades, isso indicaria que a idade está afetando a relação hipsométrica, pois para cada idade é necessário um modelo diferente. Por outro lado, se um único modelo for escolhido para todas as idades, ainda assim não se pode dizer que a idade não afeta a relação hipsométrica. As equações ajustadas podem ter estimativas dos parâmetros estatisticamente diferentes, evidenciando o efeito da idade. Nesse caso, é necessário aplicar um teste estatístico para avaliar se as equações referentes a um mesmo modelo são ou não estatisticamente iguais. Se forem iguais, aí sim se pode dizer que a idade das árvores não afeta a relação entre o diâmetro e a altura.

Assim sendo, se um mesmo modelo linear for selecionado em todas as idades (modelos 1 a 4), será utilizado o teste de Chow, citado por Greene (1997), cuja estatística é a seguinte:

$$F_c = \frac{[SQRes^* - (SQRes_1 + SQRes_2)]/P}{(SQRes_1 + SQRes_2)/(n_1 + n_2 - 2P)}$$

em que: F_c = Valor de F calculado; $SQRes^*$ = Soma de quadrados do resíduo para a equação considerando os dados das situações 1 e 2 a serem comparadas ($n_1 + n_2$). As situações 1 e 2 poderiam ser, por exemplo, duas idades diferentes; $SQRes_1$ = Soma de quadrados do resíduo para a equação estimada apenas com os dados da situação 1 (n_1); $SQRes_2$ = Soma de quadrados do resíduo para a equação estimada apenas com os dados da situação 2 (n_2); P = número de parâmetros; n_1 ; n_2 = número de observações.

A não rejeição da hipótese H_o para o teste de Chow leva a concluir que as equações ajustadas para as diferentes idades são iguais, podendo-se, portanto, empregar uma única equação que represente todas as idades. Conclusão em contrário ocorrerá se for rejeitada H_o , ou seja, será necessária uma equação para cada idade.

Se um mesmo modelo não linear for selecionado em todas as idades, será utilizado o teste apresentado por Regazzi (2003), no qual a identidade entre modelos não lineares pode ser testada pela estatística Qui-quadrado, tal como se segue:

$$\chi^2_{\text{calculado}} = -n \ln \left(\frac{SQR_{\Omega}}{SQR_w} \right)$$

em que: $\chi^2_{\text{calculado}}$ = Qui-quadrado calculado; SQR_{Ω} = soma de quadrados do resíduo do modelo completo; SQR_w = soma de quadrados do resíduo do modelo reduzido; n = número total de dados.

No caso deste trabalho, as hipóteses testadas pela estatística Qui-quadrado são as seguintes:

$$H_0: a_1 = \dots = a_g (= a), b_1 = \dots = b_g (= b)$$

H_a : pelos menos uma igualdade é uma desigualdade.

Tal que, a_i e b_i correspondem, respectivamente, aos parâmetros β_0 e β_1 dos modelos 5, 6 e 7, para i variando de 1 até 3 (ou seja, g igual a três grupos ou idades).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ajuste das equações

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que, de maneira geral, as equações ajustadas para as diferentes idades tiveram desempenho semelhante, com pequenas variações nas medidas de precisão, proporcionando um erro médio das estimativas ($s_{y,x}\%$) inferiores a 10%. Observa-se, também, uma tendência de diminuição da precisão das equações com o aumento da idade. Este resultado era esperado, pois com o aumento da idade os povoamentos tendem a serem mais heterogêneos (aumento da variabilidade), resultando em um pior desempenho dos modelos.

TABELA 1: Equações ajustadas para diferentes idades e suas respectivas medidas de precisão.

TABLE 1: Adjusted equation for different ages and its respective precision measures.

Idade	Equação	\bar{R}^2	$S_{y,x}(m)$	$S_{y,x}\%$
5	1- $\hat{H} = -13,82273* + 11,93831*Ln(D)$	59,29	1,61	7,40
	2- $\hat{H} = 33,00220* - 218,42494*/D$	60,97	1,58	7,24
	3- $\hat{H} = 26,93037*- 1893,88743*/D^2$	61,01	1,58	7,24
	4- $\hat{H} = -5,95282 + 2,24351*D - 0,04185*D^2$	60,41	1,59	7,29
	5- $\hat{H} = e^{(1,43226*)} D^{(0,55158*)}$	57,67	1,64	7,54
	6- $\hat{H} = e^{(3,61547* - 10,48385*/D)}$	60,21	1,59	7,31
	7- $\hat{H} = e^{(3,33394* - 94,65782*/D^2)}$	61,23	1,57	7,22
6	1- $\hat{H} = -17,62790* + 13,23507* Ln(D)$	72,36	1,74	7,98
	2- $\hat{H} = 34,51315* - 244,37475*/D$	74,42	1,67	7,68
	3- $\hat{H} = 27,79552* - 2110,95389*/D^2$	74,18	1,68	7,72
	4- $\hat{H} = -6,30011 + 2,19089*D - 0,03790*D^2$	73,35	1,71	7,84
	5- $\hat{H} = e^{(1,27943*)} D^{(0,60248*)}$	69,97	1,81	8,32
	6- $\hat{H} = e^{(3,68177* - 11,69643*/D)}$	73,36	1,71	7,84
	7- $\hat{H} = e^{(3,61547* - 106,42065*/D^2)}$	74,63	1,67	7,65
7	1- $\hat{H} = -14,26097* + 12,27809* Ln(D)$	58,62	2,17	9,42
	2- $\hat{H} = 34,35501* - 230,65981*/D$	60,06	2,13	9,25
	3- $\hat{H} = 28,13313* - 2010,59957*/D^2$	59,35	2,15	9,34
	4- $\hat{H} = -3,66772* + 2,00569*D - 0,03403**D^2$	59,13	2,16	9,36
	5- $\hat{H} = e^{(1,48781*)} D^{(0,54094*)}$	56,98	2,21	9,60
	6- $\hat{H} = e^{(3,65408* - 10,67401*/D)}$	59,51	2,15	9,32
	7- $\hat{H} = e^{(3,37890* - 98,32975*/D^2)}$	60,14	2,13	9,25

* significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste t . ** significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste t .

Mesmo com pequenas variações nas medidas de precisão das equações ajustadas (Tabela 1), percebe-se, para todas as idades, uma ligeira vantagem do modelo 7 em termos de precisão, e uma desvantagem um pouco mais nítida do modelo 5 em estimar as alturas totais. O modelo 1 também teve

um desempenho um pouco inferior aos demais modelos. Já os modelos 2, 3, 4 e 6 tiveram desempenhos semelhantes entre si.

Segundo Couto e Bastos (1986) e Scolforo (1993), em geral a correlação altura-diâmetro não é muito forte, mesmo em florestas plantadas, e não é comum que esta correlação seja maior do que 0,8. Campos e Leite (2006) mencionam que os modelos mais simples, como os avaliados neste estudo, que empregam somente a variável independente *DAP*, nem sempre produzem estimativas precisas. Ainda, de acordo com estes autores, para aumentar a precisão, outras variáveis independentes do povoamento podem ser introduzidas nos modelos, tais como a altura dominante, o índice de qualidade de local e a própria idade. Entretanto, para que isto ocorra, é necessário que se disponha de inventários contínuos bem planejados para conceber este tipo de modelagem.

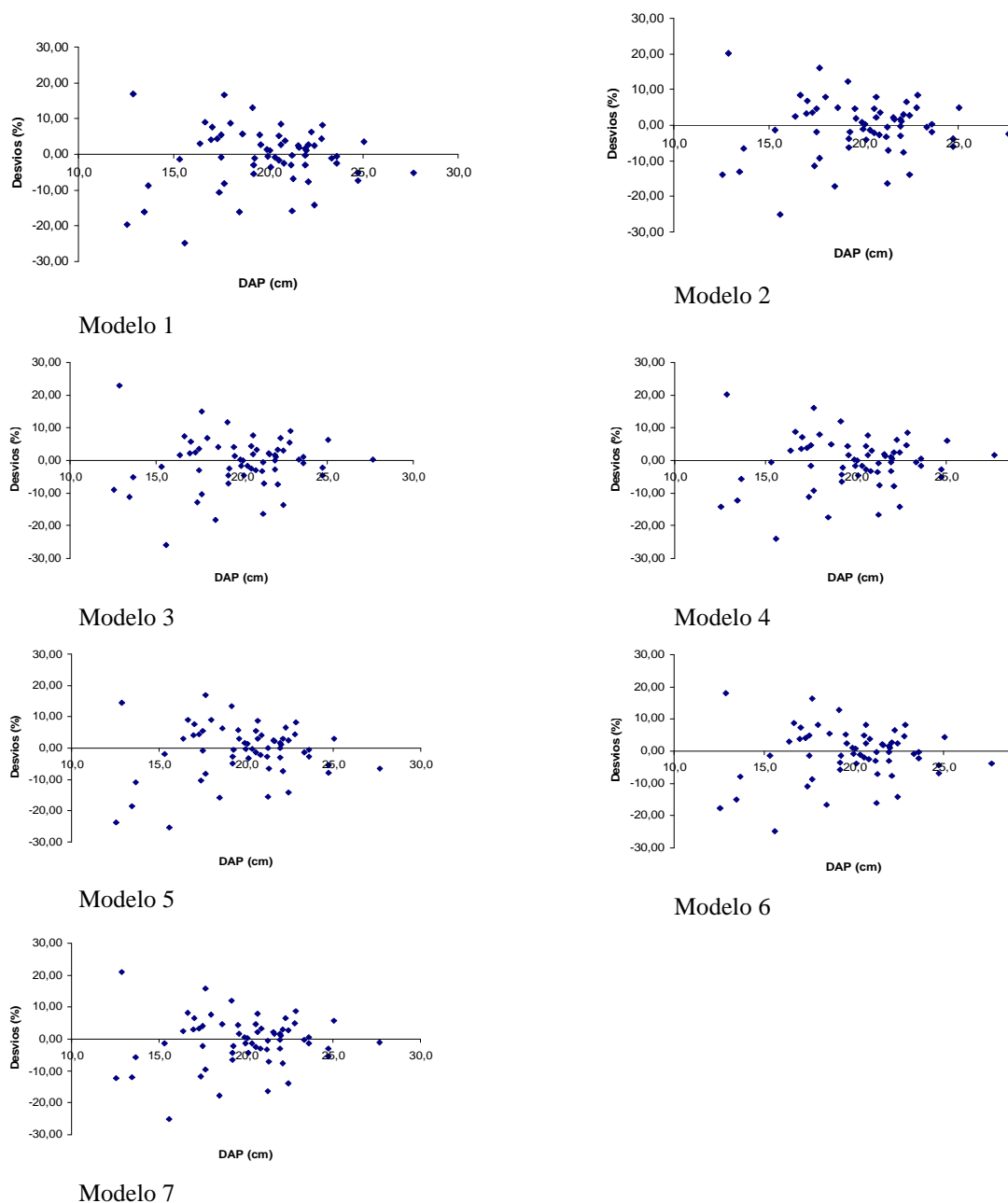


FIGURA 1: Resíduos percentuais em função do *DAP* para os modelos avaliados, na idade de 5 anos.
FIGURE 1: Percentual residues in function of *DAP* for the evaluated models considering the age of 5 years old.

Na avaliação de modelos de relação hipsométrica em povoamentos de eucalipto não desbastados, Demolinari (2006) encontrou coeficientes de determinação superiores a 90%. No entanto, deve-se ressaltar que estes autores avaliaram modelos mais elaborados que incluíam a altura dominante e a idade, bem como utilizaram dados de inventários contínuos.

Para a idade de 7 anos (Figura 3), todas as equações tiveram comportamento semelhante, com leve tendência de subestimação das alturas de árvores entre 20 e 25cm de DAP.

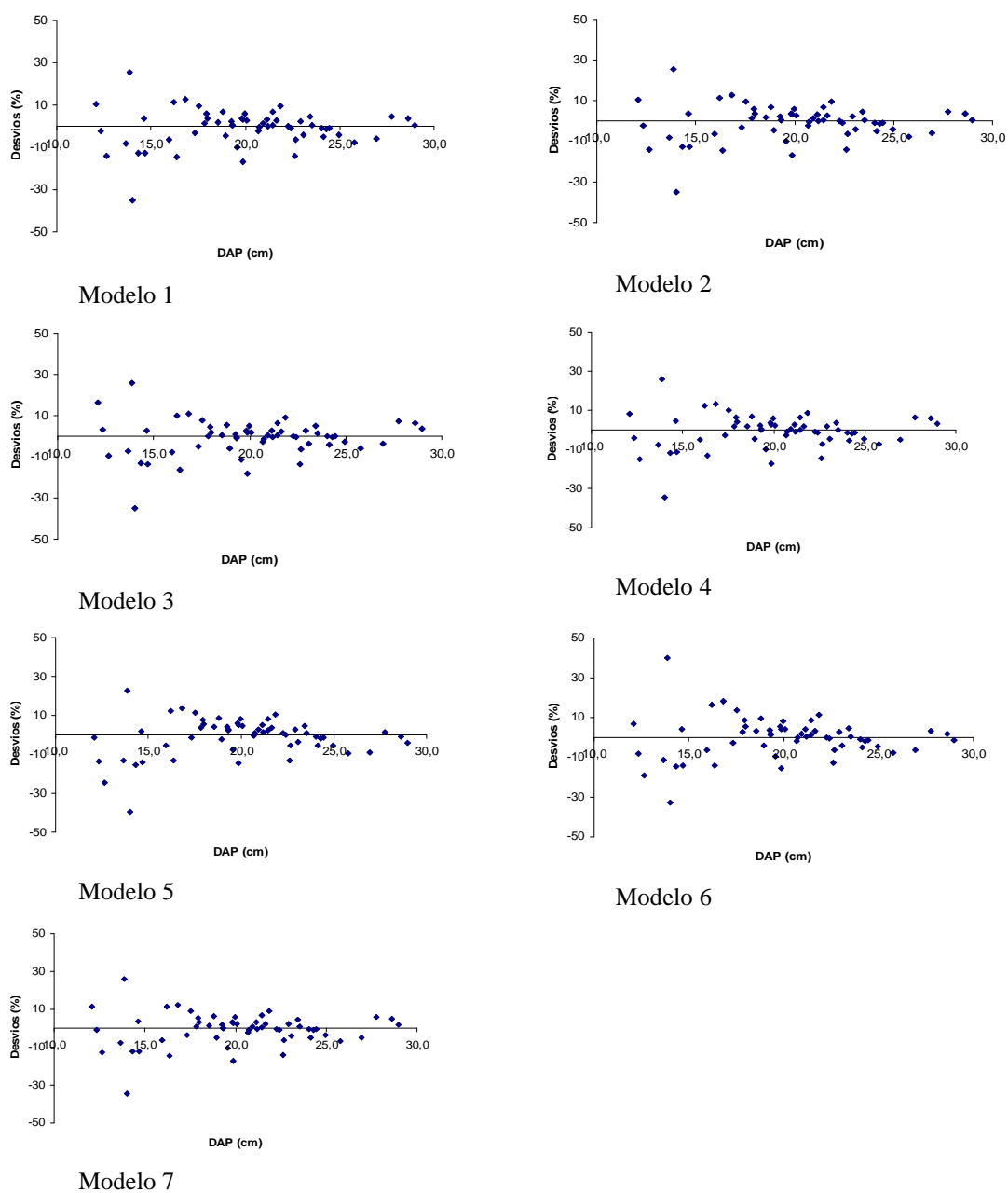


FIGURA 2: Resíduos percentuais em função do DAP para os modelos avaliados, considerando a idade de 6 anos.

FIGURE 2: Percentual residues in function of DAP for the evaluated models considering the age of 6 years old.

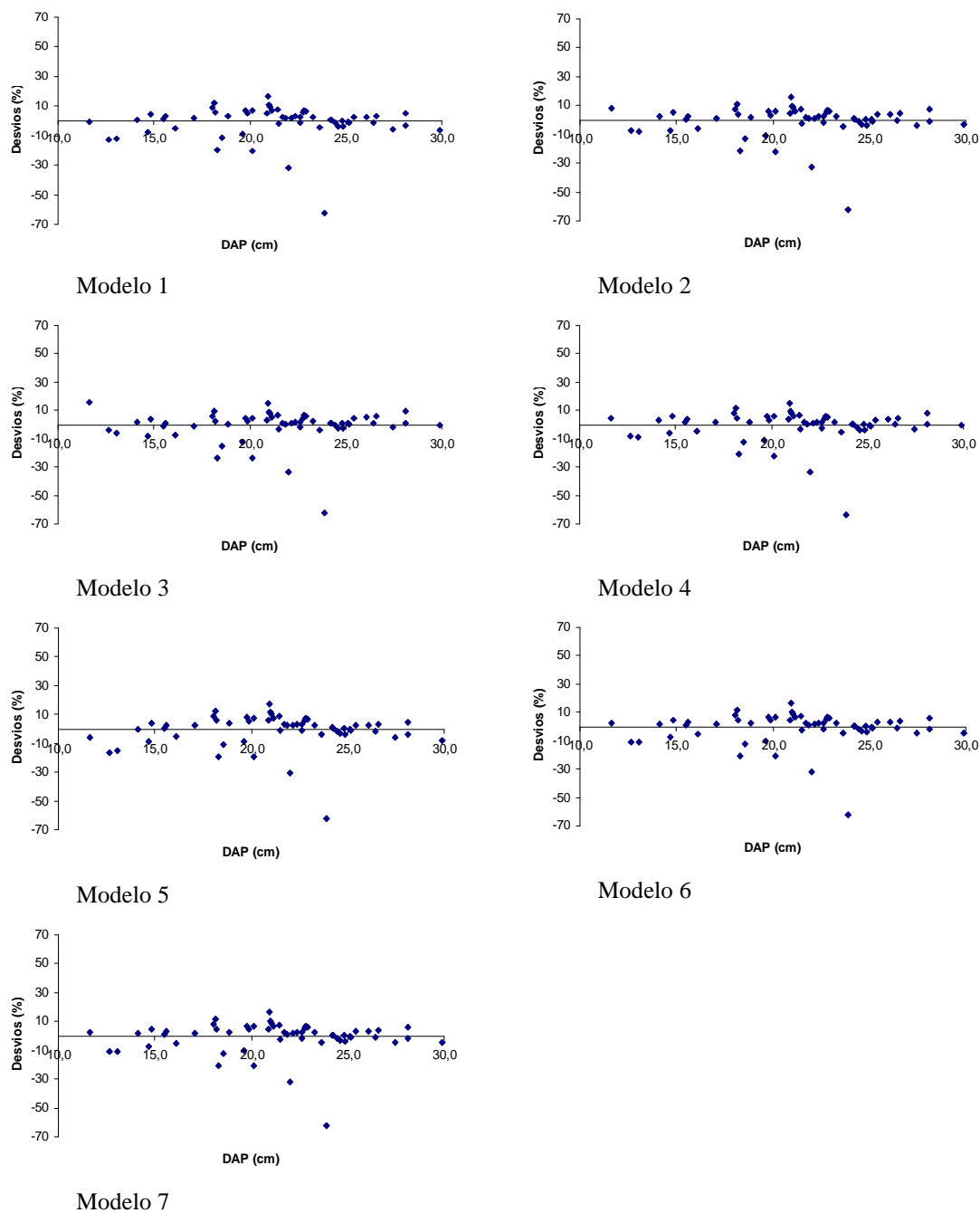


FIGURA 3: Resíduos percentuais em função do *DAP* para os modelos avaliados, considerando a idade de 7 anos.

FIGURE 3: Percentual residues in function of *DAP* for the evaluated models considering the age of 7 years old.

Avaliação do efeito da idade na estimação das alturas totais

De acordo com as medidas de precisão das equações (Tabela 1) e dos gráficos de resíduos (Figuras 1, 2 e 3), o modelo 7 apresentou uma ligeira vantagem em termos de precisão em todas as idades, em relação aos demais modelos. Assim sendo, a hipótese da influência da idade na relação hipsométrica foi verificada apenas para este modelo.

Na aplicação do teste de Qui-quadrado, encontrou-se os seguintes resultados: $\chi^2_{calculado} = 6,51$; $\chi^2_{(4;5\%)} = 9,49$ e $\chi^2_{(4;1\%)} = 13,3$; em que $\chi^2_{calculado}$ é igual ao valor calculado de Qui-quadrado; $\chi^2_{(4;5\%)}$ e $\chi^2_{(4;1\%)}$ correspondem, respectivamente, aos valores tabelados de Qui-quadrado para quatro graus de liberdade em nível de 5% e 1% de probabilidade. É importante esclarecer que, de acordo com o

apresentado por Regazzi (2003), os graus de liberdade equivalem ao número de parâmetros estimados para o modelo completo (6 no caso deste trabalho, ou seja, dois para cada grupo de idade) menos o número de parâmetros estimado para o modelo restrito (2 parâmetros). Como Qui-quadrado calculado foi menor que o tabelado, tanto para 5% quanto para 1% de probabilidade, pode-se dizer que as equações associadas ao modelo 7 foram estatisticamente iguais em nível de 5% e 1% de probabilidade.

Com isso, não se rejeitou a hipótese H_0 , significando que uma única equação pode ser empregada para estimar as alturas nas idades de 5, 6 e 7 anos. A equação ajustada com todos os dados foi:

$$\hat{H} = e^{(3,36892* -102,39017*/D^2)}$$

com $\bar{R}^2 = 66,43$; $s_{y,x}(m) = 1,81$ e $s_{y,x}\% = 8,18$.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando-se os modelos avaliados neste trabalho, nas diferentes idades, pôde-se concluir que:

- Os modelos avaliados apresentaram desempenho muito próximos em termos de medidas de precisão e comportamento dos resíduos, com ligeira vantagem para o modelo 7 e uma desvantagem um pouco mais nítida para o modelo 5. Este comportamento se manteve para todas as idades testadas.

- As equações ajustadas para o modelo 7, nas diferentes idades, não diferiram estatisticamente entre si em nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Qui-quadrado, indicando não ter havido influência da idade na relação hipsométrica.

Diante destes resultados, pode-se fazer as seguintes recomendações:

- Realizar trabalhos desta natureza em outras condições além das observadas neste trabalho, como por exemplo, diferentes qualidades de locais para produção, diferentes espaçamentos e diferentes materiais genéticos;

- Avaliar outros modelos, além daqueles avaliados neste trabalho;

- Utilizar dados de inventários contínuos nos ajustes das equações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal**: Perguntas e respostas. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 470 p.

COSTA, D.H.M.; REBELLO, F.K.; D'AVILA, J.L.; SANTOS, M.A.S.; LOPES, M.L.B. **Alguns aspectos silviculturais sobre o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber)**. Banco da Amazônia, Série Rural 2, p. 24, 1998.

COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v. 1, p. 33-44, 1986.

DEMOLINARI, R.A. **Crescimento de povoamentos de eucalipto não-desbastados**. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - UFV, Viçosa.

ENCINAS, J.I.; SILVA, G.F.; KISHI, I.T. Variáveis dendrométricas. **Comunicações Técnicas Florestais**. Brasília, v. 4, n. 1, p. 102, 2002.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. New Jersey: New York University, 1997. 1075 p.

KVALSETH, T.O. Cautionary note about R^2 . **The American Statistician**. v. 39, n. 4, p. 279-285, 1985.

MARQUES, L.C.T. **Comportamento inicial de paricá, tatatuja e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim marandu, em Paragominas, Pará**. 1990. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - UFV, Viçosa.

SBS. Disponível em : <<http://www.sbs.org.br>> Acesso em: 03 jun. 2004.

REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**. Viçosa: UFV, v. 50, n. 287, p. 9-26, 2003.

SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal 3**:Relações quantitativas: Em volume, peso e a relação hipsométrica. Lavras: DCF-ESAL,1993. 291p.

**AVALIAÇÃO DE MODELOS HIPSONÉTICOS TRADICIONAIS E GENÉRICOS PARA
*Acaciamangium***

**EVALUATION OF TRADITIONAL AND GENERIC HIPSOMETRIC MODELS FOR
*Acaciamangium***

Leandro Tose Martins¹; Elter Martins dos Santos²; Onair Mendes de Oliveira³; Diego Piva Cezana⁴;
Gilson Fernandes da Silva⁵; Adriano Ribeiro Mendonça⁶

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de testar modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para um povoamento de 294m² de *Acacia mangium* com 11 anos de idade, em um espaçamento de 3 x 2m localizado na Reserva Natural Vale no município de Linhares-ES. Para isto foram avaliados quatro modelos tradicionais e dois genéricos através coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), o erro-padrão residual absoluto (S_{yx}) e relativo ($S_{yx}\%$) além da análise gráfica de resíduos. Os modelos tradicionais e os genéricos mostraram-se eficientes para estimativa das alturas do povoamento sendo que o melhor modelo tradicional foi o 4 e o melhor genérico foi o modelo 6.

Palavras-chave: Relação hipsométrica; modelos tradicionais; modelos genéricos.

ABSTRACT

This work was developed with the aim of testing traditional and generic hypsometric models for 294 m² stand of *Acacia mangium* with 11 years of age, at a spacing of 3 x 2 m in Vale Nature Reserve located in Linhares-ES. Were analyzed four traditional and two generics models by the coefficients of determination (R^2), the absolute residual standard error (S_{yx}) and relative ($S_{yx}\%$) in addition to the graphical analysis of wast. Traditional and generic models were effective to estimate the heights of the settlement for which the best traditional model was 4 and the best generic model was 6.

Key words: Hypsometric relation; traditional models; generic models.

INTRODUÇÃO

Com intuito da redução de tempo e gastos para medições de alturas em inventários florestais, cada vez mais estudos são realizados para ajustes de relações hipsométricas, principalmente em florestas equiâneas. A grande maioria destes estudos foram desenvolvidos no Brasil para espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, por isto, atualmente, este tipo de informação é ainda incipiente para espécies que não são utilizadas comercialmente em plantios em grande escala no Brasil.

Neste contexto insere-se a *Acacia mangium*, nativa do norte do estado do Queensland na Austrália, Papua Nova Guiné e das ilhas de Irian Java e Molucas na Indonésia. Esta espécie possui estimativa de vida de cerca de 40 anos (LAMPRECHT, 1990).

Esta espécie tropical é considerada de rápido crescimento, possuindo idade de rotação média de 8 anos. Até 2002 era a espécie florestal mais plantada, com uma área comercialmente explorada no planeta de aproximadamente 600 mil hectares. É a mais utilizada no Sudeste Asiático, principalmente na

¹ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo. Rua Agenor Maline, nº306, CEP 29950-000, Alegre (ES). Bolsista CAPES. ltosemartins@hotmail.com.

² Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Nove de Agosto, nº 2953, CEP 29950-000. Bolsista CAPES. elterms@hotmail.com.

³ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Governador Lindemberg, 316, Jerônimo Monteiro-ES. Bolsista CAPES. onairmendes@yahoo.com.br.

⁴ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Governador Lindemberg, 316, Jerônimo Monteiro-ES. Bolsista CAPES. diegocezana@yahoo.com.br.

⁵ Engenheiro Florestal, Dr., Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, 316,, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). gfsilva2000@yahoo.com

⁶ Engenheiro Florestal, Dr., Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, 316,, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). adriano@cca.ufes.br

Indonésia e na Malásia. Pertence a família das leguminosas apresentando assim associação com bactérias do gênero *Rhizobium* tendo grande potencial para recuperação de áreas degradadas. Suas principais utilidades são para produção de celulose, construção civil, móveis e compensados (GALIANA, 2002).

Em inventários florestais, é possível obter informações quanto a variáveis dendrométricas com a finalidade de conhecer as características de determinado povoamento. As variáveis básicas de maior utilidade e de fácil obtenção são o diâmetro e a altura das árvores (SANTOS, 2010).

Segundo Schimidt (1977) a relação hipsométrica é a regressão de altura sobre o diâmetro e tem sido estudado por inúmeros autores através da utilização de um grande número de modelos matemáticos, os quais são mais ou menos eficientes conforme composição do povoamento e qualidade do sítio. A relação Hipsométrica permite estimar a variável altura a partir da medição de diâmetro. Vários modelos se adequam a esta relação porém seu uso indiscriminado pode levar a erros consideráveis já que vários fatores como: posição sociológica, sítio, idade e densidade podem influenciá-la (BARROS, 2002).

Dentre os modelos hipsométricos, são considerados tradicionais os que descrevem as alturas das árvores em função apenas dos diâmetros medidos a 1,30 m do solo (DAP) (SOARES et al. 2004). São considerados modelos hipsométricos genéricos os que apresentam como variáveis independentes características que influenciam a relação altura/diâmetro como a idade, o sítio (expresso pela média das árvores dominantes) e a densidade (BARROS, 2002).

Desta forma o objetivo deste trabalho foi testar a viabilidade da utilização de modelos tradicionais e genéricos para estimativa da altura para *Acacia mangium* em plantios homogêneos, bem como indicar o modelo tradicional e genérico testados com melhor ajuste para os dados obtidos da espécie em questão.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização do local

O estudo foi desenvolvido na Reserva Natural Vale. Esta se localiza ao norte do estado do Espírito Santo no município de Linhares, entre os paralelos 19° 06' a 19° 18' de latitude sul e os meridianos 39° 45' a 40° 19' de longitude oeste e está inserida em uma região de clima do tipo Awi de Köppen, tropical quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Possui precipitação pluviométrica média anual de 1200 mm e temperatura média de 23,3°C. O solo predominante da região é o podzólico amarelo (ROLIM, 2006).

Coleta de dados

Para a obtenção dos dados fez-se o monitoramento do povoamento de *Acacia mangium* através das medições da circunferência tomada a 1,30 m em relação ao solo (CAP) e altura total das árvores. O CAP foi convertido em diâmetro por sua simples divisão por PI (π). Os dados utilizados são provenientes do monitoramento ao longo dos anos, desde o primeiro até o décimo primeiro ano após plantio. Para o plantio foram utilizados 200g de superfosfato simples por cova. Além disso aplicou-se 20g de cloreto de potássio e 30g de sulfato de amônia aos 120 dias em cobertura. O povoamento estudado possui 294 m² e espaçamento 3 x 2m, totalizando 49 plantas.

Modelos de relação Hipsométrica

Com os pares de dados de diâmetro e altura das árvores, além das idades e alturas dominantes obtidos com os dados de inventário, foram ajustados quatro modelos tradicionais (modelos 1, 2, 3 e 4) e dois genéricos (modelos 5 e 6) de relação hipsométrica conforme apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: Modelos de relação hipsométrica

TABLE 2: Models of hypsometric relation

Modelo	Ajuste
1	$H = B_0 + B_1 DAP + \varepsilon$
2	$H = B_0 + B_1 \ln DAP + \varepsilon$
3	$H = B_0 + B_1 (1/DAP^2) + \varepsilon$
4	$H = B_0 + B_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$
5	$\log H = B_0 + B_1 (1/DAP) + \beta_2 (1/t) + B_3 (1/DAP) + \varepsilon$
6	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 H_{dom} + \varepsilon$

Em que: H = altura total da árvore; DAP = diâmetro a 1,30m do solo; β_i = parâmetros do modelo; H_{dom} = altura dominante; I = Idade (anos); ε = erro aleatório.

Para ajuste dos modelos considerou-se apenas árvores maiores que 5 cm de DAP. A altura

dominante foi calculada segundo o princípio de Assmann (1961) apud Schneider (2001) que considera que esta é a média das alturas das 100 árvores mais grossas por hectare. Sendo assim, proporcionalmente, considerou-se para o povoamento em questão que a altura dominante foi a média das alturas das 8 árvores mais grossas.

Para a seleção dos modelos foi analisado o do coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), o erro-padrão residual absoluto (S_{yx}) e relativo ($S_{yx}\%$) além da análise gráfica de resíduos. As respectivas fórmulas estão representadas a seguir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}$$

Em que: R^2 = coeficiente de determinação; y = valor observado da variável dependente;

\bar{y} = média dos valores observados da variável dependente.

$$R^2_{aj} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-k-1} \right) (1 - R^2)$$

Em que: R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; R^2 = coeficiente de determinação; n = tamanho da amostra; k = número de regressores.

Os resíduos em porcentagem foram obtidos pela seguinte fórmula:

$$res(\%) = \frac{(y - \hat{y})}{y} \cdot 100$$

Em que: $res(\%)$ = Resíduo em porcentagem. y = valor observado da variável dependente;

\hat{y} = valor estimado da variável dependente.

Os erros-padrões foram obtidos pelas seguintes fórmulas:

$$S_{yx} = \sqrt{QMR} \quad S_{yx}(\%) = \left(\frac{S_{yx}}{\bar{Y}} \right) 100$$

Em que: S_{yx} = Erro-padrão residual; $S_{yx}(\%)$ = Erro-padrão relativo; QMR = Quadrado médio do resíduo;

\bar{Y} = Média observada da variável dependente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estão apresentados na Tabela 2 os resultados pertinentes ao ajuste dos modelos com seus parâmetros e estatísticas de precisão (R^2 , S_{yx} , $S_{yx}(\%)$). Na Figura 1 estão apresentados os gráficos dos resíduos (%) para cada modelo testado.

TABELA 2 : Estimativas dos parâmetros e estatísticas das equações de relação hipsométrica ajustadas para o *Acacia mangium*.

TABLE 2 : Estimates of the parameters and statistics of the hypsometric relation equations adjusted for *Acacia mangium*.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	S_{yx}	$S_{yx}(\%)$	R^2 (%)	R^2_{aj} (%)
1	2,6532*	0,7719*	-	-	2,36	17,95	68,04	67,96
2	-12,8851*	10,2047*	-	-	2,06	15,71	75,50	75,45
3	17,145*	-500,862*	-	-	2,37	18,07	67,60	67,52
4	-7,1123*	2,3159*	-0,0548*		1,91	14,58	78,94	78,84
5	19,8568*	-71,3945*	-11,0441*	3,6601*	1,62	12,35	84,93	84,82
6	-4,6544*	0,9797*	-0,0241*	0,7015*	1,27	9,64	90,82	90,75

*Todos os valores foram significativos a 5% de probabilidade pelo teste t de Student. *All values were significant at 5% of probability by Student's t test.

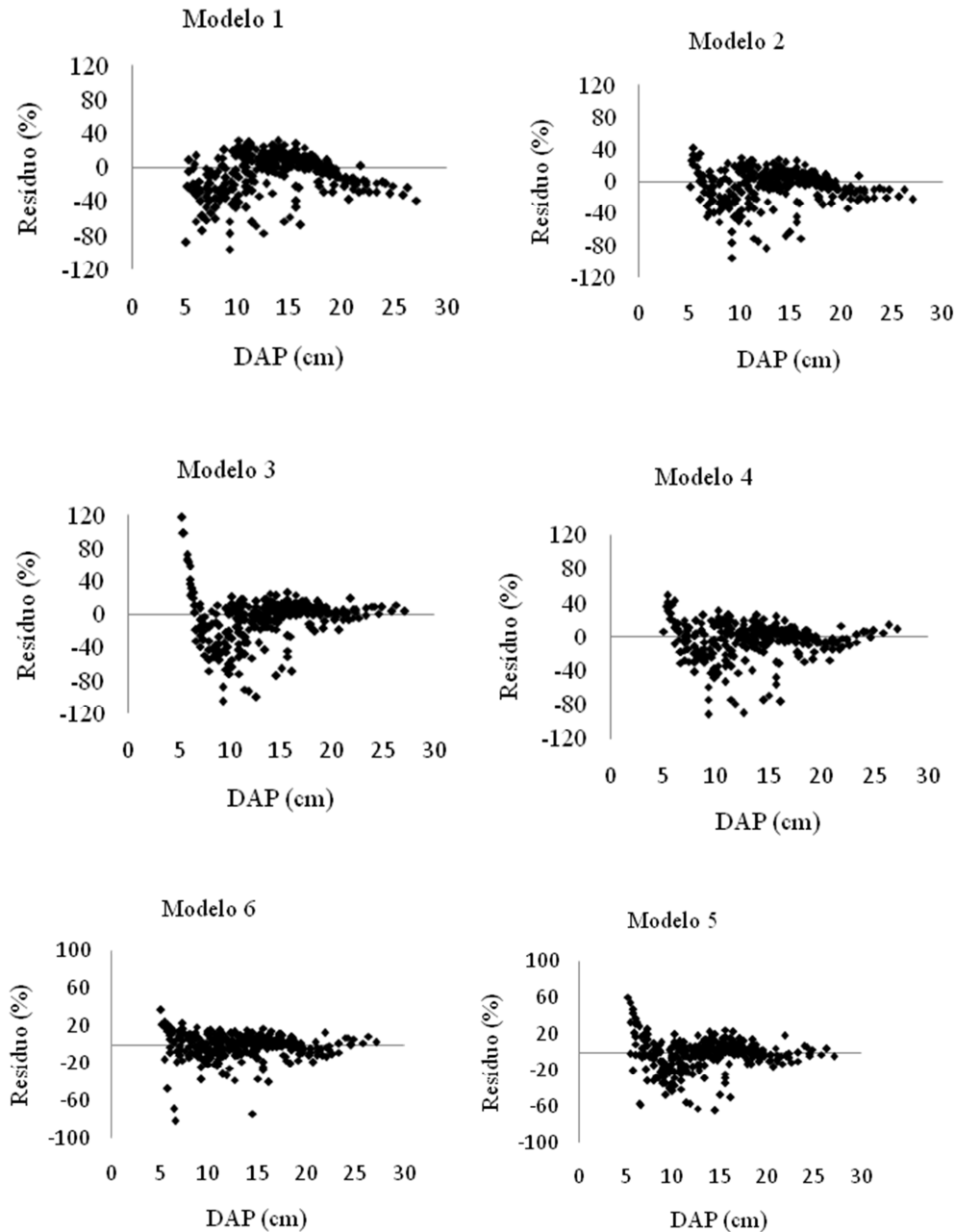


FIGURA 1: Gráficos de Resíduo (%) em relação ao DAP (cm) para todos os modelos avaliados.
 FIGURE 1: Graphs of waste(%) in relation to DAP (cm) for all models evaluated.

Observou-se que de modo geral os quatro modelos tradicionais apresentaram bons ajustes, com R^2_{aj} variando de 67,52 a 78,84%. Estes valores foram próximos aos encontrados por Barros et al. 2002 já que estes encontraram valores de R^2_{aj} variando de 71,10 a 83,75 % para *Pinus oocarpa* em diferentes idades. Já para os modelos genéricos os valores assumidos foram maiores, sendo 84,93 e 90,82 % para os modelos 5 e 6 respectivamente. Estes valores foram inferiores aos encontrados para modelos genéricos por Soares et al. (2004) (99,97%) para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden com dados de diferentes sítios e idades agrupados.

Os valores de S_{yx} (%) assumidos variaram de 14,58 (Modelo 4) a 18,07% (Modelo 3), valores relativamente altos quando comparados a ajustes realizados por Santos (2010) para *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com 72 meses de idade. Este autor encontrou valores que variaram de 6,5 a 7,92%. Isto provavelmente se deve ao fato de que os dados de diferentes idades agrupados possuem maior variação de altura dentro de cada classe de diâmetro. Já para os modelos genéricos os valores de S_{yx} (%) foram de 12,35 e 9,64% respectivamente para os Modelos 5 e 6. Estes valores foram menores que os encontrados para os modelos tradicionais o que permite inferir que a adição das variáveis altura dominante e idade aumentaram a qualidade dos ajustes e precisão.

Quanto a análise gráfica dos resíduos, dentre os modelos tradicionais, o que apresentou melhor

distribuição dos resíduos foi o modelo 4, já que os modelos 1 e 2 superestimam as alturas à partir dos maiores diâmetros e o modelo 3 subestima consideravelmente as alturas de árvores com menores DAP. Para os modelos genéricos a distribuição dos resíduos foi mais uniformes para o modelo 6 quando comparado ao modelo 5.

CONCLUSÕES

Tanto os modelos tradicionais como os genéricos apresentaram de modo geral desempenho satisfatório para expressar as variações de altura ocorridas no plantio de *Acacia mangium*, onde os genéricos apresentaram melhor ajuste comparados aos tradicionais, sendo portanto uma ótima alternativa para ser utilizado nas condições apresentadas ao longo do trabalho. Dentre os modelos tradicionais o 4 foi o que apresentou melhor ajuste. Dentre os modelos genéricos o 6 foi o que apresentou melhor ajuste.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a empresa Vale por ceder os dados que foram utilizados para a produção do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, D. A.; MACHADO, S. A.; JÚNIOR, F. W. A.; SCOLFORO, J. R. S. **Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 45. P. 3-28. Jul/dez. 2002.
- GALIANA, A.; BALLE, P.; GUESSAN KANGA, A. N.; DOMENACH, A. M. Nitrogenfixation estimated by ¹⁵N natural abundance method in *Acacia mangium* Willd. Inoculated with *Bradyrhizobium* sp. And grown in silvicultural conditions. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, p.251-262, 2002.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos.** Rossdorf: TZ-Verl.-Ges, 1990, 343 p.
- SANTOS, F. R. **Caracterização dendrométrica e avaliação econômica de povoamentos de Eucalipto para multiprodutos.** 2010.124f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.
- SCHIMIDT, P.B. **Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus taeda* L.** 1977. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Curitiba: UFPR, 1977.
- SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D.; GUIMARÃES, C. A. F.; SPATHELF, P. Produção de madeira e casca verde por índice de sítio e espaçamento inicial de acácia-negra (*Acaciamearnsii* DE WILD). **Ciência Florestal**. Santa Maria-RS. v.11. n.1. p.151-165.2001.
- SOARES, T. S.; SCOLFORO, J. R. S.; FERREIRA, S. O.; MELLO, J. M. de. Uso de diferentes alternativas para viabilizar a relação hipsométrica no povoamento florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.28, n. 6, p. 845-854, 2004.
- ROLIM, S. G. **Modelos e mecanismos de sucessão secundária na Floresta Atlântica em Linhares (ES).** 2006. 168p. Tese doutorado. Universidade de São Paulo : Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

DETERMINAÇÃO DA IDADE DO DESBASTE EM FLORESTA DE *Pinus* BASEADO NO ÍNDICE DE DENSIDADE DE POVOAMENTO

DETERMINATION OF AGE IN THE THINNING OF *Pinus* FOREST BASED ON STAND DENSITY INDEX

Ernani Lopes Possato¹; Elliezer de Almeida Melo²; Natalino Calegario³; Rômulo Barbosa Veloso⁴; Sabrina Mandarano Maciel⁵

RESUMO

O manejo florestal em povoamentos plantados, objetivando a produção de madeira para serraria, requer a realização de práticas silviculturais que proporcionem melhoria da qualidade do produto final, como árvores de maiores dimensões, fuste retilíneo e livre de nós. Neste sentido, as práticas de desrama e desbaste são indispensáveis. No entanto, em um regime de desbaste, definir a idade de intervenção não é simples e requer o conhecimento do crescimento da floresta e do grau de ocupação da área por madeira. A utilização do índice de densidade de povoamento (IDP), que consiste na relação entre o diâmetro médio quadrático (Dq) e o número de árvores por hectare (N) de um povoamento, contribui para determinar, de maneira não empírica, o grau de competição da floresta, indicando o momento do desbaste. A limitação do uso desta técnica está na indefinição da idade em que a floresta estará no IDP estabelecido para o desbaste, o que pode ser contornado por meio da utilização de um modelo de crescimento em Dq, em conjunto com o IDP. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a idade de desbaste, em um povoamento de pinus, por meio da associação de um modelo de crescimento em diâmetro médio quadrático com o índice de densidade de povoamento. Os dados utilizados foram coletados em uma rede de parcelas de inventário florestal localizadas em plantios comerciais de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com idades variando de 5 a 32 anos, em Nova Ponte – MG, totalizando 1.222 parcelas. Foram mensurados o diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores e a altura das árvores dominantes, além do número de árvores e a área das parcelas. O IDP relativo escolhido como referência para determinar o Dq máximo que a floresta deve ter no momento do desbaste foi de 50% do IDP para a espécie. Observou-se que a idade de intervenção variou de acordo com a capacidade produtiva, sendo que em povoamentos com melhor índice de sítio o primeiro desbaste ocorrerá aos 6,6 anos, enquanto que no pior sítio será de 9,4 anos. O regime de desbaste em florestas adensadas, onde a capacidade produtiva é elevada, deve receber maior atenção por parte do silvicultor, pois a competição se torna intensa logo nos primeiros anos após o plantio e o crescimento das árvores remanescentes, após o desbaste, pode ser prejudicado caso este seja realizado de forma tardia.

Palavras-chave: Pinus; desbaste; IDP.

ABSTRACT

The even-age stands forest management aiming sawlog production requires silvicultural practices to provide a better quality product, such as larger trees, straight stem and saw board free of knots. Thus, pruning and thinning practices are indispensable. However, in a thinning regime, it is complex to find forest intervention time and it demands forest growth and area timber occupation degree knowledge. The stand density index (SDI), which is the relationship between quadratic mean diameter (D) and the number of trees per hectare (N) of a stand, contributes to determine, in a non-empirical way, when forest starts competition, indicating the thinning time. The use of this technic is limited by the uncertainty age in which the forest will be in the SDI established to thinning occurs, which can be solved by the use of a Dq growth model with SDI. Therefore, the aim of this paper was determine the thinning time in a pine stand through the association of a growth model the quadratic mean diameter with stand density index. The database used was collected in a inventory plots network located in a *Pinus caribaea* var. *hondurensis* stand, ages ranging from 5 to 32 years, in Nova Ponte city - MG, totaling 1,222 plots. Was measured diameter at breast height (DBH)

¹Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Bolsista FAPEMIG. epossato@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. elliezmelo@hotmail.com

³Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal. calegari@dcf.ufla.br

⁴Matemático, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Bolsista FAPEMIG. romulo.veloso@unimontes.br

⁵Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. sabrina_mandaranomaciel@yahoo.com.br. Universidade Federal de Lavras. CP 3037, CEP 37200-000, Lavras MG

of all trees and height of dominant trees, besides the number of trees and the area of the plots. The relative SDI chosen as reference to determine the maximum D_q that the forest must have at the time of thinning was 50% of SDI for the species. It was detected that the intervention time varied according to the site, whereas in better site index stands, the first thinning should occur at 6.6 years, as well as in worst site index stands, forest will reach the SDI established at 9.4 years. Dense stand thinning regime, with high production capacity, should have more attention by the forester, because competition becomes more intense soon, what could affect growth response after thinning if it is realized later.

Keywords: pine; thinning; SDI.

INTRODUÇÃO

Para uma mesma idade, os povoamentos florestais manejados com desbastes produzem madeira de maiores dimensões, principalmente em diâmetro, quando comparados com povoamentos não desbastados. Isto acontece devido à retirada de árvores durante o ciclo de crescimento da floresta, diminuindo assim a competição pelos recursos de crescimento e aumentando o espaço ocupado por cada indivíduo. Apesar de conhecer os efeitos desta prática no crescimento das árvores, a definição de um regime de desbaste para um povoamento florestal é complexa e, uma das dificuldades, está em definir as idades em que ocorrerão as intervenções. A idade do primeiro desbaste, assim como as dos demais, pode ser definida de acordo com o grau de ocupação da área por madeira, obtido, por exemplo, pela área basal e pelos índices de densidade, sendo estes índices diretamente relacionados com a competição entre os indivíduos do povoamento.

O índice de densidade de povoamento (IDP), proposto por Reineke (1933), baseia-se na relação entre o número de árvores por unidade de área e o diâmetro médio quadrático (D_q). Este autor observou que a forma da curva de frequência em povoamentos de uma mesma espécie, independente da idade ou sítio, é essencialmente a mesma. O IDP, quando expresso de forma relativa, como porcentagem do índice de densidade da espécie (IDP%), pode ser diretamente relacionado com os estágios de crescimento da floresta (JACK e LONG, 1996). Segundo Long (1985), o crescimento da árvore individual é máximo quando IDP encontra-se entre 25 e 35%, enquanto que o máximo crescimento do povoamento ocorre entre IDP de 35 e 50%.

A escolha dos limites de IDP% para determinação do desbaste deve conciliar o máximo crescimento da árvore individual e do povoamento, porém aspectos como o objetivo do plantio e as características da floresta devem ser considerados, pois quanto mais próximo do IDP de 25%, menor será o volume de madeira extraído por árvore, o que pode afetar sua comercialização, sobretudo para o primeiro desbaste. Por outro lado, em IDP relativos acima de 55%, a resposta em crescimento das plantas remanescentes após o desbaste pode ser prejudicado devido ao excesso de competição que foram submetidas, acarretando em perda excessiva de área foliar, consequência do sombreamento e senescência da parte basal da copa.

A relação entre copa viva das árvores também pode ser associado ao IDP relativo devido ao fato de que esta relação está intrinsecamente ligada ao vigor das árvores. Para várias espécies de coníferas, árvores com a relação de copa viva de 40% são encontradas em povoamentos com IDP relativo igual a 50% (LONG, 1985). Para Daniel et al. (1979), citado Long (1985), árvores com 40% de copa viva são consideradas de vigor aceitável e, portanto, possuem capacidade de resposta de crescimento após o desbaste.

Apesar de não afetar o IDP o sítio, os tratamentos silviculturais, a idade, dentre outras características do povoamento, influenciam diretamente no tempo necessário para que o nível máximo de competição estabelecido seja alcançado. Desta forma, estas características são fundamentais para a determinação da idade de intervenção de desbaste em uma floresta equiânea. Neste contexto, objetivo deste trabalho foi determinar a idade do desbaste em um povoamento de pinus utilizando um modelo de crescimento em diâmetro médio quadrático, associado ao índice de densidade de povoamento.

MATERIAL E MÉTODO

Origem dos dados

Os dados foram originários de uma rede de parcelas de inventário florestal em plantios comerciais de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com idades variando de 5 a 32 anos, localizados na região de Nova Ponte – MG. No total, 1.222 parcelas de 100 a 705 m² foram utilizadas como base dos dados para o ajuste dos modelos, sendo que, em cada uma delas, foi medido o diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores e a altura das árvores dominantes, seguindo critério de Assmann. Além disso, foram utilizados os dados de número de árvores e o tamanho das parcelas.

Índice de densidade de povoamento (IDP)

Com base no fundamento teórico do índice proposto por Reineke (1933), somente as parcelas estocadas foram utilizadas para realizar o ajuste do modelo. Para isso, em cada diâmetro médio quadrático,

foram selecionadas as parcelas com os maiores números de indivíduos por hectare. Após a seleção, o número de parcelas selecionadas para o ajuste do modelo foi igual a 60, ou seja, 4,9% do total. Após a seleção das parcelas estocadas, os valores de diâmetro médio quadrático variaram de 13,9 a 31,7 cm e os de número de árvores por hectare ficaram entre 683 e 3.483. Devido à relação não linear entre as variáveis foi aplicado o logaritmo natural antes do ajuste da regressão (Equação 1).

$$N_i = \beta_0 \cdot (Dq_i)^{\beta_1} + \varepsilon_i \therefore \ln(N_i) = \ln(\beta_0) + \beta_1 \cdot \ln Dq_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Sendo que N_i é o número de árvores por hectare, Dq é o diâmetro médio quadrático, \ln é o logaritmo natural, $\beta_{0,1}$ são os parâmetros do modelo e ε_i o erro associado à estimativa da observação da i -ésima parcela.

Ainda, de acordo Reineke (1933), o IDP consiste no número máximo de árvores, por hectare, quando o Dq do povoamento é igual a 25,4 cm (Equação 2)

$$IDP = \beta_0 \cdot (25,4)^{\beta_1} \quad (2)$$

Para determinação do IDP foi utilizado a inclinação da reta proveniente do parâmetro β_1 ajustado na equação 1 e, de forma manual, o parâmetro β_0 foi alterado para que a linha média da regressão fosse movida paralelamente para cima até passar imediatamente acima dos dados (SOLOMON e ZHANG, 2002).

Após o ajuste, foi estabelecido o limite máximo de Dq ($Dq_{50\%}$) para um IDP relativo de 50%, ($IDP_{50\%}$) sendo fixado o N em 1.666 árvores, desconsiderando a ocorrência de mortalidade até o primeiro desbaste, conforme a seguir.

$$N = IDP_{50\%} \cdot \left(\frac{Dq}{25,4}\right)^{\beta_1} \therefore Dq_{50\%} = \left(\frac{IDP_{50\%} \cdot 25,4^{\beta_1}}{1.666}\right)^{\frac{1}{\beta_1}} \quad (3)$$

O β_1 utilizado na equação 3 corresponde ao parâmetro ajustado na equação 1.

Modelo de crescimento em Dq

Para determinar a idade técnica de desbaste, inicialmente foi realizado o ajuste do diâmetro médio quadrático (Dq) em função da idade, do número de árvores por hectare e da capacidade produtiva do povoamento (Equação 4), sendo esta última variável determinada pelo método da curva guia considerando 9 anos como a idade de referência.

$$\ln(Dq_i) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(N_i) + \beta_2 \cdot \frac{1}{I_i} + \beta_3 \cdot \ln(S_i) + \varepsilon_i \quad (4)$$

Onde, I é a idade, S é o índice de sítio e os demais conforme definição anterior.

Em seguida, para cada índice de sítio, fixando o N em 1.666, foi estimado o Dq do povoamento em diferentes idades. A idade do desbaste foi definida quando o Dq estimado pela equação 4 foi igual ao $Dq_{50\%}$.

Avaliação da qualidade do ajuste dos modelos

Os critérios utilizados para verificar a adequação do ajuste foram análise paramétrica, coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{ajustado}$) e desvio padrão residual (S_{xy}).

Processamento dos dados

O ajuste dos modelos, assim como as análises estatísticas, foi realizado no software estatístico R versão 2.10.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índice de densidade de povoamento

A significância dos parâmetros ($p < 0,01$) e os valores encontrados na análise estatística do ajuste da equação do índice de densidade de povoamento, apresentados na tabela 2, indicam a qualidade satisfatória do ajuste à base de dados. O parâmetro associado à inclinação da reta encontrado no ajuste foi próximo ao coeficiente proposto por Reineke (1933), indicando que a seleção das parcelas estocadas consiste em uma metodologia apropriada para adequação da base de dados antes do ajuste propriamente dito.

TABELA 1: Estatísticas utilizadas na análise dos modelos ajustados.

TABLE 1: Statistics used in the fitted models analysis.

Estatísticas	Expressões
Coeficiente de determinação - R^2	$R^2 = \frac{SQReg}{SQTotal} \quad (5)$
$R^2_{ajustado}$	$R^2_{ajustado} = 1 - (1 - R^2) * \left(\frac{n - 1}{n - p - 1} \right) \quad ((6)$
Erro Padrão Residual - S_{xy}	$S_{xy} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (n - p - 1)} \quad ((7)$
Erro Padrão Relativo - $S_{xy}(\%)$	$S_{xy}(\%) = S_{xy} / \bar{Y} \cdot 100 \quad (8)$

Em que: SQReg = soma de quadrado da regressão; SQTotal = soma de quadrado total; n = número de observações; p = número de parâmetros (Excetuando-se β_0); Y_i = valor observado da variável dependente; \hat{Y}_i = valor estimado da variável dependente; \bar{Y} = Média de Y.

TABELA 2: Equação e estatística do ajuste da relação número de árvores por hectare e diâmetro médio quadrático.

TABLE 2: Equation and statistical adjustment of the relative number of trees per hectare and quadratic mean diameter.

Equação	$R^2_{ajustado}$	$S_{xy}(N)$	$S_{xy}(\%)$
$E[Ln(N)] = -1,602184 * Ln(Dq) + 12,09179*$	91,86	218,49	13,88

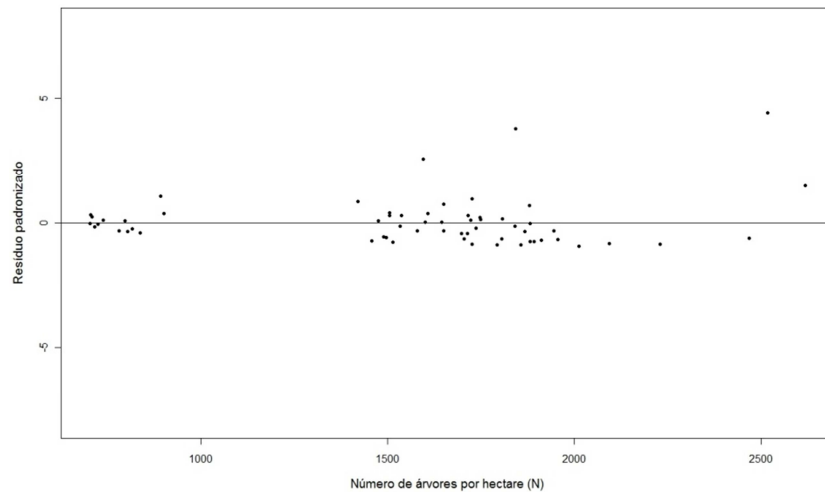


FIGURA 1: Distribuição dos resíduos do ajuste da equação do índice de Reineke (1933) em função do número de árvores por hectare estimado.

FIGURE 1: Distribution of residuals the fitted index equation Reineke's (1933) function on the estimated number of trees per hectare.

O valor encontrado para o parâmetro relativo à equação 1, de maneira que a reta

O ajuste no valor do β_0 para 12,51 foi suficiente para que a reta passasse sobre os dados das parcelas estocadas (Figura 2), mantendo a inclinação do ajuste realizado. Este novo valor do parâmetro proporcionou um IDP igual a 1.521 (IDP máximo ou 100%), o que representa a densidade máxima para povoamentos de *Pinus caribaea* var. hondurensis, em número de árvores por hectare, para um Dq de 25,4 cm.

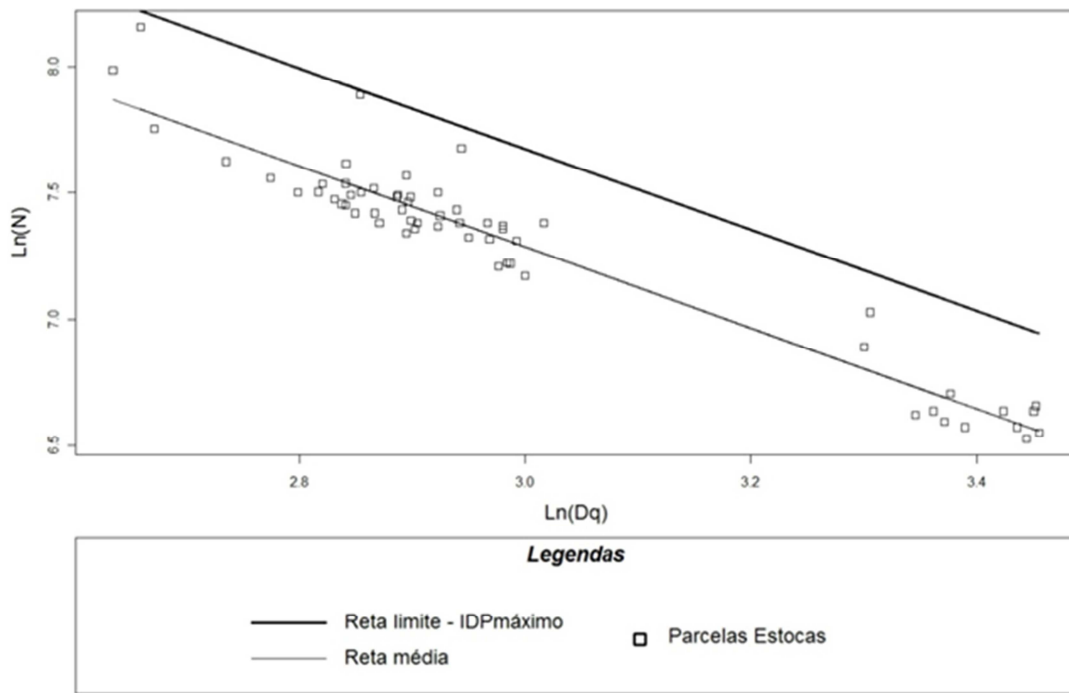


FIGURA 2: Relação logarítmica entre o número de árvores por hectare (N) e o diâmetro médio quadrático (Dq) de parcelas estocadas, contendo a reta ajustada pelo modelo de Reineke (1933) e a aquela correspondente ao limite máximo de densidade (IDP máximo).

FIGURE 2: Logarithmic relationship between the number of trees per hectare (N) and quadratic mean diameter (D) the stocked plots, containing the line set by the Reineke's (1933) model and that corresponding to the maximum density (SDI maximum).

Modelo de crescimento em diâmetro quadrático

O modelo de crescimento em Dq obteve ajuste satisfatório aos dados conforme resultados apresentados na tabela 3 e a análise de resíduo (Figura 3).

TABELA 3: Equação e estatística do ajuste do modelo de crescimento em diâmetro médio quadrático.
TABLE 3: Equation and the statistical model fit to quadratic mean diameter growth.

Equação	R ² _{ajustado} (%)	S _{xy} (cm)	S _{xy} (%)
$E[Ln(Dq)] = 2,707942* - 0,173037*.Ln(N) - 3,650555*. \frac{1}{I} + 0,647597*.Ln(S)$	95,42	1,63	7,91

* significativos a 99% de probabilidade

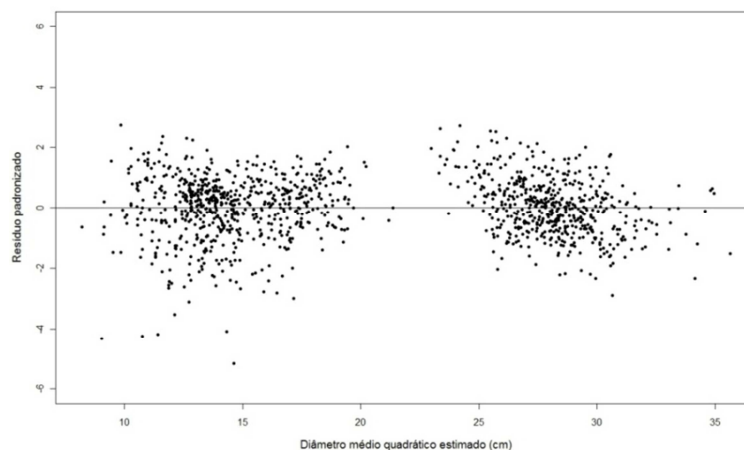


FIGURA 3: Distribuição dos resíduos do ajuste da equação de crescimento em diâmetro médio quadrático.
FIGURE 3: Distribution of residuals growth equation fitted in quadratic mean diameter.

Determinação da idade do desbaste

O valor encontrado para $Dq_{50\%}$, que corresponde ao IDP 50%, foi de 15,57 cm. Desta forma, o desbaste deverá ser realizado na idade em que a floresta estiver com este Dq . A qualidade do sítio influenciou na idade de intervenção do desbaste (Figura 4). Em locais onde os índices de sítio são iguais a 18 e 16, os mais produtivos, as idades em que o povoamento atingiu a limite de Dq estabelecido foram iguais a 6,6 e 7,7, respectivamente. Por outro lado, onde a capacidade produtiva é menor (índice de sítio 14) apenas aos 9,4 anos de idade o desbaste seria realizado. Este intervalo de idade para o primeiro desbaste para os diferentes sítios avaliados está de acordo com o praticado em outros trabalhos relacionados ao manejo de florestas do gênero *Pinus* tais como: desbaste aos 8 anos em *Pinus taeda* (MAINARDI et al., 1996), aos 7,5 anos em *Pinus elliottii* (SCHNEIDER e FINGER, 1993).

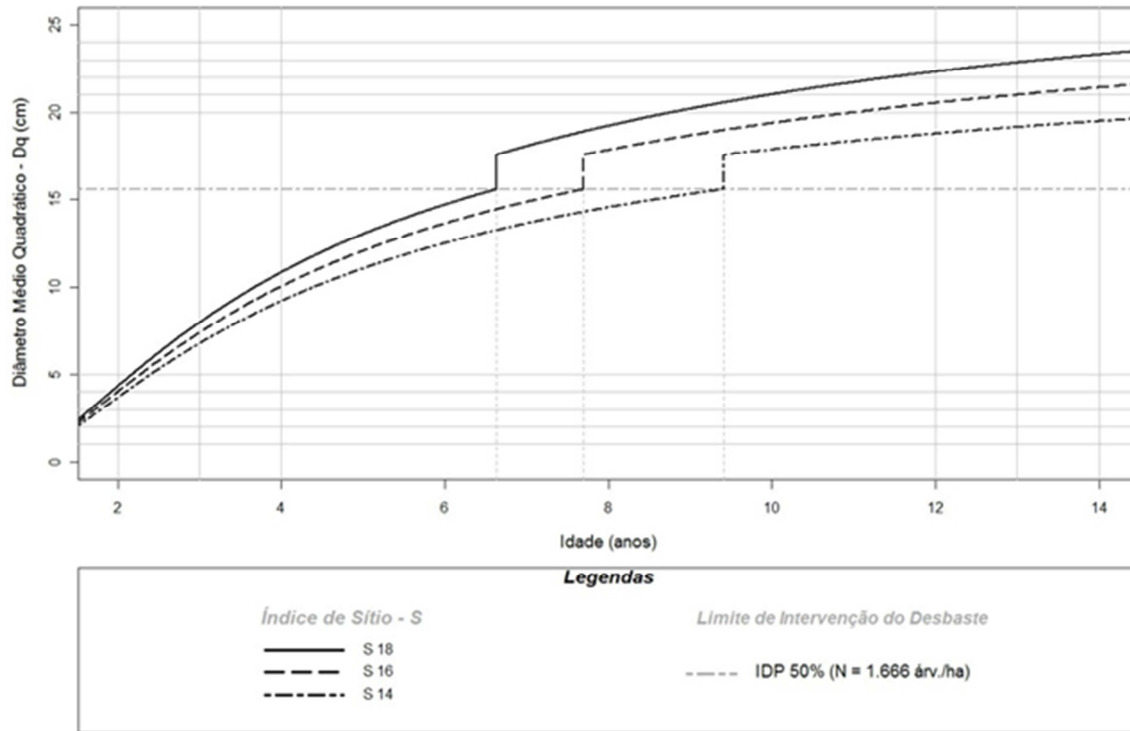


FIGURA 4: Curvas de crescimento em diâmetro médio quadrático de pinus, para cada índice de sítio, em função da idade, antes e após o primeiro desbaste.

FIGURE 4: Growth curves of pine quadratic mean diameter for each site index function on age, before and after the first thinning.

CONCLUSÕES

O modelo proposto é adequado para estimar o crescimento em diâmetro médio quadrático de povoamentos de pinus, o que, juntamente com o índice densidade de povoamento da espécie, consiste em uma maneira eficiente de conhecer de forma antecipada a idade do desbaste, facilitando o planejamento desta prática silvicultural.

O índice de sítio é uma importante variável na composição do modelo e, conseqüentemente, na determinação da idade de desbaste, devido sua influência no crescimento da floresta.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JACK, S. B.; LONG, J. N. Linkages between silviculture and ecology: an analysis of density management diagrams. **Forest Ecology and Management**, v.86, n.1-3, p.205-220, 1996. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811279603770X>>.

LONG, J. N. A practical approach to density management. **Forestry Chronicle**, v.61, p.23-27, 1985.

MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Produção de *Pinus taeda* L. na região de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.39-52, 1996.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.(2009)

REINEKE, L.H. Perfecting a stand density index for even aged forest. **J. Agric. Res.** v.46, n.7, p.627-638, 1933.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Influência da intensidade do desbaste sobre o crescimento em altura de *Pinus elliottii* E. **Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.171-184, 1993.

SOLOMON, D. S.; ZHANG, L. J. Maximum size-density relationships for mixed softwoods in the northeastern USA. **Forest Ecology and Management**, v.155, p.163-170. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000173385100015>.

**ANÁLISE DE VARIÁVEIS PARA AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DIMENSIONAL DE
ALBURNO E CERNE DE *Hovenia dulcis***

**ANALYSIS OF VARIABLES FOR ASSESSING THE DIMENSIONAL STABILITY OF THE
SAPWOOD AND HEARTWOOD *Hovenia dulcis***

Felipe Susin¹; Elio José Santini²; Manuela Duarte³; Douglas Edson Carvalho⁴;
Bibiana Regina Argenta Vidrano⁵

RESUMO

A massa específica é umas das propriedades físicas mais importantes da madeira, e apesar de não estar relacionada necessariamente a manifestação de defeitos durante a secagem da madeira. As variações dimensionais são uma das principais causas de defeitos durante tal processo. Este trabalho teve por objetivo estudar a retratibilidade e a massa específica básica e aparente a 12% de teor de umidade do cerne e alburno de *Hovenia dulcis*. Os resultados, de modo geral, indicaram menores valores de contração axial, radial e volumétrica para o cerne, e por outro lado, valores inferiores de contração tangencial e coeficiente de anisotropia para o alburno. Os menores valores de massa específica básica e aparente foram verificados para o alburno comparativamente com o cerne.

Palavras-chave: retratibilidade; *Hovenia dulcis*; massa específica; coeficiente anisotrópico.

ABSTRACT

The density is one of the most important physical properties of wood, and though not necessarily related to the manifestation of defect during the drying of wood. The dimensional variations are the main causes of defects during this process. This work aimed to study the shrinkage and basic density and apparent at 12% moisture content of heartwood and sapwood of *Hovenia dulcis*. The results generally showed lower values of contraction axial, radial and volumetric and secondly, lower values for tangential shrinkage and coefficient of anisotropy for the sapwood. The less basic values and apparent density were observed for the sapwood compared to heartwood.

Keywords: shrinkage; *Hovenia dulcis*; density; anisotropic coefficient.

INTRODUÇÃO

A madeira é um material higroscópico, orgânico, de estrutura complexa e heterogênea, que aumenta e diminui as suas dimensões de acordo com a umidade do ambiente (SILVA et al., 2006). De acordo com Oliveira e Silva (2003) todo material higroscópico apresenta contração quando o seu teor de umidade do ponto de saturação das fibras (PSF) é reduzido até a condição absolutamente seca ou anidra. O fenômeno da expansão é o inverso, ou seja, quando a água adsorvida pela madeira, tende a penetrar entre as microfibrilas, causando, portanto, o afastamento delas e o consequente inchamento da peça de madeira como um todo (IPT, 1985).

Durlo e Marchiori (1992) afirmam que a variação dimensional da madeira, denominada retratibilidade, constitui uma das propriedades mais significativas na qualificação da madeira, pois afeta consideravelmente o emprego industrial da mesma. Os autores ainda afirmam que as variações dimensionais e a anisotropia são características indesejáveis da madeira, pois limitam o seu uso para diversas finalidades e exigem, dessa maneira, técnicas específicas de processamento e utilização.

¹Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). felipets_86@yahoo.com.br.

²Engenheiro Florestal, Dr. Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). ejsantini@gmail.com.

³Engenheira Florestal, Aluna Especial do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS) manu-florestal@hotmail.com

⁴Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). douglascarvalho@mail.ufsm.br.

⁵Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). bibianaargenta@gmail.com.

De acordo com Moreira (1999), pelo fato da madeira ser um material anisotrópico, as variações dimensionais observadas nesse material são diferentes ao longo dos três planos anatômicos. A maior alteração dimensional da madeira se manifesta no sentido tangencial aos anéis de crescimento, seguida pela alteração no sentido radial e, por último, no sentido longitudinal, quase desprezível.

Uma possibilidade para contornar os problemas decorrentes da retratibilidade é sugerida por Durlo e Marchiori (1992), que consiste na seleção da matéria prima. Para finalidades em que a estabilidade dimensional é um aspecto relevante devem ser utilizadas espécies de baixa retratibilidade.

Outro método que pode ser utilizado a fim de diminuir as retrações da madeira após o desdobro, é a secagem do material até ao teor de umidade correspondente ao de sua aplicação e à do ambiente em que será empregada. As características de retração da madeira são bastante diferentes entre as diversas espécies florestais, dependendo do modo de condução da secagem e do próprio comportamento da madeira, o que frequentemente leva a alterações da forma e à formação de fendas e empenamentos (OLIVEIRA et al., 2010).

Burger e Richter (1991) afirmam que a proporção de cerne e alburno varia dentro da própria espécie, idade, sítio, solo e clima. O alburno pode variar em espessura e número de anéis de crescimento, com 4 a 6 cm de espessura radial. Pode exceder, no entanto, a 15 cm de espessura radial (MILLER, 1999).

Com relação a espécie utilizada no estudo, Rigatto et al. (2001) afirma que sua madeira é moderadamente pesada (0,50 a 0,72 g/cm³). Os potenciais de utilização da madeira da uva do Japão são diversos, podendo ser na construção civil, marcenaria, vigas, caibros, tábuas, assoalho, moirões, sendo usada na fabricação de móveis e laminados. Além disso, tem aproveitamento na indústria de celulose e papel e como fonte energética (CARVALHO, 1994).

Além disso, a madeira de uva do Japão apresenta uma transição nítida entre os lenhos alburno e cerne, sendo o primeiro de coloração mais clara, tendendo a um amarelo claro e o último de coloração castanho avermelhado.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a massa específica básica e aparente, além de parâmetros indicadores da estabilidade dimensional da madeira de *Hovenia dulcis*, de modo a comparar peças provenientes do alburno e do cerne.

MATERIAL E MÉTODO

Para realização desse estudo foram utilizados 34 corpos de prova de madeira de uva do Japão (*Hovenia dulcis*), provenientes do cerne e alburno, totalizando 68 peças. As amostras foram confeccionadas através de seleção aleatória de cinco tábuas previamente secas, desdobradas a partir primeira tora com 3,0 m de comprimento de árvores de uva do Japão com aproximadamente 35 anos de idade. As árvores foram abatidas de um povoamento situado na Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa em Recursos Florestais (FEPAGRO FLORESTAS), localizado no Distrito de Boca do Monte no município de Santa Maria, RS. Os corpos de prova foram confeccionados no Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (LPF-UFSM), com auxílio de serra circular de mesa e destopadeira.

As amostras utilizadas apresentavam orientação dos planos anatômicos, e possuíam dimensões nominais de 2,0 x 2,0 x 4,0 cm, espessura, largura e comprimento, respectivamente, apresentando um volume de 16cm³, de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

O material foi levado para câmara climatizada com temperatura de 22°C e umidade relativa de 60%, com o intuito de climatizá-los ao teor de umidade de aproximadamente 12%, para determinação da massa específica aparente pelo método direto. A massa específica aparente ou densidade aparente, cuja unidade é dada em g/cm³, é a razão entre o volume e a massa do corpo de prova, ambos a 12% de umidade. O mesmo procedimento foi utilizado para determinar a massa específica básica, que consiste na razão entre o volume verde ou completamente saturado em água e a massa seca.

Após a determinação da avaliação a 12% de umidade, os corpos de prova tiveram seus planos anatômicos marcados com lápis de anilina, e em seguida foram submersos em água até estarem completamente saturados. Para verificação da condição saturada, foram realizadas avaliações até os corpos de prova atingirem massa constante, de acordo com recomendação da norma NBR 7190.

Foram realizadas seis avaliações, sendo uma completamente saturada, outra ao teor de umidade de equilíbrio da madeira e uma terceira ao teor de umidade igual a 0%. Além disso, foram procedidas outras três avaliações, duas intermediárias a saturada e ao teor de umidade de equilíbrio e uma entre este último e o teor de umidade igual a 0%. Nessas avaliações foi realizada a mensuração das dimensões de cada amostra e pesagem das mesmas, realizada com uso de paquímetro e balança digitais, com precisão de 0,01mm e 0,01g, respectivamente.

Foram estimadas, as variáveis massa específica básica ($\rho_{\text{básica}}$) e aparente a 12% de teor de umidade (ρ_{aparente}), utilizando as equações 1 e 2, respectivamente.

$$\rho_{\text{básica}} = \frac{\text{Massa}_{\text{seca}}}{\text{Volume}_{\text{saturado}}} \quad (1)$$

$$\rho_{aparente} = \frac{Massa_{12\%}}{Volume_{12\%}} \quad (2)$$

As deformações específicas de retração ou retratibilidade nos planos anatômicos axial ($\varepsilon_{r,1}$), radial ($\varepsilon_{r,2}$) e tangencial ($\varepsilon_{r,3}$) foi estimada utilizando as equações 3, 4 e 5, respectivamente.

$$\varepsilon_{r,1} = \left(\frac{L1_{sat} - L1_{seca}}{L1_{sat}} \right) * 100 \quad (3)$$

$$\varepsilon_{r,2} = \left(\frac{L2_{sat} - L2_{seca}}{L2_{sat}} \right) * 100 \quad (4)$$

$$\varepsilon_{r,3} = \left(\frac{L3_{sat} - L3_{seca}}{L3_{sat}} \right) * 100 \quad (5)$$

As deformações específicas de inchamento ou inchamento nos planos anatômicos axial ($\varepsilon_{i,1}$), radial ($\varepsilon_{i,2}$) e tangencial ($\varepsilon_{i,3}$) foi estimado utilizando as equações 6, 7 e 8, respectivamente.

$$\varepsilon_{i,1} = \left(\frac{L1_{sat} - L1_{seca}}{L1_{seca}} \right) * 100 \quad (6)$$

$$\varepsilon_{i,2} = \left(\frac{L2_{sat} - L2_{seca}}{L2_{seca}} \right) * 100 \quad (7)$$

$$\varepsilon_{i,3} = \left(\frac{L3_{sat} - L3_{seca}}{L3_{seca}} \right) * 100 \quad (8)$$

A variação volumétrica (Δ_{vol}) foi determinada em função das dimensões dos corpos de prova nas condições saturada e seca, de acordo com a equação 9.

$$\Delta_{vol} = \left(\frac{Vol_{sat} - Vol_{seco}}{Vol_{seco}} \right) * 100 \quad (9)$$

Complementarmente foi estimado o coeficiente de anisotropia (CA), que é a razão entre as contrações no plano tangencial e radial, fazendo uso da equação 10.

$$CA = \frac{\varepsilon_{r,3}}{\varepsilon_{r,2}} \quad (10)$$

A análise estatística foi realizada com o auxílio do software *Statgraphics*. Foi procedido o teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, e em seguida obtido o Coeficiente de Variação (CV) em percentual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos, foi elaborada a Tabela 1, onde são apresentados os valores da massa específica básica e aparente, retratibilidade e inchamento nos planos anatômicos axial, radial e tangencial, contração volumétrica total e o coeficiente de anisotropia para as amostras provenientes de alborno e cerne da madeira de uva do Japão.

A madeira de *Hovenia dulcis* apresenta, de acordo com Rigatto et al. (2001), uma massa específica aparente entre 0,50 e 0,72 g/cm³, sendo considerada como moderadamente pesada. No presente estudo, a massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio foi igual a 0,66 e 0,69 para alborno e cerne, respectivamente, apresentando diferença estatística significativa a um nível de 95% de probabilidade. Do mesmo modo, a massa específica básica apresentou diferença estatística significativa, com valores médios iguais a 0,53 g/cm³ para o alborno e 0,55 g/cm³ para o cerne. Klitzke et al. (2008), em estudo com *Hymenaea* sp., obtiveram maiores valores de massa específica básica e aparente para o cerne comparativamente ao alborno.

Kollmann e Côté Jr. (1968) afirmaram que, quanto mais alta a densidade da madeira, maior a sua contração ou expansão. Baseado nessa informação, e em razão da escassez de estudos referentes ao comportamento dimensional da madeira de uva do Japão, utilizou-se por comparar com outras espécies. Tais devem apresentar valores médios próximos para a massa específica, ou de modo a buscar bases para

comparação entre os lenhos.

TABELA 1: Massa específica básica e aparente, retratibilidade, inchamento, variação volumétrica e coeficiente de anisotropia de cerne e albarno de *Hovenia dulcis*.

TABLE 1: Basic and apparent specific mass, shrinkage, swelling, volumetric variation and coefficient of anisotropy of heartwood and sapwood of *Hovenia dulcis*.

Variável		Albarno	Cerne
Massa específica básica (g/cm ³)		0,53b (4,48)	0,55a (4,51)
Massa específica aparente (g/cm ³)		0,66b (4,25)	0,69a (4,63)
Contração (%)	Axial	0,27a	0,23a
	Radial	4,97b (9,95)	4,62a (9,98)
	Tangencial	8,09a (7,77)	8,20a (6,80)
Inchamento (%)	Axial	0,27a	0,23a
	Radial	5,24a (9,56)	4,85a (8,05)
	Tangencial	8,75a (8,55)	8,94a (7,40)
Variação volumétrica (%)		14,85a (10,06)	14,49a (9,57)
Coeficiente de anisotropia		1,63a (10,24)	1,77b (9,41)

¹ Em uma mesma linha, letras comparam as médias entre os tratamentos, sendo que as médias com letras iguais não se diferem estatisticamente ao nível de probabilidade de 5% de erro; entre parênteses, tem-se o Coeficiente de Variação (CV).

Referente às variáveis de retratibilidade, o cerne apresentou menor contração radial, com valor médio igual a 4,85%, diferindo estatisticamente do albarno, que apresentou contração média de 4,97%. Quanto a retratibilidade no plano tangencial, o cerne apresentou maior valor médio, comparativamente ao albarno, sendo que o primeiro foi igual a 8,20% e o segundo 8,09%, não diferindo estatisticamente entre si. No plano axial, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos. A variação volumétrica ou coeficiente de contração volumétrica foi maior para o albarno comparado ao cerne, com valores médios iguais a 14,85% e 14,49%, respectivamente.

Klitzke et al. (2008) em estudo com *Hymenaea* sp., verificaram maiores contrações radiais e tangenciais para amostras de albarno em relação as de cerne. A mesma tendência foi constatada para o coeficiente de contração volumétrica, sendo que, para três variáveis citadas, verificou-se diferença significativa.

O mesmo comportamento observado para a contração foi verificado para o inchamento, onde o albarno apresentou valor médio igual a 5,24% para o inchamento radial e o cerne 4,85%. No plano tangencial, o albarno apresentou menor inchamento comparado ao cerne, com valor igual médio a 8,75% e 8,94%, respectivamente. Nestas duas variáveis assim como para o inchamento axial não foi verificada diferença significativa.

Kollmann e Côtê (1968) afirmaram que a contração axial de madeira varia normalmente entre 0,1% e 0,9% e que para a maioria dos usos, e que um valor em torno de 0,3% está mais próximo do adequado, valor semelhante ao verificado neste estudo para os lenhos albarno e cerne. Esses autores ainda afirmaram que a contração longitudinal varia inversamente com a densidade da madeira, o que não foi verificado no presente estudo.

Verificou-se um maior coeficiente de anisotropia para o cerne, com valor médio de 1,77, diferindo estatisticamente do albarno, que apresentou um fator anisotrópico médio igual a 1,63. O comportamento evidenciado neste estudo está de acordo com o constatado por Klitzke et al. (2008) para madeira de jatobá.

Silva et. al (2006) em estudo com *Eucalyptus grandis* com idades de 10, 14, 20 e 25 anos, obteve um valor médio para a contração axial, radial e tangencial igual a 0,45%, 6,09%, e 10,14, respectivamente. No mesmo estudo citado, obteve-se um coeficiente de anisotropia igual a 1,71, e segundo o autor, tais valores indicam alta instabilidade dimensional da espécie.

Analisando os valores médios obtidos com aqueles citados pelo autor acima, pode-se afirmar que, comparativamente a madeira de *Hovenia dulcis* apresenta uma melhor estabilidade dimensional que a madeira de *Eucalyptus grandis*, ressaltando a validade disso para as condições que ambos os estudos foram realizados.

Klitzke et al. (2008) afirmam que, apesar do menor coeficiente de anisotropia, o albarno apresenta maiores médias de contração total, significando que esta madeira é menos estável que a de cerne e, portanto, mais propensas a defeitos causados pela retratibilidade durante a secagem.

Apesar da madeira de albarno apresentar menores valores para as massas específicas básica e aparente, aquele apresentou maiores valores de contração axial, radial e volumétrica. Este resultado está em desacordo com o proposto por Kollmann e Côtê Jr. (1968), onde uma maior massa específica implica em maior contração.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a madeira de cerne, sob o aspecto da retratibilidade seria mais adequada para ser utilizada em razão da sua maior estabilidade dimensional, apesar do maior coeficiente anisotrópico. Além disso, a madeira de cerne possui maior massa específica básica e aparente que a madeira de alburno de *Hovenia dulcis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – ABNT. **Projeto de estruturas de madeira – NBR 7190:1996**. Rio de Janeiro: 1997. 107p.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CARVALHO, P. E. R. **Ecologia, silvicultura e usos da uva do Japão**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. 24p. (Circular Técnica, 23).

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série técnica, 10).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada**. Boletim ABPM, n. 36. São Paulo: 1985. 189p.

KLITZKE, R.J., SAVIOLI, D.L., MUÑIZ, G.I.B., BATISTA, D.C. Caracterização dos lenhos de cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 279. 2008.

KOLLMANN, F.F.P.; CÔTÉ JUNIOR, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968.592p.

MILLER, R.B. Structure of Wood. In:USDA/FPL. **Wood handbook**. Madison, 1999.

MOREIRA, W.S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

OLIVEIRA, J. T. S.; FILHO, M. T.; FIEDLER, N. C. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v.27, n.3, 381-385, 2003.

RIGATTO, P.A.; PEREIRA, J.C.D.; MATTOS, P.P.; SCHAITZA, E.G. **Características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Hovenia dulcis***. Colombo: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA FLORESTAS. Colombo, PR, 2001. (Comunicado Técnico, n. 66).

SILVA, J. C. et al. Variação da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.803-810, 2006.

EQUIVALÊNCIA VOLUMÉTRICA PARA ESTIMAR O VOLUME DE ÁRVORES DA AMAZÔNIA

VOLUMETRIC EQUIVALENCE TO ESTIMATE VOLUME OF TREES IN THE AMAZON

Fernando da Silva¹

RESUMO

Embora a legislação obrigue que nos Planos de Manejo Florestal as estimativas de volume sejam feitas por meio de equações volumétricas, na maioria dos casos o volume é estimado por meio de equações não apropriadas, ou ainda usando a fórmula do cilindro, corrigido com um fator de forma comum para toda a Amazônia que é arbitrado em 0,7 desde os primeiros inventários florestais realizados por peritos da FAO, na década de 50. No presente trabalho o objetivo foi avaliar a metodologia de estimativa de volume denominada Equivalência Volumétrica para estimar o volume individual de árvores na Amazônia central. A metodologia foi aplicada à dados de árvores nativas coletados em Itacoatiara – AM, e comparada com outra alternativa para obtenção de volumes individuais (fator de forma de 0,7). O erro médio para a aplicação da nova metodologia, calculado em função dos volumes reais das árvores amostradas, resultou em 5,8%, o cálculo por meio do fator de forma resultou em um erro médio de 4,2%,

Palavras-chave: Manejo florestal; dendrometria; inventário florestal.

ABSTRACT

Although the legislation requires that Forest Management Plans in volume estimates use volumetric equations, in most cases the volume is estimated by means of not appropriate equations, or by using the formula of the cylinder, corrected with a factor common form for the entire Amazon that is arbitrated in 0.7 since the first forest inventory carried out by experts from the FAO, in the 50's. In this study the aim was to evaluate the methodology for estimating volume called Volumetric Equivalence to estimate the volume of individual trees in central Amazonia. The methodology was applied to data from native trees collected in the Itacoatiara city, and compared with other alternative for obtaining individual volumes (form factor 0.7). The average error for the new methodology, calculated based on the actual volumes of sampled trees, resulted in 5.8%, the calculation through of the form factor resulted in an average error of 4.2%.

Keywords: Forest management; forest mensuration; forest inventory.

INTRODUÇÃO

O levantamento do potencial madeireiro em áreas florestais é imprescindível para a implantação de planos de manejo florestal, entretanto, na maioria dos casos, no Estado do Amazonas, o volume é estimado por meio de equações não apropriadas, e frequentemente, as estimativas são feitas usando a fórmula do cilindro, corrigido com um fator de forma comum para toda a região amazônica, este fator é arbitrado em 0,7 desde os primeiros inventários florestais realizados por peritos da FAO, na década de 50. Os profissionais mais cautelosos e conscientes utilizam as equações desenvolvidas na Flona de Tapajós ou na área do INPA em Manaus. Nestes dois casos as equações apresentam bons resultados, no entanto o uso para outras regiões, exige do técnico um pouco de discernimento e cautela uma vez que as equações foram desenvolvidas para sítios específicos, e pra serem utilizadas em outras regiões, a altura deveria ser incluída no modelo, o que representa em termos práticos um ganho na qualidade da estimativa e redução dos erros. No entanto, a medição da altura das árvores na região amazônica não é uma tarefa fácil, para não dizer impraticável, uma vez que demanda muito tempo e acaba por onerar o levantamento. Por estas razões, quando os técnicos se deparam com a necessidade de medir altura das árvores em inventários na Amazônia, estas são invariavelmente, “chutadas”.

Com o Decreto nº 5.975 de 30/11/2006, que substituiu o Decreto 2.788 (Manejo Florestal na Amazônia) e Instrução Normativa IN 05 de 11/12/2006 (Instruções para elaboração do Plano de Manejo Florestal), nos inventários florestais, as estimativas do volume de madeira, passaram a ser obrigatoriamente feitas por meio de equações volumétricas. A inexistência de equações para os diversos sítios acaba por criar uma situação incômoda tanto para os técnicos quanto para as empresas uma vez que as estimativas passam a ser feitas por métodos meramente ilustrativos e sem fundamentação teórica, o que

¹Engenheiro Florestal, Mestrando do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil - silvaforestal@gmail.com MCT – INPA – CPST - Programa de Pós Graduação em Ciências de Florestas Tropicais. Av. André Araújo, 2936 – Aleixo, Caixa Postal: 478 Campus III V.8. CEP: 69.011-970 – Manaus, Amazonas – Brasil.

gera resultados pouco confiáveis, comprometendo as avaliações.

Péllico Netto (2004), propôs uma metodologia para estimativa do volume de árvores, denominada de Equivalência Volumétrica, esta fundamenta-se no princípio de que sempre será possível obter o volume de um cilindro regular equivalente ao volume real de uma árvore, e apresenta-se como uma metodologia alternativa e promissora na coleta de dados volumétricos para ajuste de equações. O autor desenvolveu e aplicou a nova proposta para estimar o volume de árvores nativas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, amostradas na Estação Experimental de São João do Triunfo, PR, da UFPR, e comparou os resultados em relação aos volumes reais das árvores amostradas obtendo um erro em torno de 5%.

No presente trabalho o objetivo foi avaliar a metodologia desenvolvida por Péllico Netto, (2004), para estimar o volume individual de árvores na Amazônia central. A intenção é facilitar a coleta de dados volumétricos e melhorar a confiabilidade de inventários florestais, desenvolvendo modelos fundamentados na verdade de campo e não simplesmente usando fatores arbitrados ou mesmo chutando variáveis para estimar o estoque de madeira das florestas alvo de Planos de Manejo Florestal.

MATERIAL E MÉTODO

Dados

As árvores foram cubadas rigorosamente e escolhidas aleatoriamente com base na distribuição diamétrica. Destas foram medidos os diâmetros nas alturas relativas com 14 seções, por meio do método de Hohenadl, de: 0%, 10%, 20%, 30%, a 100% da altura comercial da árvore, bem como à 1,3m do solo (DAP). O volume real das árvores cubadas foi calculado por meio da equação de Smalian exposta a seguir.

$$\text{Vol} = \frac{\pi}{n} \left[\left(\frac{D_0^2 + D_{10}^2}{2} \right) + D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_9^2 \right] * \frac{hc}{10}$$

Onde: *Vol* = volume total com casca (m³); *D*₀, *D*₁, *D*₂...*D*₁₀ = diâmetro nas respectivas alturas de 0 a 95% do fuste; *Ht* = altura total (m), π = constante pi (3.141592...).

A área de estudo localiza-se no município de Itacoatiara, no Estado do Amazonas, a 227 km de Manaus. O acesso à propriedade é feito através da estrada Estadual da Várzea, a 2 km do km 227 da Rodovia Torquato Tapajós AM-010. A propriedade está localizada entre os paralelos 2° 43' e 3° 04' latitude Sul e as longitudes 58° 31' e 58° 57' Oeste de Greenwich. A área está classificada como Floresta Tropical Fechada de Terras Baixas da sub-região de baixos platôs da Bacia Amazônica. A precipitação pluviométrica anual é de cerca de 2200 mm, com menor volume mensal entre agosto e outubro. A temperatura média é de 26° C e a umidade relativa do ar é de 80%. Os solos estão classificados no grupo dos Latossolos Amarelos Distróficos, de acordo com o Mapa Geral de Solos do Brasil. A área está inserida na microrregião do Médio Amazonas, com baixa fertilidade natural, alta toxidez de alumínio, e solos de textura argilosa. As espécies emergentes características destas florestas são a *Dinizia excelsa* (angelim pedra) e *Manilkara cavalcantei* (massaranduba). Estas árvores alcançam grandes diâmetros, de entre 1,5 e 2,0 metros, e altura acima de 30 metros. Na parte superior do dossel, espécies tais como *Manilkara* spp, *Protium* spp, e *Pouteria* spp, são dominantes.

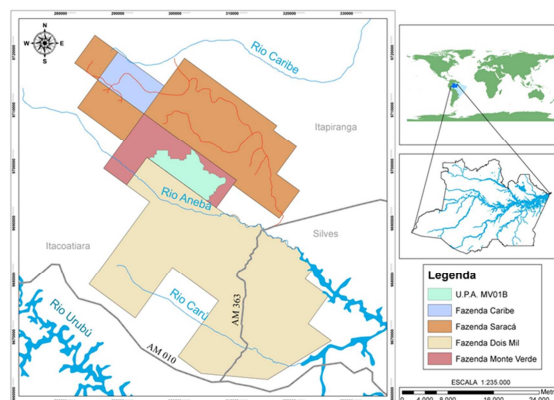


FIGURA 1: Localização da Área de Estudo.

FIGURE 1: Location of Study Area.

Equivalência Volumétrica

Os primeiros trabalhos sobre a forma das árvores iniciaram na Europa com Schiffel em 1889, sendo os mais recentes os estudos de Prodan e Girard em 1939. As teorias foram desenvolvidas para sólidos cuja forma se assemelha às árvores, e apresentam estrutura estável ao longo dos anos, característica comum nas espécies coníferas e algumas folhosas. Péllico Neto, (2004), fundamentou o novo conceito para o cálculo volumétrico de árvores, com base em uma revisão de procedimentos já conhecidos e consagrados: Fator de Forma, Função Volumétrica e Função de Forma.

O conceito e fundamentação teórica do método de equivalência volumétrica proposto em Péllico Neto (2004), derivou do trabalho deste mesmo autor para formalizar o desenvolvimento de sua função volumétrica, (PELLICO NETTO, 1979), e está a seguir transcrito.

Considere a formulação de Hohenadl para a obtenção do Fator de Forma Natural, λ_x .

$$\lambda_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i^2 - \frac{1}{n} \left[\left(\frac{d_{0,9}}{d_{0,i}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,7}}{d_{0,i}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,5}}{d_{0,i}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,3}}{d_{0,i}} \right)^2 + \left(\frac{d_{0,1}}{d_{0,i}} \right)^2 \right]$$

Nesta formulação, pode-se observar que o Fator de Forma Natural λ_x é uma média aritmética quadrática dos quocientes de forma naturais, η_i , referenciados a um diâmetro $d_{0,i}$. Hohenadl propôs que este diâmetro fosse tomado no décimo da altura da árvore ($d_{0,9}$), conforme está apresentado em Péllico Neto (1979) propôs modificações na formulação de Hohenadl como segue:

$$\lambda_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i^2 - \frac{1}{n} \left[\left(\frac{d_{0,9}^2 + d_{0,7}^2 + d_{0,5}^2 + d_{0,3}^2 + d_{0,1}^2}{n} \right) \right]$$

Como se pode observar, o que se encontra dentro do parêntesis é a média quadrática dos diâmetros tomados ao longo do fuste da árvore d^2_q , o que resulta em:

$$\lambda_x = \frac{1}{d_{0,i}^2} (d_q^2) = \frac{d_q^2}{d_{0,i}^2} = \left(\frac{d_q}{d_{0,i}} \right)^2$$

Tomando-se agora $d_{0,i}$ exatamente na posição onde se localiza o diâmetro quadrático (d_q), tem-se

$$\lambda_x = \left(\frac{d_q}{d_q} \right)^2 = 1^2 = 1$$

Nestas circunstâncias, com o Fator de Forma Natural igual a 1, o volume da árvore será obtido como segue:

$$V = W_q = \frac{\pi}{4} * d_q^2 * h * 1 = \frac{\pi}{4} * d_q^2 * h$$

Esta é uma realidade especial, pois o volume real da árvore é igual a um volume de um cilindro regular, com base em d_q , daí resultando a concepção de Equivalência Volumétrica, que está ilustrada na Figura 6.

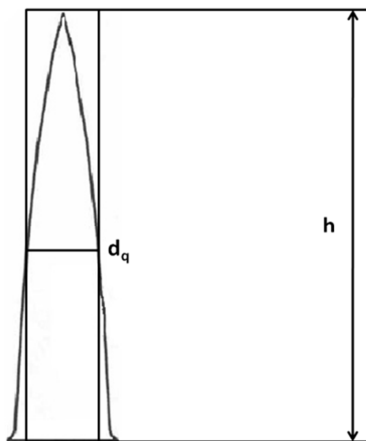


FIGURA 2: Equivalência Volumétrica para volume de árvores.
FIGURE 2: Volumetric Equivalence for trees volume.

Observe que esta é uma solução analítica muito interessante, porém apresenta problemas de ordem prática, pois o diâmetro quadrático médio (d_q) localiza-se geralmente um pouco abaixo do ponto médio do fuste e, portanto, inacessível para medição. Péllico Netto (1979), valendo-se das sugestões apresentadas por KO (1968), propôs o ajuste do diâmetro quadrático médio como função do diâmetro tomado a 1,30 m (DAP), valendo-se dos modelos matemáticos:

$$d_q^2 = a + b d_{1,3}^2 \text{ e,}$$

$$d_q^2 = a + b d_{1,3} + c d_{1,3}^2$$

Tais funções apresentaram excelentes ajustes a dados experimentais, com alta correlação entre d_q e $d_{1,3}$, e, o que permitiu seu uso prático. Pela substituição do ajuste proposto em (18) na equação volumétrica (16), resultou em:

$$V = \frac{\pi}{4} h \left(a + b d_{1,3} + c d_{1,3}^2 \right)$$

Que após a incorporação da constante $\pi/4$ aos coeficientes do modelo, obteve-se o nova função volumétrica:

$$V = \frac{\pi}{4} h \left(\beta_0 + \beta_1 d_{1,3} + \beta_2 d_{1,3}^2 \right).$$

Esta função pode ser facilmente ajustada por regressão linear, uma vez que, transformando-a na forma $V/h = y = \beta_0 + \beta_1 d_{1,3} + \beta_2 d_{1,3}^2$, os coeficientes β_0 , β_1 e β_2 podem ser facilmente obtidos pelo método dos mínimos quadrados.

Pellico Netto (2004), propôs um fator para correção da forma das árvores. Segundo o autor a incorporação deste fator de correção ao método possibilita eliminar algumas fontes tradicionais de erros, como variações ecológicas das espécies; variações da forma em uma mesma espécie, em função da idade e da qualidade dos sítios onde vegetam e erros dos ajustes de modelos de regressão linear. A concepção teórica deste fator de correção é a seguir descrita.

Das evidências apresentadas, pode-se afirmar que a maioria das árvores aproxima-se de um suave parabolóide, com muita proximidade a um cone em 80% do fuste, daí porque a redução de forma pode ser avaliada por meio da tangente do ângulo de inclinação do fuste ϕ , conforme se evidenciou na figura 7. Assume-se, nestas circunstâncias, que o ângulo ϕ , quando tomado na parte acessível do tronco, é muito próximo daquele mostrado na figura 7, o que garantirá a precisão da metodologia ora proposta. Sugere-se usar um intervalo entre a medida relativa do diâmetro tomado em 5% e aquele tomado em 15% da altura total da árvore para se obter o ângulo ϕ , conforme está mostrado na figura 10.

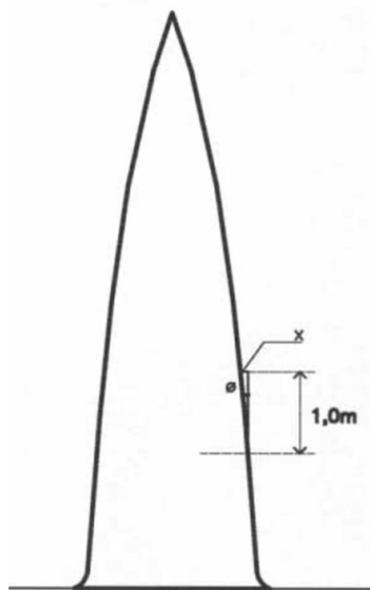


FIGURA 3: Obtenção da redução da forma do fuste por trigonometria.
FIGURE 3: Shaft from reducing trough trigonometry calculation.

Como se pode observar, a medida do valor de X deverá ser efetuada tomando-se os diâmetros $d_{0,05}$ e $d_{0,15}$, que depois de transformados em raios $r_{0,05}$ e $r_{0,15}$, permitirão obter o valor de X por subtração dos raios e o comprimento deste segmento “s” será obtido, no caso de se tomar 10 medidas relativas no fuste, como segue:

$$X = r_{0,05} - r_{0,15} \text{ e } s = \frac{h}{10}$$

$$\tan \phi = \frac{X}{s} \quad \phi = \tan^{-1} \frac{X}{s} \longrightarrow$$

X e S em metros

Tal procedimento permite estabelecer uma relação matemática entre δ e ϕ , cujo ajuste resulta em uma função muito próxima da linear. A função a ser ajustada entre δ e ϕ sendo uma reta, terá início sempre em 1, condição específica para o cilindro, remanescendo apenas a obtenção do coeficiente de inclinação da reta β para ser determinado. O modelo fica assim definido: $\delta = 1,000 + b\phi$.

Considerando-se a suavidade do parabolóide, com aproximação a um conóide em mais de 80% do fuste, a inclinação da reta b será obtida para cada árvore especificamente como segue:

- transformar as medidas dos diâmetros $d_{0,05}$, $d_{0,06}$ e $d_{0,15}$ em dados relativos, tendo como referência o diâmetro $d_{0,06}$, ou seja: $\eta_{0,01}$, $\eta_{0,06}$ e $\eta_{0,15}$;

- o ângulo ϕ poderá ser obtido a partir das medidas acessíveis tomadas nas referências relativas $0,05$ e $0,15$ da altura total como segue:

$$\phi = \tan^{-1} \frac{r_{0,05} - r_{0,15}}{1_{0,15} - 1_{0,05}} \quad \beta = \frac{1 - N_{0,15}}{X_{0,15} - X_{0,06}} = \frac{1 - N_{0,15}}{0,09}$$

O valor da constante β da reta que descreve o parabolóide, dado a função ter início sempre no valor 1. Com os valores de ϕ e β conhecidos para cada árvore, pode-se calcular o valor de δ , usando-se $\delta = 1,000 + b\theta$. O volume da árvore será finalmente obtido como segue:

$$v = \frac{\pi}{4\delta} d_{0,06}^2 * h .$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar o volume estocado em formações florestais, a variação na estrutura vertical pode afetar diretamente esse estoque. Na Amazônia, as florestas denominadas abertas, costumam apresentar árvores mais baixas quando comparadas a árvores em floresta densa. Entendendo que isto se deve entre outras características à diferentes condições de crescimento, espera-se que a forma do fuste das árvores apresente significativa diferença. Estudos recentes sobre biomassa de florestas Amazônicas aplicaram correções para a densidade da madeira e reconheceram a necessidade de adaptação alométrica para aperfeiçoar as estimativas. Nestes trabalhos foram feitas correções quanto à altura, pois entende-se que deixar de fazê-lo pode causar grandes distorções nas estimativas de biomassa. O mesmo entendimento tem-se em relação a variável volume. Buscando dar uma abordagem semelhante à mostrada por Péllico Netto, (2004), quando propôs o método aqui testado, apresenta-se na Tabela 1 as séries relativas de diâmetros tomados em 12 árvores com diâmetros variando de 10 a 70 cm, utilizadas para testar a eficiência das estimativas de acordo com a concepção de Equivalência Volumétrica.

TEBELA 1: Séries diamétricas relativas de forma conforme proposto por Hohenadl.
 TABLE 1: Relative series of diameter proposed by Hohenadl.

Arv	DAP	Hc	h%	0	0.05	0.06	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
180	10	9.5	di e/c	12	11	11	11	9	10	9	9	9	9	9	9	8	8
			hi	0	0.47	0.57	0.95	1.425	1.9	2.85	3.8	4.75	5.7	6.65	7.6	8.55	9.5
37	15	10.7	di e/c	18	17	17	16	13	14	13	14	14	13	13	14	12	12
			hi	0	0.53	0.64	1.07	1.60	2.14	3.21	4.28	5.35	6.42	7.49	8.56	9.63	10.7
36	20	9	di e/c	21	20	20	19	19	20	19	17	16	16	16	15	15	15
			hi	0	0.45	0.54	0.9	1.35	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9
3	25	16.4	di e/c	26	26	25	24	23	22	20.5	19.5	19	18.5	18	18	18	17
			hi	0	0.82	0.984	1.64	2.46	3.28	4.92	6.56	8.2	9.84	11.48	13.12	14.76	16.4
34	30	15.5	di e/c	31	31	31	31	29	29	28	27	27	26	25	24	23	23
			hi	0	0.77	0.93	1.55	2.325	3.1	4.65	6.2	7.75	9.3	10.85	12.4	13.95	15.5
29	35	21.7	di e/c	38	37	36	35	34	33	31	30	30	30	27	27	26	25
			hi	0	1.08	1.30	2.17	3.25	4.34	6.51	8.68	10.85	13.02	15.19	17.36	19.53	21.7
33	40	15.2	di e/c	42	41	40	39	37	34	32	30	29	30	29	28	24	28
			hi	0	0.76	0.91	1.52	2.28	3.04	4.56	6.08	7.6	9.12	10.64	12.16	13.68	15.2
28	45	15.7	di e/c	51	49	47	46	44	44	42	39	38	36	36	34	33	33
			hi	0	0.78	0.942	1.57	2.355	3.14	4.71	6.28	7.85	9.42	10.99	12.56	14.13	15.7
56	50	18.7	di e/c	56	54	52	48	45	41	39	38	38	36	35	31	32	31
			hi	0	0.93	1.122	1.87	2.80	3.74	5.61	7.48	9.35	11.22	13.09	14.96	16.83	18.7
151	55	11.5	di e/c	64	62	60	56	54	53	51	51	51	51	51	50	50	50
			hi	0	0.57	0.69	1.15	1.72	2.3	3.45	4.6	5.75	6.9	8.05	9.2	10.35	11.5
1	60	17	di e/c	66.5	64	62	60.5	58	58	56	55	54.5	50	50	46.5	48	48
			hi	0	0.85	1.02	1.7	2.55	3.4	5.1	6.8	8.5	10.2	11.9	13.6	15.3	17
93	70	20.3	di e/c	75	73	71	68	70	56	55	53	50	48	48	47	47	46
			hi	0	1.015	1.218	2.03	3.045	4.06	6.09	8.12	10.15	12.18	14.21	16.24	18.27	20.3

A Figura 4 apresenta os dados relativos médios ao longo do fuste como forma de descrever o afilamento da árvore. A visualização do perfil das árvores é fundamental para entender a aplicabilidade do método aqui avaliado, uma vez que a metodologia proposta busca uma forma para detectar matematicamente qual é a taxa de decréscimo do diâmetro da base para o topo, para cada fuste avaliado.

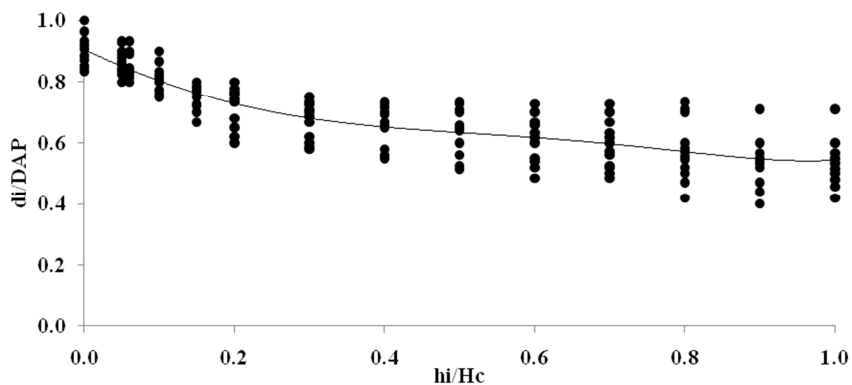


FIGURA 4: Dados relativos ao longo do fuste das árvores analisadas.
 FIGURE 4: Relative data along the bole of the trees analyzed.

Observa-se na Figura 4, conforme descrito amplamente na literatura florestal, o comportamento diferenciado apresentado pelas folhosas em relação as coníferas, o fuste não apresenta contínua redução do diâmetro ao longo de toda a sua extensão, este fato potencialmente pode interferir nos resultados das estimativas por equivalência volumétrica uma vez que este método propõe que o ângulo gerado pela redução do diâmetro entre os pontos 5 e 15% da altura pode representar de forma satisfatória um ponto médio onde o excesso da base seria compensado no topo, conforme Figura 2.

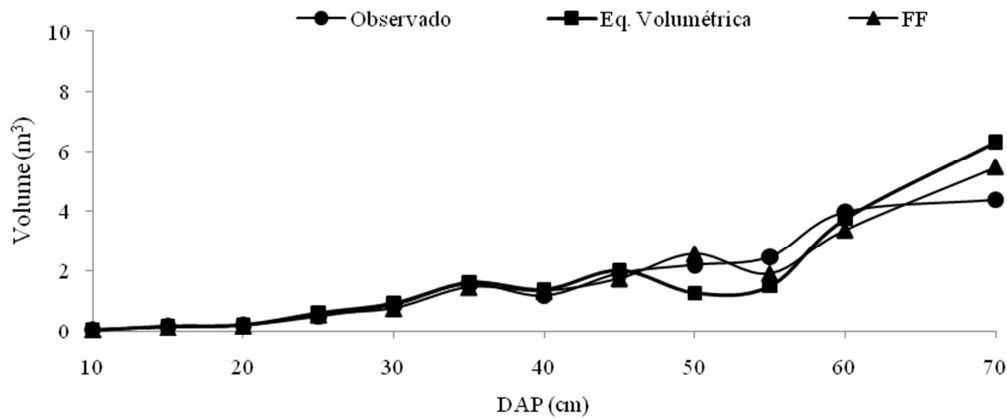


FIGURA 5: Análise das metodologias avaliadas em relação ao volume observado, por classe diamétrica.

FIGURE 5: Analysis of the methods evaluated in relation to the volume observed by diameter class.

A Figura 5 apresenta o comportamento das estimativas dos métodos Equivalência Volumétrica e Fator de Forma (0,7), em relação ao volume real para as árvores segundo o seu respectivo diâmetro. Observa-se a dificuldade de ambos os métodos de estimar com precisão os volumes de árvores de grandes dimensões, no entanto para o método de equivalência volumétrica isso pode ser explicado com base na conceituação no método. Na Figura 6 tem-se a discrepância relativa dos métodos o que permite uma avaliação mais criteriosa.

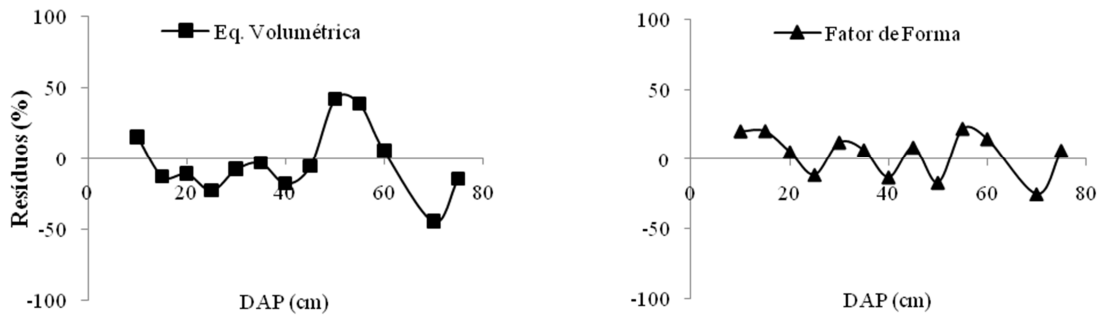


FIGURA 6: Desvio relativo dos volumes estimados pelas metodologias em relação ao observado.

FIGURE 6: Relative deviation of the volumes estimated by the methods in relation to observed data.

Analisando a Figura 6, verifica-se que a metodologia de estimativa por Equivalência Volumétrica apresenta erros da ordem de 50% para árvores com DAPs maiores que 50 cm. Esse fato é problemático considerando que os erros nas classes diamétricas superiores exercem grande impacto na porção economicamente mais valiosa da floresta, e em se tratando de florestas nativas esta é a porção da distribuição diamétrica passível de exploração.

Os maiores erros encontrados para este método devem-se ao fato de que a redução nos diâmetros não ocorre de forma contínua ao longo do fuste. Ao tomar uma taxa de redução do diâmetro com base em avaliações da base (5, 6 e 15%), embora estes valores sejam usados para estimar o ponto médio do fuste onde de fato se têm a equivalência volumétrica, considera-se que essa redução se dá de forma contínua, o que não é verdade para espécies folhosas como pode-se observar na Figura 4. Esta característica, pode ser considerada o ponto falho na metodologia proposta, tendo em vista que esta redução não ocorre para a maioria das espécies amazônicas.

Analisando o desempenho das estimativas realizadas utilizando Fator de Forma, verifica-se a mesma característica, no entanto em menor proporção, esta metodologia apresenta erros menores e mais homogêneos ao longo da distribuição diamétrica. Na Figura 7 estão apresentadas as linhas de ajuste entre os dados reais e observados para os métodos Equivalência Volumétrica e Fator de Forma.

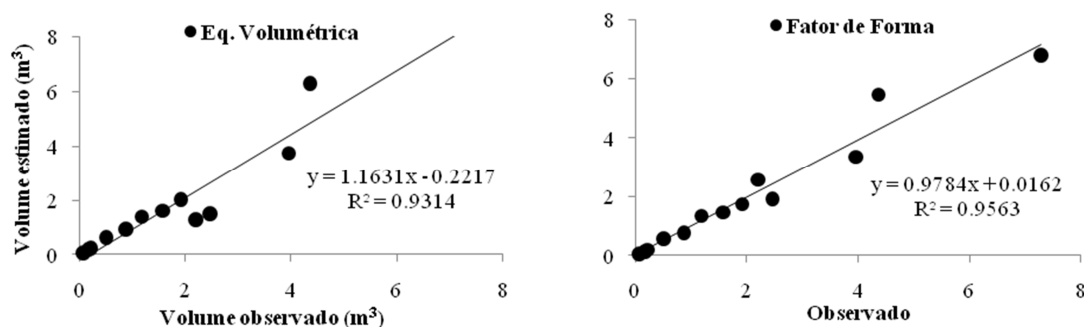


FIGURA 7: Análise de regressão entre dados observados e estimados.

FIGURE 7: Regression analysis between observed and estimated data.

Observa-se que apesar de apresentar um desempenho inferior ao Fator de Forma, a metodologia proposta por Péllico Neto, (2004), apresenta resultados satisfatórios. A correção do volume de cada árvore pela correção do volume de um cilindro tomado em um diâmetro acessível de 6% da altura total do fuste, apresenta-se como uma metodologia promissora, no entanto necessita de adaptação para ser aplicada para estimativa de árvores na Amazônia.

Ao considerar características de cada fuste conforme concluído pelo autor, o método elimina algumas fontes de erros tradicionais, como variações ecológicas das espécies; variações da forma do fuste em uma mesma espécie, em função da idade e da qualidade dos sítios, o que é particularmente interessante em se tratando de ambientes amazônicos onde há grande quantidade de espécies arbóreas e como consequência grande variação na forma dos fustes. O procedimento da Equivalência Volumétrica apesar de ser de fácil aplicação, não supera a aplicabilidade do Fator de Forma, no entanto a independência de variações ecológicas apresenta-se como um fator interessante desta metodologia. Sugere-se a realização de outros estudos visando aprimorar a metodologia, aplicando-a à um maior volume de dados, possibilitando resultados mais consistentes.

CONCLUSÕES

A aplicação do procedimento de Equivalência Volumétrica às 12 árvores, resultou em erro médio da ordem de 5,8 %. A aplicação do Fator de Forma (0,7) para o cálculo dos volumes das mesmas árvores resultou em erros médios de 4,2%.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e ao programa de Pós Graduação em Ciências de Florestas Tropicais do INPA, pelo apoio financeiro e institucional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PÉLLICO NETTO, S. Die Forstinventuren in Brasilien. Neue Entwicklungen und ihr Beitrag für eine geregelte Forstwirtschaft. **Mitteilungen aus dem Arbeitskreis für Forstliche Biometrie**. 1979. 232 s., (Dissertation).

PÉLLICO NETTO, S. Equivalência volumétrica: uma nova metodologia para estimativa do volume de árvores. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.2, n.1, p. 17-30, jan./mar. 2004.

KO, Y.Z. **Beziehungen zwischen Formquotienten und Formzahl**, Naturwissenschaftlich-Mathematische Fakultät der Albert-Ludwigs Universität zu Freiburg i. Br. 1968. 118 s. (Dissertation).

**REESTABELECIMENTO DA VEGETAÇÃO DE CERRADO *SENSU STRICTO* NO
SUBBOSQUE DE UM PLANTIO DE PINUS - UBERLÂNDIA, MG.**

**CERRADO VEGETATION REESTABLISHMENT IN THE UNDERSTORY OF A PINUS
STAND - UBERLÂNDIA, MG.**

Gastão V. Pinho Júnior¹; NAndré R. Terra Nascimento²; Barbara T. Valverde³; Lucas H. Clemente¹

RESUMO

Este estudo objetivou caracterizar a regeneração natural de espécies arbóreas encontradas no sub-bosque de um povoamento de *Pinus* sp. Para tanto, foram alocadas um total de 20 parcelas de dois tamanhos diferentes (4m² e 100 m²). Foram encontradas 36 espécies arbóreas e 23 famílias botânicas. As espécies arbóreas com maior densidade e valor de importância foram *Siparuna guianensis* Aubl, *Casearia sylvestris* Sw e *Miconia albicans* (Sw.) Triana as quais somam 56,7% do VI e 71% da densidade encontrada na regeneração natural (classe I). Na comunidade estudada foi observado um predomínio de espécies dispersas por animais (zoocoria), seguido da anemocoria, ressaltando a importância dos agentes bióticos na dispersão e na movimentação de propágulos das áreas naturais adjacentes ao povoamento. Os dados referentes à riqueza e densidade corroboram a literatura ao evidenciar a capacidade que plantios florestais homogêneos possuem em abrigar espécies nativas no seu sub-bosque, atuando por vezes, como catalisadores de um processo de sucessão secundária.

Palavras-chave: Espécies arbóreas; plantios de exóticas; silvicultura.

ABSTRACT

This paper aimed to describe the tree species regeneration in the understory of a *Pinus* sp. stand. We placed twenty plots of two distinct sizes (4m² e 100 m²) for this purpose. We found 36 tree species among 23 families. The tree species bearing the highest density and importance values were *Siparuna guianensis* Aubl, *Casearia sylvestris* Sw and *Miconia albicans* (Sw.) Triana which correspond to 56.7% of the IV and 71% of the density value for the natural regeneration in the area (class I). We found in the community a majority of animal dispersed seeds (zoochory) followed by anemochory highlighting the importance of biotic agents in the dispersal and transportation of propagules in the natural areas adjacent to forest stands. The density and species richness found support the literature, underscoring the capacity of homogeneous forest stands in fostering native species in its understory catalyzing sometimes, a secondary succession process.

Keywords: Tree species; alien tree plantations; forestry.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma área de florestas naturais equivalente a 517 milhões de hectares (sendo um total de 72 milhões de hectares correspondente ao Cerrado). A abrangência de nossa cobertura florestal chega a 524 milhões de hectares quando levamos em conta as áreas correspondentes às florestas plantadas – aprox. 6,6 milhões de hectares, o que equivale a 61,5% do território nacional, sendo dessa forma o Brasil o país com a segunda maior cobertura florestal do mundo, atrás apenas da Rússia. Dos aproximadamente 6,6 milhões de hectares de florestas plantadas no país, 93% correspondem respectivamente a plantações de *Eucalyptus* spp. (64,3% do total) e *Pinus* spp. (28,2% do total) (MMA, 2009).

Das 12 regiões do estado de Minas Gerais, o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é a que apresenta a maior área dedicada a silvicultura, com um total de 135.937 ha de áreas plantadas, sendo 97.267 ha dedicados ao Pinus e 38.690 ha dedicados ao Eucalipto, o que corresponde, respectivamente, a 6,33% e 26,97% do total plantado no estado. Em Uberlândia, as áreas dedicadas a silvicultura correspondem a 11.830 ha de plantações de Pinus, e 8.290 ha de plantações de Eucalipto, totalizando 20.120 ha de área plantada (BRITO, 2001).

¹Biólogo, Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG. E-mail: depinho@gmail.com

²Engenheiro Florestal, Dr. Professor adjunto do Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG. E-mail: arterra@inbio.ufu.br

³Acadêmico de Ciências Biológicas, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG.

A perda da vegetação primária nos países tropicais juntamente com o aumento das áreas degradadas e das florestas secundárias nestes países, paralelo ao crescimento dos plantios florestais, têm chamado a atenção dos pesquisadores sobre o papel que os plantios florestais podem desempenhar neste cenário de degradação e perda da biodiversidade. Dadas algumas características únicas das plantações florestais comerciais quando comparadas a outras monoculturas extensivas como ciclo longo, aplicação reduzida de pesticidas, alterações microclimáticas e da fertilidade do solo que propiciam a supressão de gramíneas invasoras dominantes, estas áreas tem se mostrado como ambientes mais permeáveis para a flora e fauna, provendo habitat para dispersores de sementes, o que por sua vez leva a recolonização de seus sub-bosques por espécies nativas, o que tem levado diversos autores a propor que espécies florestais plantadas desempenhariam o mesmo papel que espécies pioneiras desempenham sob condições naturais, favorecendo o aparecimento de um estrato regenerativo composto por espécies nativas em seu sub-bosque (LUGO, 1997; PARROTTA *et al.*, 1997; VIANI *et al.*, 2010).

Em face aos vários estudos realizados no Brasil, Viani et al. (2010) revisando trabalhos sobre regeneração em plantios puderam estabelecer os principais fatores determinantes deste processo: densidade de copas e disponibilidade de luz dentro dos plantios, idade do plantio, espécie florestal, distância de remanescentes de vegetação nativa, manejo e intervenção nas florestas plantadas e seu histórico de utilização dos recursos naturais.

Estudos com vistas a compreender o processo de regeneração natural em sub-bosque de plantios silviculturais devem levar em conta os fatores supracitados a fim de que se conheça melhor os mecanismos envolvidos neste processo. No mais, cabe lembrar que plantios florestais são em sua maior parte comerciais, buscando sempre maximizar os lucros através do menor custo, o que nem sempre implica em conservação e manutenção da biodiversidade local Parrotta et al. (1997).

Neste sentido o presente trabalho objetiva descrever a regeneração natural e a estrutura fitossociológica do componente arbóreo de cerrado s.s. sob um plantio de *Pinus* sp. na região do Triângulo Mineiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi realizado no município de Uberlândia, região do Triângulo mineiro no estado de Minas Gerais entre as coordenadas geográficas de 18° 55' 23'' de latitude sul e 48° 17' 19'' de longitude oeste de Greenwich e com uma altitude de 865m (PMU, 2008).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw Megatérmico, com verões chuvosos e invernos secos (ROSA et al., 1991).

As áreas do presente estudo estão localizadas na Fazenda Floresta do Lobo administrada pela pessoa física Susana Ribeiro de Mendonça e outros de propriedade da Agromen Sementes Agrícolas Ltda, localizada na BR050 km93, no município de Uberlândia. (Figura 1). A fazenda possui predominantemente os solos do tipo Latossolo amarelo e Latossolo vermelho-amarelo (HENRIQUES, 2009).



Fonte: Google Earth (2011).

FIGURA 1: Imagem da área amostrada (interior da talhão) e da área natural remanescente, Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia, MG.

FIGURE1: Image of the sampled area (inside the field) and the remaining natural area, Forest Farm of the Wolf, Uberlândia, MG.

Coleta e análise dos dados

Para o presente estudo foi analisada a regeneração da comunidade arbórea no sub-bosque de um talhão de *Pinus* sp. Dentro do talhão foram dispostas perpendicularmente ao fragmento florestal quatro linhas paralelas distando 30 m entre si, nas quais foram alocadas 20 parcelas (5 por linha) de 10x10m (100m²). Dentro de cada parcela principal de 10x10m foi alocada uma sub-parcela de 2x2m (4m²).

Na parcela de 4 m² (Classe I) foram mensuradas todas as espécies arbóreas entre 20 cm e um metro de altura e nas parcelas principais de 100 m² os indivíduos acima de 1 metro de altura.

Para cada espécie nativa incluída na amostragem foi mensurado o CAP (circunferência à altura do peito) e altura total altura de todos os indivíduos com altura superior a 1m presentes em todas as parcelas 10x10m - Classe II (Figura 2). Os indivíduos com altura entre 20cm e 1m presentes nas sub-parcelas 4m² tiveram apenas sua densidade registrada (SILVA, 2011).

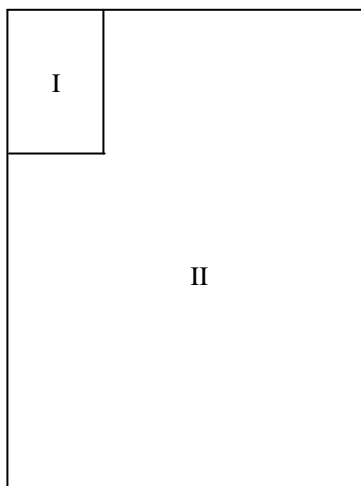


FIGURA 2: Classes utilizadas para a regeneração natural da comunidade arbórea no sub-bosque de um plantio de *Pinus* sp., Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia, MG. Estrato I (parcelas de 4 m²) e Estrato II (parcelas de 100 m²).

FIGURE2: Classes used for natural regeneration of tree community in the understory of a *Pinus* sp. Wolf Forest Farm, Uberlândia, MG. Stratum I (plots of 4 m²) and Stratum II (plots of 100 m²).

Para a análise dos dados fitossociológicos e de diversidade foi usado o programa Fitopac Shell 2 (SHEPPERD, 1995) com o qual foram obtidos os parâmetros usuais no estudo de comunidade vegetais (densidade, frequência, dominância e VI).

Foi também calculado o estimador de riqueza ACE sendo interpretado como um critério da intensidade amostral pra a comunidade arbórea presente no interior do talhão de Pinus.

Para as espécies arbóreas da comunidade foi representado o *Rank* de abundância usando os valores absolutos encontrados na comunidade (MAGURRAN, 2003). Este tipo de representação usa a seqüência numérica dos valores encontrados para a comunidade em ordem decrescente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados na comunidade arbórea 550 indivíduos (2.750,0 indivíduos/ha) pertencentes a 36 espécies agrupadas em 23 famílias botânicas (Tabela 1). O índice de diversidade de Shannon foi de 2,26 e a equabilidade de 0,6, indicando a dominância de um pequeno grupo de espécies arbóreas (Figura 3). Este grupo de 5 espécies somou a maior parte da densidade (78,9%) da comunidade arbórea. O estimador de riqueza ACE indicou uma riqueza de 41 espécies na comunidade. Esta estimativa de riqueza de espécies arbóreas equivale a 88% da riqueza total estimada por este índice, demonstrando que a amostragem englobou uma porção significativa da riqueza existente.

As famílias com o maior VI na área foram Monimiaceae, Flacourtiaceae e Melastomataceae, sendo que as duas primeiras foram representadas na área por apenas uma espécie. As espécies raras (consideradas com somente 1 indivíduo) somam 22,2% do total e este valor pode ser considerado expressivo pra este tipo de comunidade.

As espécies com maior densidade e valor de importância foram *Siparuna guianensis* Aubl, *Casearia sylvestris* Sw e *Miconia albicans* (Sw.) Triana as quais somaram 56,7% do VI e 71% da densidade.

TABELA 1: Parâmetros fitossociológicos da comunidade arbórea no sub-bosque de um talhão de *Pinus* sp. na Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia, MG.TABLE1: Phytosociological parameters of the tree community in the understory of a stand of *Pinus* sp. Wolf in Forest Farm, Uberlândia, MG.

Espécie	Família	DR	FR	DA	VI
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Monimiaceae	29,09	11,46	0,64	79,68
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Flacourtiaceae	16,91	9,55	0,38	49,89
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Melastomataceae	25,09	10,83	0,07	40,43
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	3,45	6,37	0,11	16,53
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae	4,36	5,10	0,05	12,39
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	Fabaceae	1,64	4,46	0,08	11,05
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn. in A. DC.) Mez	Lauraceae	1,82	5,73	0,02	8,76
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	1,82	4,46	0,04	8,47
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Fabaceae	1,27	3,18	0,02	5,61
<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	Lauraceae	1,45	2,55	0,03	5,53
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	Lamiaceae	1,09	2,55	0,03	5,32
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	Nyctaginaceae	0,91	2,55	0,01	4,31
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	0,55	1,91	0,03	4,20
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC	Myrtaceae	0,73	2,55	0,01	4,11
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	Melastomataceae	1,09	1,91	0,01	3,40
<i>Virola sebifera</i> Aublet	Myristicaceae	0,73	1,91	0,01	3,21
<i>Erythroxylum</i> sp.	Erythroxylaceae	0,18	0,64	0,04	3,06
<i>Bauhinia rufa</i> Steud.	Fabaceae	0,73	1,91	0,00	2,68
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	0,36	1,27	0,02	2,68
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Fabaceae	0,55	1,91	0,00	2,59
<i>Campomanesia adamantium</i> Blume	Myrtaceae	0,55	1,91	0,00	2,54
<i>Nectandra megapotamica</i> Mez	Lauraceae	0,55	1,91	0,00	2,51
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	Meliaceae	0,73	1,27	0,01	2,43
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Moraceae	0,73	1,27	0,00	2,27
<i>Myrcia splendens</i> (Sw) DC.	Myrtaceae	0,36	1,27	0,01	2,24
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	Fabaceae	0,55	1,27	0,01	2,21
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	Apocynaceae	0,73	1,27	0,00	2,17
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Fabaceae	0,36	1,27	0,00	1,70
<i>Duguetia lanceolata</i> A. St.-Hil.	Annonaceae	0,36	1,27	0,00	1,68
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	0,18	0,64	0,00	1,11
<i>Ouratea castaneifolia</i> Engl.	Ochnaceae	0,18	0,64	0,00	0,97
<i>Protium ovatum</i> Engl.	Bursaceae	0,18	0,64	0,00	0,94
<i>Byrsonima</i> sp.	Malpighiaceae	0,18	0,64	0,00	0,86
<i>Roupala montana</i> Aubl	Proteaceae	0,18	0,64	0,00	0,83
<i>Tapirira obtusa</i> Benth.	Annonaceae	0,18	0,64	0,00	0,82
<i>Ouratea hexasperma</i> Engl.	Ochnaceae	0,18	0,64	0,00	0,82

As espécies *Siparuna guianensis* e *Casearia sylvestris* apresentam uma maior plasticidade ambiental e ocorrem em diferentes tipos de vegetação no bioma cerrado. No entanto, a espécie *Miconia albicans* é conhecida como espécie acumuladora de alumínio (RATTER et al., 2003) e isto pode conferir uma vantagem adaptativa para esta espécie nos solos ácidos de cerrado encontrados sob plantios de *Pinus* sp.

O índice de Shannon e a equabilidade encontrados para esta área assemelham-se aos encontrados por Vale et al. (2009) para a comunidade vegetal de um cerradão em estágio de sucessão secundária em Uberlândia, Minas Gerais, respectivamente: 2,26 e 0,587, com uma riqueza equivalente a 47 espécies distribuídas entre 26 famílias. Neste mesmo trabalho, os autores também encontraram *Matayba guianensis*, *Xylopia aromatica* e *Siparuna guianensis* como sendo as três espécies regenerantes com maior VI.

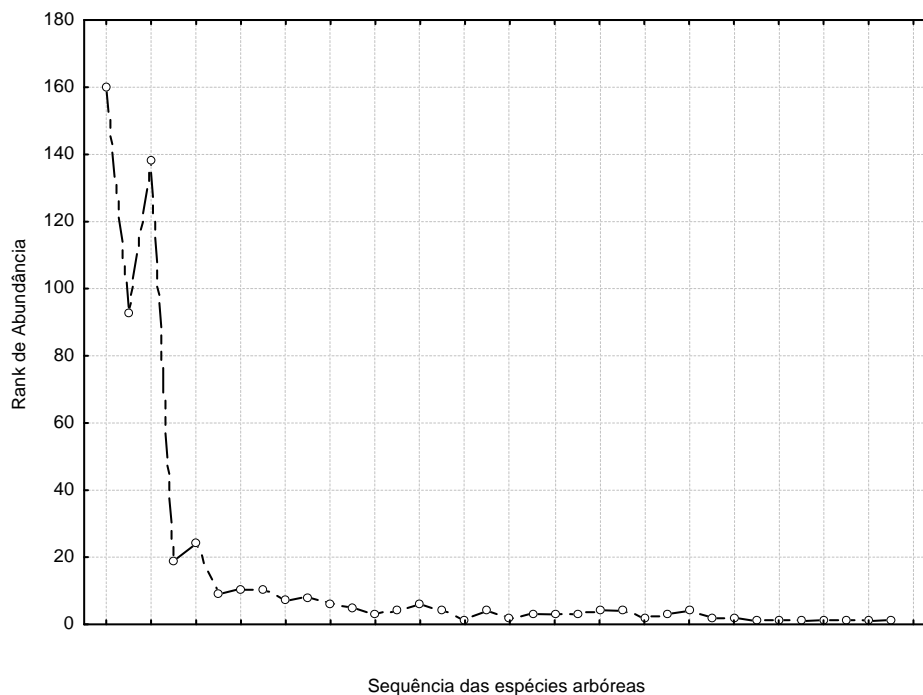


FIGURA 3: Rank de abundância das espécies arbóreas nativas encontradas em um plantio de *Pinus* sp. na Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia, MG.

FIGURE3: Rank abundance of native tree species found in a plantation of *Pinus* sp. Wolf in Forest Farm, Uberlândia, MG.

Os valores de diversidade encontrados neste estudo são inferiores aos encontrados por Gimenez e Godoy (2007) em três talhões diferentes de plantios de *Pinus* em uma área de Cerrado no estado de São Paulo (69, 55 e 58 espécies), assemelhando-se mais aos dados encontrados por Neri et al. (2005) sob um plantio de *Eucalyptus* em Minas Gerais: 376 indivíduos distribuídos em 47 espécies e 27 famílias botânicas. Neste mesmo estudo, *Miconia albicans* (Sw.) Triana também figurou entre as espécies de maior VI, assim como as famílias Melastomataceae, Sapindaceae e Annonaceae.

Para a classe I (4m²) foram encontradas um total de 19 espécies e 14 gêneros (Tabela 2). As espécies *Siparuna guianensis* e *Miconia albicans* apresentaram os maiores valores de densidade nas duas classes de tamanho, o que coincide em parte com as espécies de maior VI nas parcelas de 100 m² e 4m².

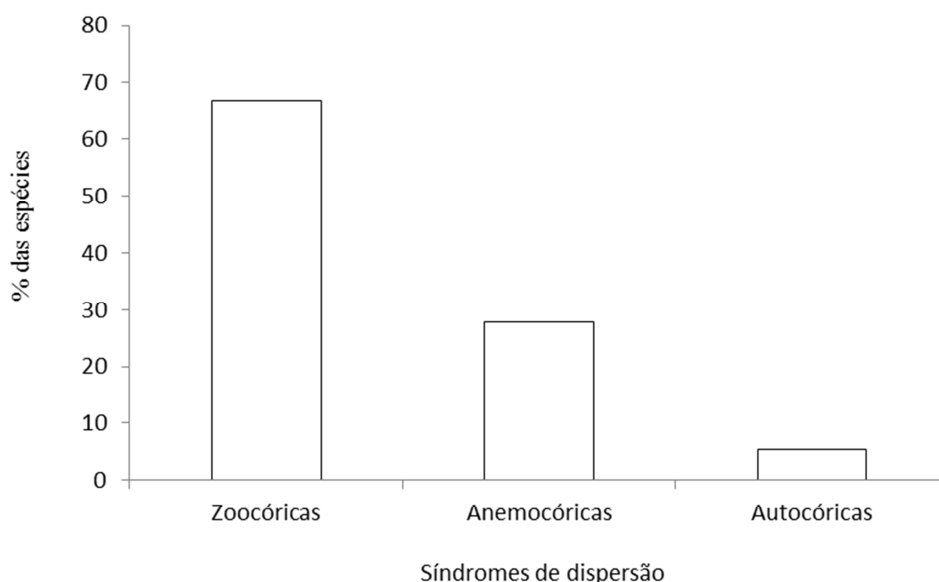
As espécies *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng., *Eugenia calycina* Cambess, *Solanum* sp., *Myrcia* sp. e *Acosmium subelegans* (Mohlenbr.) Yakovlev foram amostradas somente na classe de plântulas e juvenis (4m²) e são, portanto, espécies que estão sendo acrescidas à comunidade, pois ainda não apresentam indivíduos de maior porte.

Com relação às síndromes de dispersão de sementes na comunidade arbórea houve um predomínio de espécies dispersas por animais (Zoocoria = 66,7%) e anemocoria (27,8%), sendo estes valores ligeiramente superiores aos valores de 59% de zoocoria e 19,7% de anemocoria, encontrados por Neri et al. (2005) no interior de um povoamento de *Eucalyptus* sp.

Estas estimativas permitem inferir sobre a importância dos agentes bióticos na dispersão e movimentação de propágulos (TABARELLI, 1999; SILVA e TABARELLI, 2000), oriundos de áreas próximas (fonte de sementes), mesmo em áreas, onde existe a dominância de uma única espécie no dossel, a regeneração pode ser incrementada através da fauna silvestre.

TABELA 2: Espécies arbóreas encontradas na classe de 4 m² sob um talhão de *Pinus* sp. na Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia, MG.TABLE2: Tree species found in the class of 4m² on a plot of *Pinus* sp. Wolf in Forest Farm, Uberlândia, MG.

Espécies arbóreas	Dens.(Ind./80 m ²)
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	17
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	19
<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	2
<i>Roupala montana</i> Aubl.	1.
<i>Myrcia splendens</i> (SW) DC.	2
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	1
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	3
<i>Solanum</i> sp.	1
<i>Eugenia calycina</i> Cambess	15
<i>Miconia sellowiana</i> (DC.) Naudin	2
<i>Myrcia</i> sp.	1
<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	1
<i>Duguetia lanceolata</i> A. St.-Hil	4
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn. in A. DC.) Mez	1
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth	1
<i>Bauhinia rufa</i> Esteud	9

FIGURA 4: Síndromes de dispersão de sementes das espécies arbóreas em regeneração no sub-bosque de um povoamento de *Pinus* sp., Uberlândia, MG.FIGURE4: Syndromes of seed dispersal of tree species regenerating in the understory of a stand of *Pinus* sp. Uberlândia, MG.

As espécies anemocóricas - oriundas da dispersão pelo vento (agente abiótico) somaram um valor de 27,8%, sendo este um valor expressivo e encontrado em algumas fitofisionomias savânicas de cerrado como o cerrado *sensu stricto*, campo sujo e cerrado denso. A predominância de zoocoria, seguida por uma proporção considerável de anemocoria e uma baixa ocorrência de autocoria é um padrão recorrente em diversos locais do bioma Cerrado (VIEIRA et al., 2002).

CONCLUSÕES

A comunidade arbórea presente no interior (sub-bosque) do talhão de *Pinus* sp. compreende um total de 36 espécies arbóreas e valores de diversidade medianos, e inclusive, similares aos encontrados em áreas degradadas ou alteradas no bioma Cerrado.

Os dados referentes à riqueza e densidade corroboram a literatura ao evidenciar a capacidade que plantios florestais homogêneos possuem em abrigar espécies nativas no seu sub-bosque, atuando por vezes como catalisadores de um processo de sucessão secundária. Isto fica evidente ao se considerar que as espécies de maior VI encontradas no presente estudo são descritas como pioneiras/secundárias,

podendo habitar desde áreas de cerrado *sensu stricto* até o sub-bosque de florestas mesófilas e cerradões.

Estudos futuros que abordem e testem técnicas de manejo visando favorecer o avanço deste processo sucessional, com a gradual substituição das espécies plantadas por nativas, ou estudos que testem o potencial destes plantios como viveiros naturais para projetos de conservação *ex situ* podem ser o próximo passo para a compreensão do potencial de plantios florestais homogêneos no incremento da diversidade arbórea de áreas degradadas de cerrado *sensu stricto* em escala regional.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais pelo apoio. À CAPES pela bolsa de Mestrado para Gastão V. de Pinho Júnior. Aos pesquisadores Glein M. de Araújo, Ivan Schiavini e Rosana Romero do Instituto de Biologia (UFU) pelo importante auxílio na identificação de material botânico. À administração da fazenda Floresta do lobo por permitir a realização deste estudo na propriedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, J.L.S. **Adequação das Potencialidades do Uso da Terra na Bacia do Ribeirão Bom Jardim no Triângulo Mineiro (MG)**: Ensaio de Geoprocessamento. Universidade de São Ciências Humanas. Departamento de Geografia. São Paulo, 2001.

GIMENEZ, M.M.V.; GODOY, P.A.S. Diversidade da vegetação regenerante em um Cerrado após plantio de exóticas em Luiz Antônio, (SP). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 729-731, jul. 2007.

GOOGLE EARTH, disponível em: <http://earth.google.com/> Acesso em 10 de Maio de 2009.

HENRIQUES, T.R. **Geoprocessamento aplicado nas mudanças de uso da terra e cobertura vegetal na Fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia - MG**. 2010. 33 p. Monografia. (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

LUGO, E. A. The apparent paradox of reestablishing species richness on degradedlands with tree monocultures **Forestry Ecology and Management** v.99, p.9-19, 1997.

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. 256p.

MMA. **Brazilian forests at a glance**. Ministry of Environment, Brazilian Forest Service, 120p. 2009.

NERI, V.A.; CAMPOS, P.E.; DUARTE, G.T.; NETO, M.A.A.J.; SILVA, F.A.; VALENTE, E.G. Regeneração de espécies nativas lenhosas sob plantio de *Eucalyptus* em área de Cerrado na Floresta Nacional de Paraopeba, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.19,n.2, p. 369-376. 2005.

PARROTTA, J.A.; TURNBULL, J.W.; JONES, N. Catalyzin native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v.99, p.1-7, 1997.

PMU, Prefeitura Municipal de Uberlândia, disponível em: http://www3.uberlandia.mg.gov.br/secretaria.php?id=17&id_cg=114 Acesso em 09 de Abril de 2010.

RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III. Comparison of woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**.v.60, p.57-109, 2003.

ROSA, R.; LIMA, S.C.; ASSUNÇÃO, W.L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). **Sociedade & natureza**, v.3, p.91-108, 1991.

SHEPHERD, G. J. **FITOPAC: Manual do Usuário**. Universidade de Campinas. Campinas. 1995.96p.

SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature**, v. 404, p.72-74, Mar., 2000.

SILVA, P.P.F. Regeneração natural e relações ambientais em um remanescente de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. 2011. 75 p. Dissertação. (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2011.

TABARELLI, M. A Regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, n.59, v.2, p.239-250, 1999.

VALE, S.V.; CRESPILO, F.R.; SCHIAVINI, I. Análise da regeneração natural em uma comunidade vegetal de cerrado no parque Victório Siquierolli, Uberlândia-MG. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, p. 131-145, Jan./Feb. 2009.

VIANI, G.A.R.; DURIGAN, G.; MELO, G.C.A. A regeneração natural sob plantios florestais: desertos verdes ou redutos da biodiversidade? **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.3, p.533-552. Jul/set., 2010.

VIEIRA, M.L.D.; AQUINO, G.F.; BRITO, A.M.; BULHÃO, F.; HENRIQUES, B.P.R. Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em cerrado *sensu stricto* do Brasil Central e savanas amazônicas. **Revista Brasileira de Botânica**, V.25, n.2, p.215-220, jun. 2002.

UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR NA REGULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE UM SISTEMA AGROFLORESTAL

USING LINEAR PROGRAMMING TO REGULATE AN AGROFORESTRY SYSTEM'S PRODUCTION

Gustavo Eduardo Marcatti¹; Helio Garcia Leite²; Carlos Antonio Álvares Soares Ribeiro³; Carlos Alberto A. Júnior¹; Renato Vinícius Oliveira Castro⁴; Ricardo de Oliveira Gaspar⁴; Francine Kelli Quinhones Bonatti⁵

RESUMO

Sistemas Agroflorestais (SAFs) são sistemas alternativos ao tradicional monocultivo. Devido à diversidade de produtos, esses sistemas tendem a utilizar o ambiente de forma mais eficiente. Sendo o SAF viável sob os pontos de vista econômico e ambiental, é importante investir na sustentabilidade do mesmo e, para isto, é necessária a construção e utilização de modelos de regulação. Regular a produção de uma floresta significa determinar onde, como e quando produzir bens e serviços a partir dela. No contexto dos SAFs, esse conceito é estendido para a produção como um todo, envolvendo multiprodutos. Embora existam diferentes modelos e abordagens de regulação da produção, para SAFs estes modelos ainda não estão disponíveis. Diante deste fato, este estudo teve por objetivo construir um modelo de regulação da produção para SAF. Foram utilizados dados de inventários florestais contínuos conduzidos em sistemas localizados na região Noroeste de Minas Gerais. As unidades de estudo foram compostas por talhões de um clone de híbridos de eucalipto, plantado em consórcio com arroz, soja e pastagem, sob arranjo espacial 10m x 4m. O modelo de regulação foi desenvolvido empregando-se a formulação clássica do modelo I de programação linear. Todas as restrições impostas foram atendidas, assegurado uma oferta contínua de produtos após o período de transição do modelo.

Palavras-chave: sustentabilidade; programação matemática; otimização.

ABSTRACT

Agroforestry Systems (AFS) are an interesting alternative to the traditional monoculture ones. Due to the diversity of products, these systems tend to use the natural resources more efficiently. As AFS are both economically viable and environmentally sound, it is important to foster the adoption of this approach. Therefore, it is necessary to construct and use models of forest regulation, meaning to determine where, how and when to produce goods and services from the forest. In the context of AFS, this concept is extended to a level of production as a whole, i.e., involving more than one product. Although there are different models and approaches to the regulation of production, models for AFS are not available yet. This study aimed to build a model of regulation of production to AFS. We used data from continuous forest inventory systems located in the northwestern part of the state of Minas Gerais, Brazil. The study units were composed of stands of hybrid eucalypt clone intercropped with rice, soybean and pasture, under spatial arrangement of 4m x 10m. The regulation model was developed using the well-known model I framework. All model constraints have been met, therefore assuring a steady flow of products at the end of the transition period.

Keywords: sustainability; mathematical programming; optimization.

INTRODUÇÃO

As atividades que envolvem o uso da terra vêm recebendo crescente atenção dos engenheiros florestais. Cada vez mais tem surgido técnicas de produção ou o aperfeiçoamento das já existentes, de

¹ Engenheiros Florestais, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa (MG). gustavomarcatti@gmail.com, carlosmuc@hotmail.com

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa (MG). hgleite@gmail.com

³ Engenheiro Agrícola, Ph.D., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa (MG). cribeiro@ufv.br

⁴ Engenheiros Florestais, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa (MG). castrorvo@ymail.com, ricogaspar.floresta@yahoo.com.br

⁵ Zootecnista, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa (MG). franbonatti@gmail.com

forma a minimizar os possíveis impactos negativos desse uso. Nesse contexto os Sistemas Agroflorestais (SAFs) surgem como uma excelente alternativa.

Os SAFs são sistemas de uso da terra em que espécies lenhosas perenes e culturas agrícolas e, ou, animais, são deliberadamente utilizados na mesma unidade de manejo, existindo interações econômicas entre os diferentes componentes, utilizando também alguma forma de arranjo espacial (NAIR, 1993). Eles podem ser: sistemas agrossilviculturais, que associam árvores aos cultivos agrícolas, silvipastoris, que associam pastagens e, ou, animais às árvores, ou agrossilvipastoris, que combinam cultivos agrícolas, pastagem e, ou, animais na mesma área, ao mesmo tempo, ou em seqüência temporal (COMBE e BUDOWSKI, 1979; NAIR, 1993).

De acordo com Davis (1987), a regulação florestal implica determinar onde, como e quando produzir bens e serviços da floresta, de modo sustentável, para melhor alcançar os objetivos do empreendimento. No contexto dos SAFs, esse conceito é estendido para a produção como um todo considerando-se, além dos produtos oriundos das árvores, os agropecuários, como gado e culturas de arroz, soja.

Uma das grandes vantagens de se adotar o sistema agroflorestal é a diversificação da produção ao longo do horizonte de planejamento; entretanto, inexistente uma oferta contínua desses produtos. Por ter ciclos mais curtos, obviamente a produção agrícola ocorre nos períodos iniciais do horizonte de planejamento e, a madeira, apenas no final. Ao se atingir a regulação do SAF, esse inconveniente deixa de existir. Todo ano será feito o plantio e colheita de arroz, soja e eucalipto, concomitantemente à compra e venda de novilhos. Dentre outros benefícios, também podem ser alcançados a manutenção regular de mão-de-obra para todas as atividades, demanda contínua de insumos, equilíbrio entre despesas e receitas anuais.

Ao se implementar um modelo de regulação, o controle do corte pode ser feito por área ou por volume, ou ainda por ambos (LEUSCHNER, 1984). Diversos estudos comprovam a eficiência do emprego das técnicas de pesquisa operacional na implementação desses controles (NAVON e McCONNEN, 1967; RODRIGUES e MOREIRA, 1989; RODRIGUES et al., 1998). A pesquisa operacional (PO) existe desde longa data (MURTY, 2010). Sua propagação, entretanto, ocorreu nos Estados Unidos da América, pela equipe de cientistas liderada por George B. Dantzig, convocada durante a Segunda Guerra Mundial, para resolver problemas de logística de abastecimento das tropas. O resultado desta pesquisa, concluída em 1947, foi o desenvolvimento de um algoritmo extremamente eficiente para resolução de problemas de programação linear, denominado Simplex.

Embora existam diferentes modelos e abordagens de regulação da produção, para sistemas agroflorestais ainda não estão disponíveis modelos eficientes na literatura. Sendo o SAF economicamente viável (SOUZA et al., 2007; COELHO et al., 2008) e ecologicamente mais desejável, é importante investir na sustentabilidade do mesmo e, para isto, é necessário a construção e emprego de modelos de regulação. O modelo de regulação estudado baseou-se no modelo clássico I de programação linear (JOHNSON e SHEURMAN, 1977).

Objetivo

Construir um modelo de regulação da produção em um sistema agroflorestal empregando o modelo clássico I de programação linear.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e Caracterização da Área e dos Dados de Estudo

Foram utilizados dados provenientes de inventários florestais contínuos conduzidos em um sistema agroflorestal, localizado na região Noroeste de Minas Gerais, sob as coordenadas 17°13'S e 46°52'W. As unidades de estudo foram compostas por talhões de um clone de híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*, plantado em consórcio com arroz, soja e pastagem sob arranjo espacial 10m x 4m.

Os dados foram originados de parcelas permanentes de 30m x 40m (1.200 m²), contendo três fileiras de 10 árvores, que foram implantadas atendendo aos critérios de inventário florestal contínuo por amostragem casual estratificada, com uma intensidade de 1:10 (uma parcela para cada 10 ha).

Descrição do Sistema Agroflorestal

O início do projeto se deu com o plantio de arroz e eucalipto. O preparo da área envolveu uma aração profunda e duas gradagens niveladoras, além de aplicação de calcário zinal MMA 85% de PRNT, à razão de 2,5t/ha. As linhas de plantio do eucalipto foram orientadas no sentido leste-oeste, a fim de se permitir maior insolação às culturas consorciadas. As entrelinhas de eucalipto foram cultivadas com arroz (*Orizzasativa*, cultivar Guarany) plantado no espaçamento 0,45 m. No segundo período (ano 1 do horizonte de planejamento), a soja foi semeada no lugar do arroz, mantendo-se uma densidade populacional de 200.000 plantas/ha. Todos os restos culturais da colheita da soja foram incorporados ao solo. Nesse ano ocorreu a primeira manutenção do povoamento de eucalipto (capinas manuais,

conservação de estradas e aceiros e combate às formigas). A partir do período seguinte (ano 2), houve formação de pastagens de braquiária, manejadas para engorda de gado de corte. Nesse mesmo ano os eucaliptos, que apresentavam aproximadamente 6 m de altura, foram desramados até a altura de 4 m do solo e no máximo 50% de copa viva (Dubé et al., 2002).

No ano 3, 90 dias após a implantação das pastagens, iniciou-se a utilização da área para engorda de bois. Houve novamente a manutenção de povoamentos de eucalipto, uma segunda desrama até 6 m de altura e o estabelecimento de cercas vivas e instalação de aguadas para os animais. A partir do ano 3 o sistema silvipastoril foi estabelecido com uma periodicidade anual de compra e venda de novilhos, sendo assim mantido até o corte das árvores. Para a construção do modelo de programação linear, as idades de corte variaram entre 7 e 9 anos. A sequência e níveis ótimos de corte foram então determinados pelo modelo de regulação.

Custos

Os custos das diversas atividades relacionadas ao SAF estão na Tabela 1. Para o eucalipto foram considerados os custos de implantação, manutenções anuais e colheita. No caso da soja e do arroz, o custo de cultivo agregou todos os gastos desde o plantio até a colheita, já que estas atividades têm ciclo de produção menor que um ano. Para a pecuária de corte, os custos das diversas atividades foram especificados de acordo com a época de ocorrência, uma vez que se encontram dispersos ao longo do horizonte de planejamento. São colocados 1,5 animais por hectare e os novilhos para engorda são adquiridos com 8,25 arrobas. Os valores de custos e receitas foram extraídos de Souza (2007), que realizou análise econômica referente ao mesmo experimento de SAF abordado no presente estudo.

Considerou-se que cada animal ganha 5,5 arrobas de peso por ano, o que resulta em um ganho de peso equivalente a $8,25 \text{ arrobas} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. O custo da terra foi considerado como sendo os juros sobre o seu valor.

TABELA 1: Custos das atividades do sistema agroflorestal.

TABLE1: Cost of agroforestry activities.

Atividade	Ano	R\$
Implantação (R\$/ha)	0	1.956,78
Cultivo de arroz (R\$/ha)	0	690,4
Manutenção do eucalipto (R\$/ha)	1	299,24
Cultivo de soja (R\$/ha)	1	856,91
Manutenção do eucalipto (R\$/ha)	2	263,81
Formação de pastagem (R\$/ha)	2	323,42
Manutenção do eucalipto (R\$/ha)	3	237,08
Infra-estrutura da pecuária (R\$/ha)	3	171,31
Manutenção do eucalipto (R\$/ha)	4 a n-1	144,17
Manutenção do eucalipto (R\$/ha)	n*	188,31
Insumos da pecuária (R\$/ha)	3 a n	64,03
Mão-de-obra da pecuária (R\$/ha)	3 a n	17,69
Depreciação de bens relacionados à pecuária (R\$/ha)	3 a n	2,49
Aquisição de novilhos para engorda (R\$/ha)	3 a n	519,75
Administração (R\$/ha)	1 a n	99,24
Terra (R\$/ha)	1 a n	90
Colheita (R\$/m ³)	n	11,54

*n é a idade de corte do eucalipto, a ser definida com base nos modelos de regulação;

Fonte: Souza (2007).

Receitas

Os preços, as quantidades produzidas e as receitas obtidas pela venda dos produtos agrícolas e de boi gordo encontram-se na Tabela 2. No caso dos produtos florestais, são apresentados apenas os preços, já que as quantidades produzidas e as receitas variam de acordo com a idade de corte a ser determinada pelos modelos de regulação.

TABELA 2: Preços, quantidades e receitas dos produtos do sistema agroflorestal.

TABLE2: Prices, quantities and revenues of the products of agroforestry.

Produto	Ano	Unidade	Preço (R\$/uni)	Quantidade/ha*	Receita (R\$/ha)
Arroz	0	Saca	26	20,16	524,16
Soja	1	Saca	29	21,6	626,4
Boi gordo	3 a n	@	57	16,5	940,5
Madeira colhida	n	m ³	62	-	-

FONTE: Souza (2007). *As quantidades dos produtos florestais não foram colocadas na tabela, pois variam com a idade de corte.

Produção e Unidades de Manejo (u.m.)

A curva de produção obtida a partir de dados das parcelas de inventário florestal e utilizada neste estudo foi obtida pelo ajuste do seguinte modelo logístico:

$$Volume = \frac{144,6193}{1 + 106,5481 e^{-1,019 \text{ Idade}}}$$

Sendo a idade expressa em meses. A fazenda em estudo foi estratificada em dez unidades de manejo (Tabela 3). A distribuição inicial de idades pode ser vista na Figura 1.

TABELA 3: Unidades de Manejo com suas respectivas áreas e idades das árvores.

TABLE3: Management units with their respective areas and ages of trees.

Unidade de manejo	Idade (anos)	Área (ha)
1	2	258,62
2	3	302,33
3	4	231,36
4	5	230,26
5	5	236,50
6	6	167,69
7	6	132,70
8	7	187,85
9	8	85,51
10	9	42,83

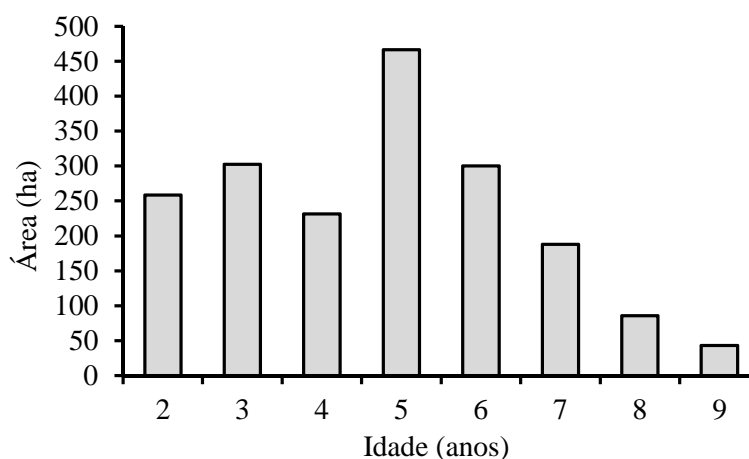


FIGURA 1: Área em hectares por classe de idade observada no início do período de transição.

FIGURE1: Area in acres by age class observed at the beginning of the transition period.

Formulação do Problema

A formulação do problema de regulação florestal foi feita com a abordagem do modelo clássico I proposta por Johnson e Sheurman (1977). Neste modelo, a variável de decisão X_{ij} representa a área da unidade de manejo i , que será atribuída à prescrição de manejo j . Neste estudo, a prescrição de manejo correspondeu às ações executadas em horizonte de planejamento previamente definido. O critério

adotado para ser otimizado foi o critério econômico Valor Presente Líquido Global (VPL_G), sendo a função objetivo definida por:

$$\begin{aligned} & \text{MAX (VPL}_G) \\ & \text{VPL}_G = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N C_{ij} X_{ij} \end{aligned} \quad (1)$$

em que: VPL_G = valor presente líquido global; C_{ij} = Valor presente líquido, resultante de todas as atividades realizadas no SAF em um hectare da unidade de manejo *i*, sob a prescrição *j*; X_{ij} = área (ha) da unidade de manejo *i* assinalada à prescrição *j*; M = número de unidades manejo; N = número de prescrições de manejo da *i*-ésima unidade de manejo.

As restrições estabelecidas foram:

Restrições de Área:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N X_{ij} = A_{ij} \quad (i = 1, \dots, M) \quad (j = 1, \dots, N) \quad (2)$$

Restrições de Demanda de madeira (m³):

$$\text{VMax}_{Hk} = (1 + \alpha) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N V_{ijk} X_{ij} \quad (K = 0, 1, 2, \dots, H - 2) \quad (3)$$

$$\text{VMin}_{Hk} = (1 - \alpha) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N V_{ijk} X_{ij} \quad (K = 0, 1, 2, \dots, H - 2) \quad (4)$$

Restrições de Demanda de boi gordo (@):

$$\text{PAMax}_{Hk} = (1 + \alpha) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \text{PA}_{ijk} X_{ij} \quad (K = 0, 1, 2, \dots, H - 2) \quad (5)$$

$$\text{PAMin}_{Hk} = (1 - \alpha) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \text{PA}_{ijk} X_{ij} \quad (K = 0, 1, 2, \dots, H - 2) \quad (6)$$

em que: A_{ij} = área da *i*-ésima unidade de manejo sob a *j*-ésima prescrição; VMAX_k = volume máximo a ser produzido no ano *k* do horizonte de planejamento; VMin_k = volume mínimo a ser produzido no ano *k* do horizonte de planejamento; PAMax_k = máxima produção de arroba no ano *k* do horizonte de planejamento; PAMin_k = mínima produção de arroba no ano *k* do horizonte de planejamento; α = variação percentual permissível da demanda, para mais ou para menos, neste estudo a variação permissível foi de 20% em relação a demanda; H = horizonte de planejamento, nesse estudo o horizonte de planejamento foi de 22 anos; V_{ijk} = volume (m³/ha) produzido pela *i*-ésima unidade de manejo sob a *j*-ésima prescrição, no ano *k* do horizonte de planejamento; PA_{ijk} = arroba (@/ha) produzida pela *i*-ésima unidade de manejo sob a *j*-ésima prescrição, no ano *k* do horizonte de planejamento; X_{ij} = área (ha) da unidade de manejo *i* assinalada à prescrição de *j*; M = número de unidades manejo; N = número de prescrições de manejo da *i*-ésima unidade de manejo.

Uma das opções mais comumente usadas para se obter uma floresta regulada ao final do horizonte de planejamento consiste na inclusão de restrições que imponham uma distribuição adequada de classes de idades para o inventário final. Essa formulação é feita da seguinte forma:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N X_{ijk} = \frac{S}{NC} \quad \{k = 1, 2, \dots, NC\}$$

em que: ijk = área da *i*-ésima classe de idade manejada sobre a *j*-ésima alternativa de manejo, cujas áreas terão *k* períodos (anos) de idade ao final do horizonte de planejamento; NC = número de classe de idade para a floresta regulada; S = área total da floresta.

A solução ótima para esse cenário foi obtida utilizando o software LP_SOLVER versão 5.5.0.15. O valor residual da floresta foi utilizado na análise, considerando-se o valor da madeira em pé para o cálculo da renda. A cada nova rotação foi considerado que houve um acréscimo de 5% na produtividade das árvores, devido a melhorias em técnicas de manejo e genéticas. A floresta foi regulada utilizando-se a estratégia de regulação por área, adotando-se uma rotação regulatória de 7 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todas as restrições impostas (restrições de área, restrições de demanda de madeira e gado, restrições de estrutura regulada) foram atendidas. A solução do problema de programação linear resultou em um VPL R\$ 25.428.998,27. Observando-se a Tabela 4, é possível constatar que o objetivo de se obter uma floresta com estrutura regulada foi alcançado. Após o período de transição existirá uma distribuição uniforme de área para cada classe de idade (267,95 ha para cada idade), diferentemente da estrutura inicial, em que a distribuição de idades tendia a uma distribuição normal (Figura 1).

TABELA 4: Solução matemática do problema de programação linear.

TABLE4: Solution of the mathematical linear programming problem.

Variáveis de Decisão	Unidade de manejo	Idades das Rotações	Área (ha)	Idade Final (anos)	Área na Classe de Idade Final (ha)
x8_1	8	7-7-7	179,14	1	
x9_1	9	8-7-7	85,51	1	
x10_1	10	9-7-7	3,30	1	267,95
x1_10	1	8-7-7	199,54	2	
x2_11	2	8-7-8	67,90	2	
x2_13	2	8-8-7	0,50	2	267,95
x1_1	1	7-7-7	59,06	3	
x2_2	2	7-7-8	92,43	3	
x2_10	2	8-7-7	75,05	3	
x3_5	3	7-8-8	41,40	3	267,95
x2_1	2	7-7-7	66,44	4	
x3_2	3	7-7-8	92,99	4	
x3_10	3	8-7-7	75,87	4	
x4_5	4	7-8-8	32,66	4	267,95
x3_1	3	7-7-7	21,11	5	
x4_10	4	8-7-7	151,63	5	
x5_2	5	7-7-8	95,21	5	267,95
x4_1	4	7-7-7	45,97	6	
x5_1	5	7-7-7	141,29	6	
x6_2	6	7-7-8	55,22	6	
x7_4	7	7-8-7	16,75	6	
x8_11	8	8-7-8	8,71	6	267,95
x6_1	6	7-7-7	112,47	7	
x7_1	7	7-7-7	115,95	7	
x10_2	10	9-7-8	32,16	7	
x10_4	10	9-8-7	7,38	7	267,95

As flutuações de produção de volume de madeira e arrobas de gado ao longo do horizonte de planejamento podem ser observadas nas figuras 2 e 3 respectivamente.

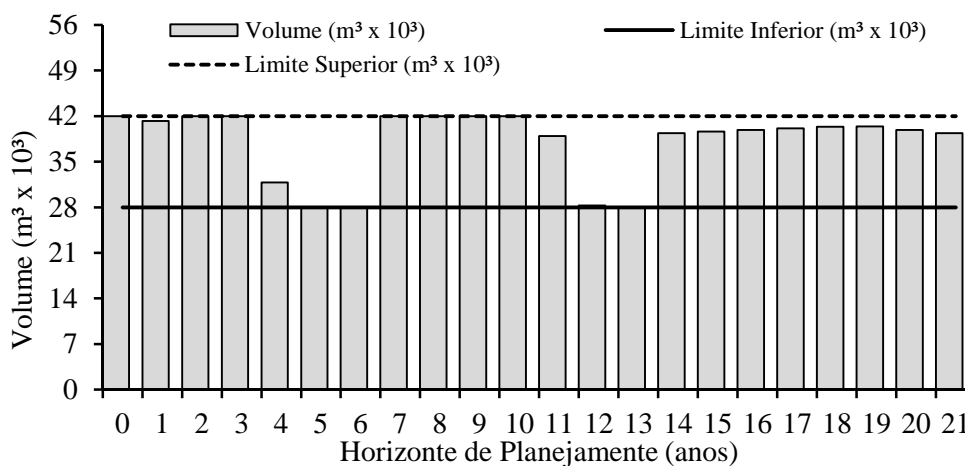


FIGURA 2: Variações de volume de madeira ao longo do horizonte de planejamento.
 FIGURE2: Changes in volume of timber over the planning horizon.

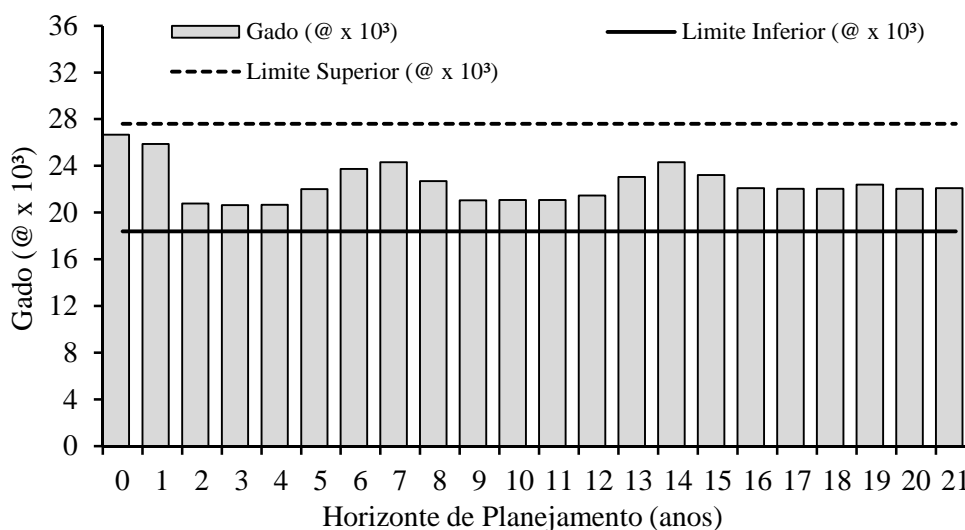


FIGURA 3: Variações de arrobas de gado ao longo do horizonte de planejamento.
 FIGURE3: Changes in arrobas of cattle over the planning horizon..

As restrições de demandas anuais também foram atendidas (Figura 2 e 3). Rodrigues (1997) considera que essas restrições possivelmente são as mais importantes do problema, pois muitas vezes é de responsabilidade do empreendedor atender a alguma demanda contratual do mercado.

Com a produção de madeira regulada, os outros produtos tiveram também suas produções reguladas, por apresentarem um esquema fixo no sistema, ou seja, todos os anos deverão ser plantados e colhidos arroz, soja e eucalipto e feita a compra e venda de gado.

No presente estudo, a princípio, as atividades do sistema não são conflitantes, pois existe uma separação espacial ou temporal para cada atividade. Porém, ao longo do horizonte de planejamento, existe conflito entre os Valores Presentes Líquidos de madeira e gado. Devido a estes fatos e à complexibilidade inerente ao problema, a adoção de técnicas de otimização, como a programação linear, são uma boa alternativa para se alocar, de forma ótima, os recursos e atividades envolvidas no sistema agroflorestal, gerando deste modo máximo retorno econômico para o empreendedor.

CONCLUSÕES

A programação linear é eficiente no procedimento de regulação da produção do sistema agroflorestal. Todas as restrições impostas foram atendidas e será estabelecida uma oferta contínua de produtos após o período de transição do modelo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO JR, L. M; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D.; COIMBRA, L. B.; SOUZA, A. N. Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco. **Cerne**, Lavras, v.14, n. 4, p. 368-378, 2008.
- COMBE, J.; BUDOWSKI, G. Clasificación de las técnicas agroforestales; una revisión de literatura. In: TALLER SISTEMAS AGROFORESTALES EM AMERICA LATINA, Turrialba, 1979. Actas. Turrialba, CATIE, p. 17-48. 1979.
- DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N. **Forest management**. 3. ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987. 790 p.
- DUBÉ F., COUTO L.; SILVA M.L.; LEITE, H.G.; GARCIA, R.; ARAÚJO, G.A.A. A simulation model for evaluating technical and economic aspects of an industrial eucalyptus-based agroforestry system in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, 55 (3): 73-80. 2002.
- JOHNSON, K. N., SCHEURMAN, H. L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives - discussion and synthesis. **Forest Science**, Washington, v.18, n.1, p.1-31, 1977.
- LEUSCHNER, W.A. Introduction to forest resource management. New York: John Wiley & Sons, 1984. 298p.
- MURTY, K. G. **Optimization for decision making: linear and quadratic models**. New York. Springer, 2010, 510 p.
- NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. In: MacDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. (Eds.), **Agroforestry: classification and management**. New York: Willey Interscience, 1993, 382p. p 31-57.
- NAVON, D. I.; MCCONNEN, R. J. Evaluating forest management policies by parametric linear programming. Berkeley, Calif., Pacific SW. Forest e Range Exp. Sta. U.S. Forest Serv. Res., 1967. 13 p. (Paper PSW-42).
- RODRIGUES, F. L. **Regulação de florestas equiâneas utilizando programação linear**. 1997. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- RODRIGUES, F. L.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, M. L. Regulação de florestas equiâneas utilizando programação linear: uma aplicação da teoria do modelo II. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 22, n. 2, p. 193-213, 1998.
- RODRIGUEZ, L.C.E., MOREIRA, R.M. Gerenciamento de florestas de Eucalyptus com modelos de programação linear. IPEF, Piracicaba, v.6, n.19, p.1-15, 1989. (Série técnica).
- SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P.; MELLO, J. M. Viabilidade econômica de um sistema agrossilvopastoril. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 96-106, 2007.

ESTIMATIVAS DE VOLUMES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden USANDO EQUAÇÕES DE VOLUME E FATORES DE FORMA COM ESTRATIFICAÇÃO EM CLASSES DIAMÉTRICAS

ESTIMATES OF INDIVIDUAL VOLUMES OF *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden USING VOLUME EQUATIONS AND FORM FACTORS WITH STRATIFICATION IN DIAMETER CLASSES

Gabrielle Hambrech Loureiro¹; Rafaella De Angeli Curto²; Sintia Valerio Kohler³; Afonso Figueiredo Filho⁴; Jonas Flores Vargas⁵; Nelson Carlos Rosot⁶

RESUMO

Este estudo teve como objetivo testar a necessidade de estratificar ou não os dados em classes de diâmetro para estimar o volume total de árvores de *Eucalyptus grandis* usando equações de volume e fatores de forma, em um plantio com diferentes idades estabelecido em Balneário Pinhal-RS, pertencente à empresa Flosul Indústria e Comércio de Madeiras. Foram cubadas 97 árvores cobrindo toda a variabilidade de diâmetro (DAP) e altura total. Para desenvolver os estudos com fatores de forma e equações de volume, os dados foram agrupados em 3 classes de diâmetro: Classe 1 (DAP < 15 cm): 33 árvores; Classe 2 (15 ≤ DAP < 25 cm): 41 árvores; e Classe 3 (DAP ≥ 25 cm): 23 árvores. Foi determinado o fator de forma médio para cada uma das três classes de DAP e também o fator de forma médio envolvendo todas as 97 árvores. O modelo de volume de Schumacher-Hall foi também ajustado para cada classe de DAP e para toda a amostra (97 árvores) e as 4 equações geradas foram avaliadas pelo coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), erro padrão da estimativa absoluto (S_{yx}) e relativo ($S_{yx}\%$) para o volume total com casca (cm) e análise da distribuição de resíduos em porcentagem. Para verificar a existência de diferenças entre os métodos aplicados foi utilizado inicialmente o teste de Bartlett, que verifica a homogeneidade das variâncias dos tratamentos. Os resultados indicam que para estimar o volume total com casca utilizando-se o fator de forma artificial ou a equação de volume de Schumacher-Hall para *Eucalyptus grandis*, não há necessidade de estratificar os dados em classes de diâmetro (DAP).

Palavras-chave: volume total; fator de forma; equação de volume; estratificação diamétrica

ABSTRACT

This study had the objective to test the need or not to stratify the data in diameter classes to estimate the total volume of *Eucalyptus grandis* trees using volume equations and form factors, in a plantation with different ages in Balneário Pinhal- RS, belonging to the company Flosul Indústria e Comércio de Madeiras. It were scaled 97 trees covering all the variability in diameter (DBH) and total height. To the develop the studies with form factors and volume equations, the data were grouped in 3 diameter classes: class 1 (DBH <15 cm): 33 trees, class 2 (15 ≤ DBH < 25 cm): 41 trees, and class 3 (DBH ≥ 25 cm): 23 trees. It was determined the medium form factor for each of the three classes of DBH and also the medium form factor for all the 97 tree. The volume model of Schumacher-Hall was also adjusted for each class of DBH and for the all the sample (97 trees) and 4 equations generated were evaluated by the coefficient adjust determination (R_{aj}^2), absolute standerd error estimate (S_{yx}) and relative ($S_{yx}\%$) for the total volume with bark (cm) and analysis of the residual distribution in percentage. To check the

¹Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, CEP 80210-170, Curitiba (PR). Bolsista da CAPES-REUNI. ghloureiro@yahoo.com.br

² Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, CEP 80210-170, Curitiba (PR). Bolsista da CAPES-REUNI. rafaellacurto@yahoo.com.br

³ Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Floresta, Universidade Federal do Paraná-UFPR, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, CEP 80210-170, Curitiba (PR). sintiakohler@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro Florestal, Dr. Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO – PR - 153 km 7, Bairro Riozinho – Cx. Postal 21, CEP 84500-000 – Irati, Paraná. afonso.figueiredo@pq.cnpq.br

⁵ Engenheiro Florestal da empresa Flosul Indústria e Comércio de Madeiras. Rodovia estadual RS 040 km 84, CEP 95552-000 Capivari do Sul-Rs jonasv@flosul.com.br

⁶Engenheiro Florestal, Dr.Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, CEP 80210-170, Curitiba (PR). ncrosot@ufpr.br

differences between the methods was initially used the Bartlett test, which checks the homogeneity of variances of the treatments. The results indicated that to estimate the total volume with bark using the artificial factor form or the volume equation of Schumacher-Hall for *Eucalyptus grandis*, there is no need to stratify the data in diameter classes (DBH).

Keywords: total volume; form factor; volume equation; stratification diametric

INTRODUÇÃO

O Eucalipto é uma das espécies florestais mais cultivadas no Brasil, devido ao seu rápido crescimento e adaptação em diferentes solos e clima. Sua madeira é responsável pelo abastecimento da maior parte do setor industrial de base florestal, suprindo as necessidades para produção de papel e celulose, chapa de fibra e energia (AZEVEDO e QUIRINO, 2006).

Para o conhecimento do potencial florestal de uma região a variável volume é uma das informações de maior importância. Vários métodos foram desenvolvidos para determinação de volumes individuais das árvores, entre eles o fator de forma, que é uma razão entre volumes, sendo utilizado para corrigir o volume do cilindro para o volume da árvore (MACHADO et al., 2005).

O fator de forma pode ser uma ferramenta de grande valia para obtenção de estimativas rápidas da variável volume (MIGUEL et al., 2010), sendo um fator de redução do volume do cilindro para o volume real da árvore e pode ser definido como fator de forma verdadeiro ou artificial. Se o diâmetro do cilindro de referência for medido em uma altura relativa o fator de forma será o verdadeiro, se for medido a uma altura absoluta será o fator de forma artificial (PRODAN et al., 1997).

O volume de árvore tem sido estimado com certa facilidade e acuracidade, empregando-se equações de volume, ajustadas quase sempre a partir do diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (FIGUEIREDO FILHO et al., 1993).

Estudos sobre o fator de forma comparados com a precisão do uso de equações de volume na obtenção do volume total de árvores foram realizados por diversos autores, podendo-se citar: Souza e Jesus (1991); Scolforo et al. (1994); Moura (1994) e Conceição (2004).

Segundo, Guimarães e Leite (1996) a aplicação de modelos de volume é o procedimento mais eficiente para a quantificação da produção em volume de um povoamento florestal.

Para proporcionar maior exatidão nas estimativas de volume de parcelas de inventário florestal, devem-se empregar equações de volume, de razão volumétrica ou de *taper* (afilamento) compatíveis com a variação da população a ser inventariada (CAMPOS e LEITE, 2006), confrontando com a utilização do fator de forma como alternativa na estimativa de volume.

Ainda de acordo com Campos e Leite (2006), a utilização de equações deve ser específica para o gênero *Eucalyptus*, de acordo com espaçamento, idade e por regime de corte, embora muitas vezes seja utilizada uma única equação para toda a população. O mesmo foi discutido por Conceição (2004), referindo-se ao fator de forma.

Para Santos et al. (2006), a separação das árvores em classes de diâmetro tem como finalidade gerar modelos mais precisos e confiáveis, pois segundo estes mesmos autores, tentativas iniciais de gerar equações com todas as árvores, sem separá-las em classes, foram mal sucedidas. Portanto, reforça-se a necessidade de desenvolver modelos separando-os em classes distintas.

Com isto, a divisão das árvores em classes diamétricas tem como finalidade agrupar árvores com prováveis características similares em diâmetro, altura e fuste, diminuindo a amplitude volumétrica entre essas classes, de forma a obter coeficientes de melhor precisão para cada classe.

Desta forma, este estudo teve como objetivo testar a necessidade de estratificar ou não os dados em classes de diâmetro para estimar o volume total de árvores de *Eucalyptus grandis* usando equações de volume e fatores de forma.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido a partir de dados de 97 árvores cubadas amostradas em um plantio de *Eucalyptus grandis* com diferentes idades estabelecido em Balneário Pinhal no estado do Rio Grande do Sul e pertencente à empresa Flosul Indústria e Comércio de Madeiras. Na seleção das árvores buscou-se cobrir toda a variabilidade de diâmetro (DAP) e altura total (Tabela 1).

As árvores amostradas foram divididas em seções, sendo o primeiro diâmetro medido na altura de 0,1 m do solo, em seguida a 0,7 m, 1,3 m e posteriores medidas com intervalos de 1 m, até atingir a altura correspondente ao diâmetro mínimo definido como o de 4 cm. A altura total também foi medida e o volume total com casca de cada árvore foi determinado pelo método de Smalian.

TABELA 1: Distribuição diamétrica e de altura da amostra empregada na pesquisa
 TABLE 1: Diameter distribution and height of the sample used in the research

Classes de DAP (cm)	Classes de altura (m)					Total
	8,0 - 14,4	14,5 - 20,9	21,0 - 27,3	27,4 - 33,7	33,8 - 40,1	
5,0 - 14,9	13	13	7	0	0	33
15,0 - 24,9	0	4	20	16	1	41
25,0 - 34,9	0	0	2	12	9	23
Total	13	17	29	28	10	97

Para desenvolver os estudos com fatores de forma e equações de volume, os dados foram agrupados em 3 classes de diâmetro:

- Classe 1 (DAP < 15 cm): 33 árvores
- Classe 2 (15 ≤ DAP < 25 cm): 41 árvores
- Classe 3 (DAP ≥ 25 cm): 23 árvores

Determinação do Fator de Forma e ajuste da equação de volume

O fator de forma artificial ($f_{1,3}$) das 97 árvores foi determinado pela fórmula:

$$f_{1,3} = \frac{\text{volumedaárvore}}{\text{volumedocilindro}}$$

em que: volume da árvore = volume calculado por Smalian; volume do cilindro = $g_{1,3} \cdot h$; $g_{1,3}$ = área transversal no DAP (m^2); h = altura total (m).

Foi determinado o fator de forma médio para cada uma das três classes de DAP e também o fator de forma médio envolvendo todas as 97 árvores.

O modelo de volume de Schumacher-Hall foi também ajustado para cada classe de DAP e para toda a amostra (97 árvores) e as 4 equações geradas foram avaliadas pelo coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), erro padrão de estimativa absoluto (S_{yx}) e relativo ($S_{yx}\%$) para o volume total com casca (cm) e análise da distribuição de resíduos em porcentagem.

Comparação das estimativas geradas

Os seguintes tratamentos foram comparados:

Tratamento 1: volume calculado pelo método de Smalian (97 árvores);

Tratamento 2: volume estimado com o fator de forma médio da classe 1 (DAP < 15 cm) + volume estimado com o fator de forma médio da classe 2 (15 ≤ DAP < 25 cm) + volume estimado com o fator de forma médio da classe 3 (DAP ≥ 25 cm);

Tratamento 3: volume estimado com o fator de forma médio (97 árvores);

Tratamento 4: volume estimado pela equação de Schumacher-Hall com dados da classe 1 + volume estimado pela equação de Schumacher-Hall com dados da classe 2 + Volume estimado pela equação de Schumacher-Hall com dados da classe 3;

Tratamento 5: volume estimado pela equação de Schumacher-Hall com todas as 97 árvores.

Para verificar a existência de diferenças entre os tratamentos (formas de gerar as estimativas e a testemunha) foi utilizado inicialmente o teste de Bartlett, que verifica a homogeneidade das variâncias dos tratamentos. Partindo-se da hipótese (H_0) de que as variâncias são homogêneas, o teste é calculado da seguinte forma:

$$X^2 = 2,3026 \cdot \left[(\log \bar{S}^2 \cdot \sum GL_i) - \sum (GL \cdot \log S_i^2) \right]$$

em que: \bar{S}^2 = médias das variâncias; $\sum GL_i$ = somatório dos graus de liberdade; GL = graus de liberdade; S_i^2 = variância.

O valor encontrado na fórmula anterior deve ser dividido pelo fator de correção para Bartlett:

$$C = 1 + \frac{1}{3(n-1)} \cdot \left(\sum \frac{1}{GL} - \frac{1}{\sum GL} \right)$$

em que: C = fator de correção; n = número de variâncias; GL = graus de liberdade.

O valor de X^2 foi comparado com o valor tabelado a um nível de probabilidade de 5% e graus de liberdade (n-1). Para haver homogeneidade entre as variâncias o valor calculado deve ser menor que o valor tabelado. Caso contrário, quando as variâncias são heterogêneas (H_1), deve-se fazer a transformação dos dados, buscando homogeneizar as variâncias.

O teste “F” (5% de probabilidade) da análise de variância (ANOVA) foi aplicado a fim de averiguar a existência de diferenças entre as médias dos volumes estimados com os fatores de forma, equações de volume e o volume real.

Caso o teste F indique diferenças significativas entre pelo menos uma das médias dos tratamentos, o teste de Tukey a 5% de probabilidade deve ser aplicado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fatores de forma e equações de volume

Na Tabela 2 estão os fatores de forma médios por classe diamétrica e para toda amostra. Observa-se que o fator de forma diminuiu com o aumento do diâmetro. É esperado que o fator de forma aproxime-se de 1 com o aumento da idade, pois a tendência é que as árvores tornem-se mais cilíndricas com o tempo, porém neste estudo, o povoamento está sendo avaliado quanto a classe diamétrica, ou seja, existem árvores de diferentes idades e alturas, em uma mesma classe, fazendo com que o fator de forma não siga uma mesma tendência.

Segundo Finger (1992), o crescimento em altura é o elemento que mais influencia o fator de forma, isso significa que, árvores geometricamente idênticas, porém com alturas diferentes, têm diferentes fatores de forma artificial.

TABELA 2: Fatores de forma para estimar o volume total com casca para as classes diamétricas 1, 2 e 3 e fator de forma médio

TABLE 2: Form factors to estimate the total volume with bark to the diametric classes 1, 2 and 3 and medium form factor

	Fator de Forma
$f_{1,3}$ médio	0,4403
$f_{1,3}$ classe 1	0,4602
$f_{1,3}$ classe 2	0,4347
$f_{1,3}$ classe 3	0,4261

Valores similares aos encontrados neste trabalho foram obtidos por Conceição (2004) que estudando povoamentos de *Eucalyptus grandis*, determinou o uso de um único fator de forma médio (absoluto) de 0,4623 para a estimativa de volumes de árvores com casca.

Na Tabela 3 estão os coeficientes e respectivas estatísticas da equação de volume de Schumacher-Hall por classe de diâmetro e para todos os dados (97 árvores).

TABELA 3: Coeficientes e estatísticas do modelo de Schumacher-Hall para estimar o volume total com casca por classes de DAP e para toda a amostra (97 árvores)

TABLE 3: Coefficients and statistics of the Schumacher-Hall model to estimate the total volume with bark per DBH classes and for all sample (97 trees)

Classe de DAP (cm)	Equação	$R^2_{ajustado}$	S_{yx} (m ³)	S_{yx} (%)
< 15 cm	$v = -9,879205 \cdot dap^{1,829273} \cdot h^{1,017288}$	98,98	0,0032	4,07
15 - < 25	$v = -10,632812 \cdot dap^{1,868254} \cdot h^{1,225876}$	97,61	0,0143	3,73
≥ 25	$v = -10,660934 \cdot dap^{1,960682} \cdot h^{1,140134}$	96,91	0,0188	2,07
Todas as árvores	$v = -10,098683 \cdot dap^{1,856550} \cdot h^{1,075117}$	99,41	0,0263	6,51

v = volume total com casca (m³); d = diâmetro (DAP) com casca (cm); h = altura total (m).

Os altos valores encontrados para o coeficiente de determinação indicam que o modelo se ajustou adequadamente aos dados em todas alternativas de agrupamentos testados. O erro padrão da estimativa é mais baixo para as classes de DAP, isso devido aos dados serem mais homogêneos, porém o erro encontrado para o ajuste de todas as árvores também é considerado aceitável.

Conceição (2004) ajustou o modelo de Schumacher-Hall para estimativa do volume de 589 árvores de *Eucalyptus grandis* distribuídas entre as idades de 4,5 a 9 anos, encontrando erros entre 3,94 e 9,22% e coeficiente de determinação de 99,81.

Comparação entre as diversas formas de estimativas

O teste de Bartlett indicou que os valores do qui-quadrado (X^2) apresentaram-se não significantes ao nível de 5% de probabilidade, concluindo-se que há homogeneidade entre as variâncias dos tratamentos, pois o $X^2_{calc} = 0,3278$ foi menor que o $X^2_{tab} = 0,9879$.

O teste F da análise de variância (ANOVA) foi não significativo ao nível de 5% de probabilidade, indicando que todas as formas de estimativas testadas apresentam médias iguais. Desta forma, o teste de Tukey não foi aplicado.

Isto significa que utilizar um fator de forma médio para toda a amostra, a fim de representar o povoamento, ou utilizar um fator de forma por classe diamétrica ou aplicar equação de volume de Schumacher-Hall estratificado ou geral, resulta em volumes estimados, estatisticamente iguais.

Scolforo et al. (1994) estudando as relações quantitativas para estimativa de volume na floresta estacional semidecidual montana e Conceição (2004) estudando métodos de estimativa de volume para *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden não encontraram diferenças significativas entre os volumes estimados usando fator de forma artificial, ou natural médio com relação ao volume real obtido por cubagem rigorosa.

Já Souza e Jesus (1991) e Moura (1994) relataram que o fator de forma artificial médio por classe de diâmetro apresentou os resultados mais próximos ao volume real quando comparado com outras técnicas de estimativa de volume. Porém, os fatores de forma médios quando calculados sem considerar as classes diamétricas geraram menor exatidão.

Mesmo com os resultados estatísticos aplicados, foram realizadas mais algumas análises a respeito dos métodos testados nesta pesquisa. Desta forma, na Tabela 4 são apresentados os erros médios de cada método em relação aos volumes observados.

TABELA 4: Erro padrão da estimativa absoluto e relativo para os métodos testados

TABLE 4: Absolute estimated standard error and relative to the methods tested

Métodos	S_{yx} (m ³)	S_{yx} %
$f_{1,3}$ médio	0,029	7,06
$f_{1,3}$ classe 1,2,3	0,025	6,24
Schumacher-Hall estratificado	0,024	5,84
Schumacher-Hall geral	0,026	6,51

Os erros médios apresentados na Tabela 4 indicam que os erros médios são muito próximos, com uma ligeira vantagem para as equações de volume ajustadas com os dados estratificados (em classes de DAP). O pior resultado foi justamente utilizando-se o fator de forma médio (não estratificado).

A análise gráfica dos resíduos de cada método foi também realizada (Figura 1) a fim de prospectar alguma possível tendência dos métodos. Constatou-se que ambos os métodos estratificados subestimam, em geral, o volume das árvores com diâmetros inferiores a 10 cm e que o modelo de Schumacher para toda a amostra (97 árvores) tem uma distribuição bastante homogênea, mas subestima o volume de árvores com mais de 32 cm.

CONCLUSÃO

Os resultados indicam que para estimar o volume total com casca utilizando-se o fator de forma artificial ou a equação de volume de Schumacher-Hall para *Eucalyptus grandis*, não há necessidade de estratificar os dados em classes de diâmetro (DAP).

AGRADECIMENTO

A empresa Flosul Indústria e Comércio de Madeiras por ter cedido gentilmente os dados para a realização deste trabalho.

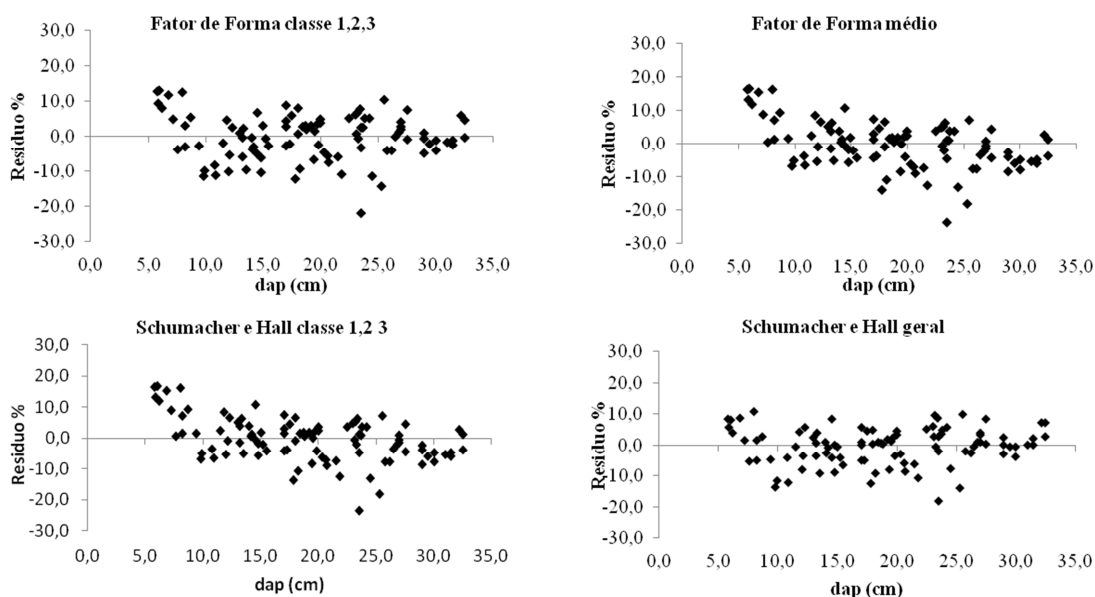


FIGURA 1: Distribuição gráfica dos resíduos para os quatro métodos testados.

FIGURE 1: Graphic distribution of residuals to the four methods tested.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, A. C. S., QUIRINO, W. F. Aumento da estabilidade da madeira de eucalipto através de tratamento térmico. **Revista da Madeira**, Curitiba- PR, n. 98, p. 50-58, 2006.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 170 p., 2006.

CONCEIÇÃO, M. B. **Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden**. Curitiba. UFPR, 2004. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, 2004.

FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, C.G.; MOURA, J. B.; CUNHA, U.S. Conversão de equações de volume em equações de forma compatíveis para *Pinus elliotti*. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7; 1993, Curitiba. **Floresta para desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado: anais**. São Paulo: SBS; [S.I.]: SBEF, 1993. v. 2, p.501-503.

FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/ CEPEF/FATEC, 1992. 269p.

GUIMARÃES, D. P.; LEITE, H. G. Influência do número de árvores na determinação de equação volumétrica para *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 50, p. 37-42, dez. 1996.

MACHADO, S. A., URBANO, E., CONCEIÇÃO, M. B. Comparação de Métodos de Estimativa de Volume para *Pinus oocarpa* em diferentes idades e diferentes regimes de desbaste. **Bol. Pesq. Fl., Colombo**, n. 50, p. 81-98. Jan/jun. 2005.

MIGUEL, E.P.; CANZI, L.F.; RUFINO, R.F.; SANTOS, G.A.. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no Município de Rio Verde – GO. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; 2010.

MOURA, J.B.. *Estudo de forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia Brasileira*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 114 p. 1994.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura forestal**. San José, Costa Rica : IICA, 1997. 586p.

SANTOS, K.; SANQUETTA, C.R.; EISFIELD, R.L.; WATZLAWICK, L.F.; ZILLOTTO, M.A.B. Equações Volumétricas por Classe Diamétrica para Algumas Espécies Folhosas da Floresta Ombrófila Mista no Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 8, nº 1, Jan/Jun 2006.

SCOLFORO, J. R., MELLO, J. M., LIMA, C. S. de A. Obtenção de relações quantitativas para estimativa de volume do fuste em Floresta Estacional Semidecídua Montana. **Revista Cerne**, Lavras, v. 1, n.1, p.

123-134, 1994.

SOUZA, A. L., JESUS, R. M. Equação de volume comercial e fator de forma para espécies da mata Atlântica ocorrentes na reserva florestal da companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 257-273, 1991.

**POTENCIAL ECOLÓGICO PARA O MANEJO DA *Violasurinamensis* (Rol. Ex. Rottb.)
Warb. EM UM AMBIENTE DE VÁRZEA NA RESEX DO RIO CAJARI, AMAPÁ, BRASIL**

**ECOLOGICAL POTENTIAL FOR THE MANAGEMENT OF *Violasurinamensis* (Rol. Ex. Rottb.)
Warb. IN AN ENVIRONMENT OF FLOODPLAINS RESEX IN RIVER CAJARI, AMAPÁ,
BRAZIL**

Harliany de Brito Matias¹; Wegliane Campleo da Silva Aparicio²; Luiz Carlos Marangon³;
Marcelino Carneiro Guedes⁴; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira⁵; Perseu da Silva Aparicio⁶

RESUMO

A virola caracteriza-se por ser uma das principais espécies de potencial econômico para áreas de várzea, a espécie pertencente à família Myristicaceae, que em alguns estados encontra-se ameaçada de extinção, pelo fato de ser explorada desde a época da colonização. Com intuito de contribuir para a conservação e manejo da espécie este trabalho tem como objetivo caracterizar a estrutura da *Virola surinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb. em um ambiente de várzea. O trabalho foi realizado na RESEX do Rio Cajari, criada por meio do Decreto nº 9.145 de 12 de março de 1990, categorizada como uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável e situada no extremo sul do estado do Amapá, com uma área de 501.771ha que abrange três municípios - Laranjal do Jarí (-1°07'12"S e -52°00'00"W, com altitude de 22m), Mazagão (-0°13'00" S e -51°26'00"W, com altitude de 60m) e Vitória do Jarí (-0°55'02" S e -55°24'29"W, a 0m de altitude). Para o estudo da espécie foi implantada, de forma permanente, uma grade de 300 x 300 m (9 ha), paralelas ao rio Ajuruxi e perpendicular ao rio Amazonas. A grade foi dividida em transectos paralelos e equidistantes em 50 m, para auxiliar na locação das parcelas. Dentro da grade foram distribuídas sistematicamente parcelas de 250 m² (10 x 25 m), distando 25 m entre si, totalizando 47 parcelas, aproximadamente 1,1 ha. Dentro das parcelas, os indivíduos arbóreos vivos que apresentaram CAP (circunferência a altura do peito medido a 1,30m do solo) ≥ 10 cm, foram mensurados e receberam placas devidamente rotuladas com numeração progressiva. A análise da distribuição diamétrica foi elaborada por meio de histograma com intervalo de 10cm. E o padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita. No levantamento de dados foram encontrados 21 indivíduos de *Violasurinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb. A distribuição diamétrica seguiu em forma de "J" invertido, ou seja, com elevado número de indivíduos nas primeiras classes de diâmetros e o padrão de distribuição espacial foi aleatório. **Palavras chave:** Distribuição diamétrica; padrão espacial; *Virola surinamensis*.

ABSTRACT

The *Virola* is a species of economic potential for the lowland areas, the species is of the Myristicaceae family, in some states it is in extinction, because has been exploited since the time of colonization. We wish to contribute to the conservation and management of the species structure of *Virola surinamensis* (ex Rol. Rottb.) Warb. in a floodplain environment. The study was conducted in a Unit of Sustainable Use, Cajari River RESEX, created by Decree No. 9145 of March 12, 1990, situated far south of the state of Amapá, with an area of 501.771ha which covers three counties - Laranjal do Jarí (-1 ° 07'12 "S and -52 ° 00'00" W, altitude 22m), Mazagão (-0 ° 13'00 "S and 51 ° 26'00 "W, altitude 60m) and Vitória do Jarí (-0 ° 55'02" S and 55 ° 24'29 "W, 0m altitude). To study the species was established on a permanent grid of

¹ Engenharia Florestal, Estudante da Universidade do Estado do Amapá, UEAP, Bolsista de Iniciação Científica, CNPq, Rua Carlos Cantideo Corte, nº 906, CEP:68903-260, Jardim Marco Zero, Macapá-AP, harliany@hotmail.com

² Engenharia Florestal, Doutora em Ciências Florestais, Professora do Departamento de Ciências Biológicas, UNIFAP, Rua: 1º Avenida da Universidade, nº 1523, CEP:68903-410, Universidade, Macapá, AP, wellaparicio@unifap.br.

³ Engenheiro Florestal, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Professor do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP:52171-900, Dois Irmãos, Recife – PE. marangon@dfl.ufrpe.br.

⁴ Engenheiro Florestal, Doutor em Recursos Florestais, pesquisador da EMBRAPA – Amapá. Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, nº 2600, CEP:68903-419, Macapá, AP. mcguedes@cpafap.com.br

⁵ Engenheiro Florestal, Doutor em Ciência Florestal, Professor do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP:52171-900, Dois Irmãos, Recife – PE. rinaldo@dfl.ufrpe.br.

⁶ Engenheiro Florestal, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Professor da Universidade do Estado do Amapá, UEAP, Rua: 1ª Avenida da Universidade, nº 1523, Universidade, CEP:68903-410, Macapá-AP, perseu_aparicio@yahoo.com.br

300 x 300 m (9 ha), parallel to the Ajuruxi river and perpendicular the Amazon River. The grid was divided in transects at 50 m. Within the grid were plotted systematically 47 plots of 250 m² (10 x 25 m), totaling approximately 1.1 ha, with distance of 25 m. Into the plots, the individual trees alive who had CBH (circumference at breast height measured at 1.30 m of soil) \geq 10 cm were measured with plates of consecutive numbering. For analysis of the diameter distribution was prepared a histogram with an interval of 10cm. And the pattern of spatial distribution was estimated through the Morisita index. Was found 21 individuals of *Virola surinamensis* (ex Rol. Rottb.) Warb. The diameter distribution followed was a "J" turns, with high numbers of individuals in the diameter classe first and the spatial distribution pattern was random.

Keywords: diameter distribution; spatial pattern; *Virola surinamensis*.

INTRODUÇÃO

No Brasil existem aproximadamente 35 espécies de virola (Myristicaceae) distribuídas principalmente no Acre, Rondônia e Amazonas (TEXEIRA, 2007). Entre as principais espécies deste gênero encontra-se a *Virola surinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb. geralmente presente em ambientes alagados, sendo uma das espécies mais exportadas pela indústria madeireira do estuário amazônico (LEITE, 2006).

A espécie é empregada em construção de interiores, carpintaria, marcenaria e na fabricação de caixas, palitos de fósforo, laminados, compensados, celulose e papel. O óleo extraído das sementes (sebo de ucuúba), rico em trimiristina e de odor agradável, pode ser usado na fabricação de velas, sabões, cosméticos e perfumes. O elevado conteúdo de óleo das sementes (60 a 73%) deu origem ao nome "ucuúba", que significa árvore que produz substância gordurosa (CESARINO, 2006).

A *Virola surinamensis* segundo dados da IUCN (2006) encontra-se na lista vermelha em perigo de extinção sendo que sua distribuição abrange Costa Rica, Equador, Colômbia, Guiana Francesa, Guiana, Panamá, Peru, Suriname, Venezuela e Brasil (Amapá, Amazonas, Maranhão, Pará, Pernambuco e Roraima).

Tendo em vista todo o processo de exploração desordenada que a espécie vem sofrendo desde a época da colonização, muitos Estados amazônicos consideram a espécie ameaçada de extinção o que ocasionou na proibição de sua retirada da floresta. Neste contexto destaca-se o grande potencial madeireiro e não madeireiro da *Virola surinamensis* e a importância de estudá-la, já que na região não se tem muitos estudos sobre a espécie.

Contudo, é relevante estudar sua forma de distribuição florestal, o seu potencial de crescimento e sua estrutura. Afim de desenvolver planos de práticas de uso, para que a espécie seja manejada de forma sustentável.

Tendo em vista que a distribuição espacial das árvores é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de planos de manejo, uma vez que ela está relacionada com o arranjo das espécies na área, dispersão, preferência por habitats, competição e estratégias de condução de colheita com um menor impacto e menor custo.

Austregésilo et al. (2004), enfatizaram a importância de se realizar estudos em florestas a fim de propiciar o conhecimento e a manutenção da biodiversidade, além de viabilizar a exploração de seus produtos, bens e/ou serviços provenientes, de forma planejada e racional, garantindo o fluxo contínuo desses recursos.

Sendo assim, o estudo da estrutura de uma espécie dentro de seu ecossistema vem se tornando indispensável a cada dia, pois é uma ferramenta fundamental para subsidiar práticas de planos de manejo criteriosos, além de contribuir para sua conservação.

Neste sentido o objetivo deste trabalho é fazer a caracterização estrutural da *Virola surinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb. no ambiente de várzea na RESEX do Rio Cajarí com o intuito de avaliar o seu potencial para práticas de manejo florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo foi desenvolvido na Resex do Rio Cajarí, criada por meio do Decreto nº 9.145 de 12 de março de 1990, categorizada como uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável e situada no extremo sul do estado do Amapá, com uma área de 501.771ha que abrange três municípios - Laranjal do Jarí (-1°07'12"S e -52°00'00"W, com altitude de 22m), Mazagão (-0°13'00" S e -51°26'00"W, com altitude de 60m) e Vitória do Jarí (-0°55'02" S e -55°24'29"W, a 0m de altitude).

A Resex do Rio Cajarí possui um clima tropical úmido, com precipitação anual de cerca de 2.500mm e temperatura média anual variando de 25 a 30°C (DRUMMOND, 2004). De acordo com Veloso et al. (1991), as formações vegetacionais da Resex são representadas por uma extensa área de Floresta Densa de Terra Firme, com tipologias florestais que variam de Floresta Densa de Baixos Platôs a Floresta Densa Sub-Montana e por Floresta Densa de Planície Aluvial (Floresta de Várzea).

As florestas de Várzea, caracterizam-se como o segundo maior ambiente florestado do Estado, correspondendo em termos territoriais, a uma área de aproximadamente 250 mil km², ou 5% da superfície da Amazônia Legal (RASEIRA et al. 2008). Sendo que no Estado do Amapá as Florestas de Várzea ocupam aproximadamente 5% do seu território.

O trabalho foi realizado no ambiente de várzea, em uma grade de área permanente na comunidade do Ajuruxi, selecionada pela facilidade de acesso e maior controle ambiental por parte da população ribeirinha.

Coleta de dados

O trabalho seguiu a metodologia de coleta de dados padronizada para as atividades da rede de pesquisas em produtos florestais não-madeireiros (PFNMs) na Amazônia – projeto Kamukaia (WADT, 2004).

Inventário da Estrutura Arbórea

Foi implantada, de forma permanente, uma grade de 300 x 300 m (9 ha), paralelas ao rio Ajuruxi e perpendicular ao rio Amazonas. A grade foi dividida em transectos paralelos e equidistantes em 50 m, para auxiliar na locação das parcelas.

Dentro da grade foram distribuídas sistematicamente parcelas de 250 m² (10 x 25 m), distando 25 m entre si, totalizando 47 parcelas, aproximadamente, 1,1 ha, como mostra a Figura 1.

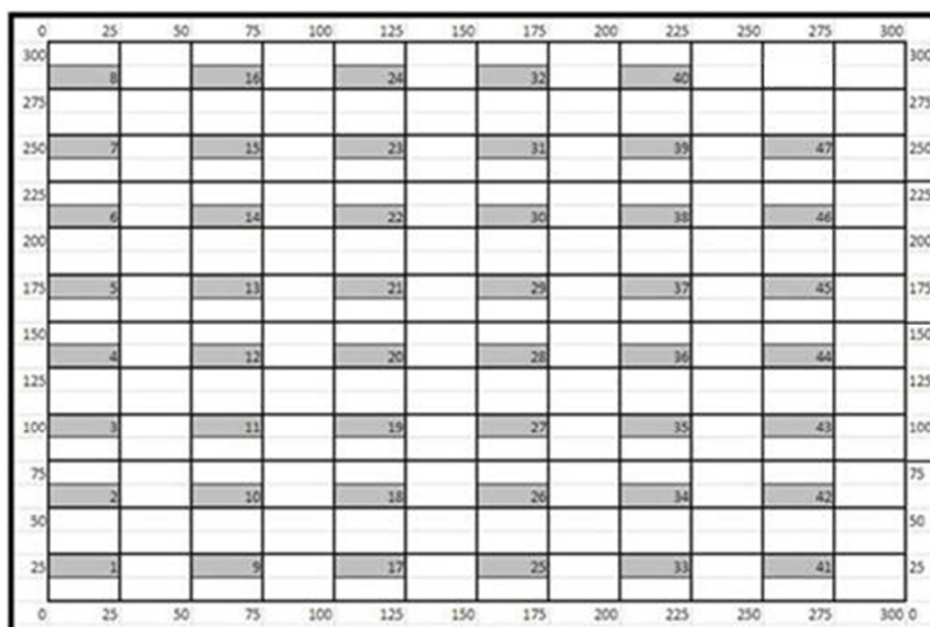


FIGURA 1: Distribuição das parcelas, na grade no Rio Ajuruxi, Resex do Rio Cajari, Amapá.
FIGURE1: Distribution of the parcels in the grid in Rio Ajuruxi, Resex Cajari River, Amapá.

Dentro das parcelas, os indivíduos arbóreos vivos que apresentaram CAP (circunferência a altura do peito medido a 1,30m do solo) \geq 10 cm, foram mensurados e receberam placas devidamente rotuladas com numeração progressiva. Para mensurar os indivíduos foi utilizada trena de bolso.

Levantamento Florístico / Identificação

A identificação taxonômica das espécies foi limitada aos indivíduos mensurados dentro da área amostral, sendo realizado um reconhecimento prévio em campo com ajuda de parataxônomos experientes.

Para este estudo considerou-se a espécie arbórea *Virola surinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb. foi encontrada em 16 parcelas dentre as 47 existente na grade, totalizando 21 indivíduos.

Distribuição Diamétrica

Para o estudo da distribuição diamétrica nos dois ambientes, a amplitude e o número de classes a serem utilizados foram calculados de acordo com a metodologia descrita por Higuchi et al. (2008) sendo que o intervalo entre as classes foi ajustado segundo o número de classes. Assim, a análise da distribuição diamétrica foi elaborada por meio de um gráfico com número de indivíduos por centro de classes de diâmetro, no qual o diâmetro mínimo foi de 3,75cm e o máximo DAP > 43,75cm e a amplitude foi de 10 cm, que é recomendada pelo Serviço Florestal Brasileiro.

Distribuição Espacial

O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita (Id).

$$I_d = \frac{n \cdot (\sum_{i=1}^s X_i^2 - N)}{N \cdot (N - 1)}$$

Em que: Id: índice de Morisita; n: número total de parcelas amostradas; N: número total de indivíduos por espécie, contidos em n parcelas; X_i^2 : quadrado do número dos indivíduos por parcela; s: número de espécies amostradas

A significância dos valores calculados para índice de Morisita (Id) foi obtida mediante o teste do qui-quadrado, para $gl = (20)$ e um nível de significância de 0,05 de probabilidade de erro.

$$X^2 = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^s X_i^2}{N} - N$$

Em que: X^2 : valor do qui-quadrado; N, X_i^2 e n: já definidos;

A interpretação do valor do qui-quadrado foi baseada no seguinte: se o valor calculado for menor que o valor tabelado, o (Id) não difere significativamente de 1, e a espécie apresentará um padrão de distribuição aleatório. Porém, se o valor do qui-quadrado for maior que o valor tabelado, a espécie tenderá a um padrão de distribuição agregada, se ($Id > 1$), ou uniforme, ($Id < 1$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição diamétrica

No levantamento realizado foram encontradas 21 árvores com diâmetro variando entre 3,75 e 68,75 cm. A densidade encontrada foi de 17,9 ind/ha. De acordo com a Resolução nº 406/2009, para o manejo são obrigatória a permanência de pelo menos 3 indivíduos/espécie a cada 100 ha. Tendo em vista o resultado encontrado para espécie em estudo, ser considerado bastante satisfatório para o manejo da mesma na área, possivelmente esta, poderá ser explorada sustentavelmente de maneira isolada ou em conjunto com as demais espécies contidas na área.

Esta densidade encontrada para a *Virola surinamensis* na área de estudo é semelhante à densidade encontrada por Tonini et al. (2008) que trabalhando com a estrutura e distribuição espacial da Andiroba em florestas naturais de Roraima, encontrou para a espécie uma densidade de 16,1 árvores/hectare, também denotando que a espécie está apta para manejo na região.

A distribuição diamétrica dos indivíduos de *Virola surinamensis* (Figura 2) apresentou distribuição exponencial em forma de “J” invertido, seguindo o padrão característico de florestas nativas. Com predominância dos indivíduos nas primeiras classes de diâmetros. Sendo que a primeira classe concentrou 62% dos indivíduos inventariado com DAP de 3,75 a 13,75, decrescendo na segunda classe para 14% em que os indivíduos possuem DAP de 13,76 a 23,75.

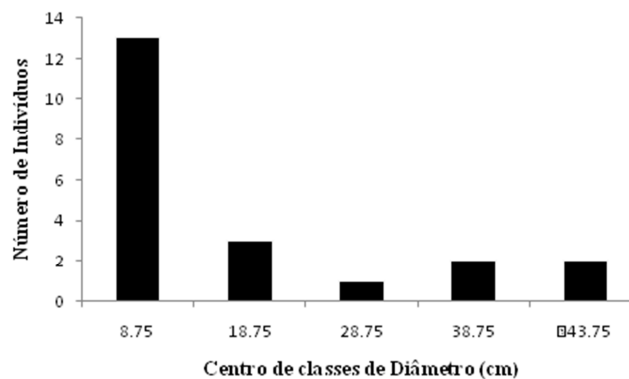


FIGURA 2: Gráfico da Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Virola surinamensis* amostrados em floresta de várzea na RESEX do Rio Cajari.

FIGURE2: Graph of Diameter distribution of individuals of *Virola surinamensis* sampled in a lowland forest in RESEX Cajari River.

Este resultado encontrado corrobora com os de Carim et al. (2008), no estudo da composição florística e estrutura de floresta de várzea no município de Mazagão, Amapá, na qual 58,36 % dos indivíduos ocuparam a primeira classe, 19,77 % a segunda classe e as demais classes foram compostas

por menos de 10% dos indivíduos.

De acordo com Gama et al. (2002) e Santos e Jardim (2006) essa forma de distribuição de indivíduos por classe de diâmetro, na qual decresce de uma classe diamétrica para outra inferior é característica de florestas tropicais que mantêm um expressivo número de indivíduos nas duas primeiras classes de tamanho.

Este resultado da distribuição diamétrica da espécie *Viola surinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb em forma de “J” invertido, revela que há um elevado número de indivíduos nas classes de menor diâmetro. Lehn et al. (2008) relata que estes indivíduos possuem grande potencial regenerativo e de manutenção dos níveis atuais de densidade. Entretanto, poucos indivíduos estão conseguindo atingir as classes diamétricas posteriores. No entanto, no caso da *Viola* a espécie segue um padrão característico de uma comunidade florestal heterogênea com um déficit apenas na terceira classe diamétrica.

Nesse sentido para uma conclusão mais contundente sobre o comportamento e distribuição diamétrica das espécies, faz-se necessário um estudo de regeneração natural e da etnobotânica para verificar prováveis níveis de exploração dessa espécie pela comunidade local (COSTA JUNIOR et al., 2008).

Distribuição Espacial

Como o valor calculado do qui-quadrado (52,857) foi menor que o valor tabelado (62,830) a um nível de significância de 0,05, o ($Id=1,343$) não difere significativamente de 1 e portanto, o padrão de distribuição espacial da *Viola surinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb é aleatório na área.

Este resultado corrobora com o de Santos (2011) no estudo da Estrutura do gênero *Viola* na Floresta Estadual do Amapá, no qual o gênero *Viola* estudado em três níveis, apresentou distribuição aleatória em todos os níveis para o índice de morisita .

Já no estudo da estrutura e dinâmica de floresta de várzea no estuário amazônico, no estado do Amapá, Queiroz et al. (2007), comparando a distribuição espacial de várias espécies nos anos de 2000 e 2005, encontraram para *Viola surinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb. um padrão agrupado para os dois anos considerados. Essa diferença nos resultados pode estar relacionada ao critério de inclusão adotado, considerado diferente para os distintos trabalhos.

A espécie no Estado do Amapá não se encontra em extinção e na área apresenta uma quantidade de indivíduos por hectare propícia a atividade de manejo. Entretanto a distribuição aleatória demonstra que a espécie pode estar distribuída em toda a área amostral o que ocasiona a sua perpetuação sem preferências por habitat específicos. Mas não colabora significativamente em planos de manejo, pois esse comportamento dos indivíduos pode dificultar a exploração e toda cadeia de colheita da espécie na área, aumentando o investimento econômico.

Tendo em vista que o comportamento aleatório nas espécies não determina ao certo onde os indivíduos estão localizados, são necessários estudos criteriosos de mapeamento seguido de delineamento para escolher locais mais propícios para abertura de ramais, minimizando os impactos e custos na retirada dos indivíduos da espécie na colheita.

CONCLUSÃO

A distribuição diamétrica do gênero *Viola* apresentou comportamento na forma “J” invertido, característica de comunidades florestais, indicando que estes indivíduos possuem grande potencial regenerativo e de manutenção dos níveis atuais de densidade.

A espécie apresentou uma densidade por hectare significativa, propícia para o manejo, sendo uma espécie que possivelmente poderá ser explorada sustentavelmente isoladamente ou em conjunto com as demais espécies contidas na área.

O padrão de distribuição espacial dos indivíduos de *Viola surinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb. na área de estudo é aleatório, denotando uma maior preocupação no delineamento dos ramais para exploração, minimizando impactos e custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTREGÉSILO, S. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SOUZA, A. L.; MEUNIER, I. M. J.; SANTOS, E. S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. *Revista Árvore*, v.28, n.2, p.227-232, 2004.

CESARINO, F. *Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá*, 2006.

COSTA JUNIOR, R. F; FERREIRA, R. L. C; RODAL, M. J. N.; FELICIANO, A. L. P.; MARAGON, L. C.; SILVA, W. C. Estrutura Fitossociológica do Componente Arbóreo de um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.18, n. 2, 2008. p.173-183.

- DRUMMOND, J.A. Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá. **IBAMA; SEMA-AP**, Macapá, 2004.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N. **Biometria Florestal**. INPA, Manaus-AM, 2008. 14p.
- IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais. 2006. **Lista vermelha**. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/info/tables/table3b>> . Acesso em: 10/06/2011.
- LEHN, C. R.; SALIS, S.M.; MATTOS, P. P.; JUNIOR, G. A. D. Estrutura e distribuição espacial de *Trichilia elegans* A. Juss. (Meliaceae) em uma floresta semidecídua no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Rev. Biol. Neotrop.** 5(2): 1-9, 2008.
- LEITE, H. G. et al. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (ROLL.) WARB. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.99-106, 2006.
- QUEIROZ, J. A. L.; MACHADO, S. A.; HOSOKAWA, R. T.; SILVA, I. C. Estrutura e dinâmica de floresta de várzea no Estuário amazônico no estado do Amapá. **Revista Floresta**, Curitiba-PR. v.37, n.3, set/dez 2007.
- RASEIRA, M.B.; DANTAS, J.; VIDAL, M.D.; RUFFINO, M.L (organizador). **Projeto Manejo dos Recursos Naturais** – Manaus: Ibama/ProVárzea, 48 p. 2008
- SANTOS, E.S. **Estrutura do gênero *Virola* na floresta estadual do Amapá**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal)- Universidade do Estado do Amapá, 2011.
- TEIXEIRA, A. F. **Tese em Química Orgânica** – Universidade de São Paulo, São Paulo. 158 p. 2007.
- TONINI, H.; COSTA, P.; KAMISKI, P.E.; **Estrutura e Distribuição Espacial da Andiroba em Floresta Natural de Roraima**. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – Embrapa Roraima. 2008.
- VELOSO, H. P.; Rangel-Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: 1991.
- WADT, L. H. O. **Manejo de produtos florestais não madeireiros na Amazônia**. Rio Branco: Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - Embrapa Acre: 67 p. 2004.

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE CUBAGEM ABSOLUTA PARA ESTIMATIVA DE ALTURA TOTAL PARA CADA IDADE EM ANÁLISE DE TRONCO DE *Pinus taeda*.

COMPARISON OF ABSOLUTE SCALING METHODS FOR HEIGHT ESTIMATION IN DIFFERENT AGES USING STEM ANALYSIS FOR *Pinus taeda*.

Henrique Moreira Dabien Haddad¹; José Roberto Soares Scolforo²; Bruno Rogério Cruz³; Kalill José Viana da Pásco⁴; Reinaldo Frederico Siqueira Montalvão⁵

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi comparar os valores dos desvios das alturas estimadas para cada idade por meio da técnica de análise de tronco pelo método de Carmean (1972), para diferentes métodos de cubagem absoluta e identificar o mais preciso para árvores de *Pinus taeda* aos 21 anos, para a região de Arapoti/PR. Para isso, a cubagem absoluta que possuiu seccionamento com variação de 1 m foi escolhida como referência para a determinação da altura real, já que possui uma maior variação do fuste. Sendo assim, o trabalho envolveu cubagens absolutas com intervalos de 2 m, 3 m, 4 m e 5 m entre as secções e seus desvios foram referentes à cubagem absoluta de 1 m. Foram cubadas seis árvores e coletaram-se discos de aproximadamente 3 cm de espessura nas alturas de 0,0 m; 0,30 m; 0,7m; 1,30 m; 2,00 m; 3,00 m; e assim a cada 1 m até a altura total da árvore. Para análise dos dados, aplicou-se o teste de aderência à normalidade de Kolmogorov-Smirnov e constatou-se a ausência de distribuição normal. Aplicou-se então o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e constatou-se que as variações entre as distâncias de seccionamento não diferem entre si. A estatística em si não correspondeu ao melhor método de análise dos dados, já que para idades inferiores a 5 anos a variância dos dados mascarou a análise de cada método de cubagem absoluta, comprometendo a aplicação dos testes anteriores. A avaliação qualitativa dos métodos indicou que o seccionamento de 2 m possui o melhor desempenho geral, sendo o erro médio estimado em relação à altura da secção de 10,78%, e que os demais métodos tiveram desempenho similar, sendo que o erro médio estimado em relação à altura da secção variou entre 15,70 - 17,86%. Porém, o erro médio em relação à altura da secção para seccionamento de 2 m para idades superiores a 5 anos é de 1,70% e para idades até 5 anos é de 39,40%. Concluiu-se que o seccionamento utilizado para cubagem para idades até 5 anos deve ser o de 1 m, devido à variância dos dados e menor precisão nas estimativas. Já para idades superiores a 5 anos os quatro métodos possuem um desempenho homogêneo, com o erro médio em relação à altura da secção variando entre 1,70 - 2,35%.

Palavras-chave: anatro; discos; anéis de crescimento; pinus; Carmean.

ABSTRACT

The goal of this work was to compare the values of height deviations estimated for each age by means of the stem analysis technique of Carmean (1972), considering different methods of absolute scaling in order to identify the most accurate scaling method for *Pinus taeda* trees 21 years of age, in the region of Arapoti/PR. Thus, the absolute scaling with a variation of 1 m was chosen as a reference for the determination of the actual height. Thus, the work involved absolute scalings varying from 2 m, 3 m, 4 m and 5 m between the sections and their deviations were compared to the 1 m sections. Disks approximately 3 cm thick were collected from six trees on the heights of 0.0 m; 0.30 m; 0.7 m; 1.30 m; 2.00 m; 3.00 m; and so on every 1 m up to the total height of the tree. The results of a Kolmogorov-Smirnov's adherence test showed a lack of normality of the data. The application of the non-parametric

¹ Graduando em Engenharia Florestal, 10º módulo, Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. Iniciação científica voluntária. hmoreiralavras@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. jscolforo@ufla.br

³ Graduando em Engenharia Florestal, 9º módulo, Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. Bolsista FAPEMIG. b_roger121@hotmail.com

⁴ Engenheiro Florestal, aluno especial do Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, DCF, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG. kalillpascoa@gmail.com.

⁵ Graduando em Engenharia Florestal, 11º módulo, Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. Bolsista FAPEMIG. fredmontalvao@hotmail.com

Kruskal-Wallis test showed that the variations between the sectioning distances did not differ among themselves. The statistic itself did not match the best method of data analysis, since for ages less than 5 years the variance of the data masked the analysis of each absolute scaling method, compromising the implementation of previous tests. The qualitative assessment of the methods indicated that the 2 m sectioning presented the best overall performance, presenting a estimated average error in relation to the section height of 10.78%, and that other methods have similar performance, with estimated average error in relation to section height varying from 15.70 to 17.86%. However, the average error in relation to section height for 2 m sectioning for ages over 5 years was 1.70% and for ages up to 5 years was 39.40%. It was concluded that the sectioning used in scaling for ages up to 5 years should be 1 m, due to the variance of the data and less precise estimates. For ages over 5 years the four methods have a homogeneous performance, with the average error in relation to section height varying from 1.70 to 2.35%.

Keywords: stem analysis; disks; growth rings; pinus; Carmean.

INTRODUÇÃO

A análise de tronco (anatro) é uma técnica que possibilita a reconstrução do desenvolvimento em altura das árvores, visando o ajuste de equações altura-idade, através da contagem dos anéis de crescimento em diferentes alturas. Com as informações destes incrementos podem-se obter, para um indivíduo, informações sobre as mudanças na forma e no crescimento em volume para diferentes idades (SCOLFORO et al., 2005).

O diâmetro para diferentes idades pode ser obtido facilmente pela medição da largura dos anéis de crescimento anual na superfície dos discos, retirados ao longo do fuste, por meio de uma régua, por exemplo. Já para a determinação do crescimento em altura deve-se atentar para o fato de que existe uma grande dificuldade de se encontrar a posição dos nós anuais de crescimento (pontos ou cicatrizes ao longo do fuste onde o crescimento anual em altura cessa), simplesmente pelo fato da existência do padrão de conicidade no crescimento das árvores.

Para a obtenção da altura real, Machado et al.(2010) descreve que os valores reais das alturas em cada ano podem ser medidos diretamente nos troncos, rachando-se as seções entre discos ao longo da medula e procurando-se pelo ponto exato em que cada idade termina.

A altura do nó anual de crescimento (altura total para uma determinada idade) pode também ser obtida por estimativas, através de modelos baseados unicamente na contagem dos anéis e por modelos baseados na contagem dos anéis e de seus respectivos diâmetros. Sendo assim, a altura total pode ser obtida, para uma determinada idade, através da soma da altura da secção de interesse acrescida da altura de cessamento do crescimento, que se localizará acima do disco em questão.

A análise de tronco surge como uma ferramenta de obtenção de dados, relacionando diâmetros e alturas em diferentes idades. Para Ferreira et al.(2005), a análise de tronco ainda possibilita a classificação de sítios florestais através de estudos cronodendrométricos, nos quais se obtêm os dados de altura dominante – idade necessários à classificação.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e características da área

A área de estudo está localizada na região sul do Brasil, mais precisamente no município de Arapoti, estado do Paraná, com altitude média de 800 m, e pertencente a Indústria de Papel Arapoti S. A. (Inpacel). O solo é predominantemente arenoso e o relevo varia de ondulado a fortemente ondulado (FERREIRA et al.,2005).

A região apresenta temperatura média anual inferior a 22°C no mês mais quente do ano e precipitação média anual no mês mais chuvoso de 225,4 mm (janeiro). Segundo Köeppen o clima da região é subtropical quente-temperado (Cfb) (Instituto Agrônômico do Paraná, 1994).

Coleta dos dados e estimativas das alturas

Para realização do estudo foram utilizadas 6 árvores dominantes, todas elas localizadas na fazenda Caete, com idades variando entre 20 – 21 anos e altura variando entre 27,22 – 29,92 m.

De cada árvore abatida foram retirados discos, com espessuras aproximadas de 3 cm, nas alturas: 0,0 m; 0,30 m; 0,7m; 1,30 m; 2,00 m; 3,00 m; e assim a cada 1 m até a altura total da árvore. Os discos foram levados ao laboratório e tiveram sua face de análise lixada, com o objetivo de facilitar o processo de contagem dos anéis de crescimento. Após a contagem dos anéis a base de dados foi organizada possibilitando a aplicação dos diferentes métodos seccionamento na cubagem.

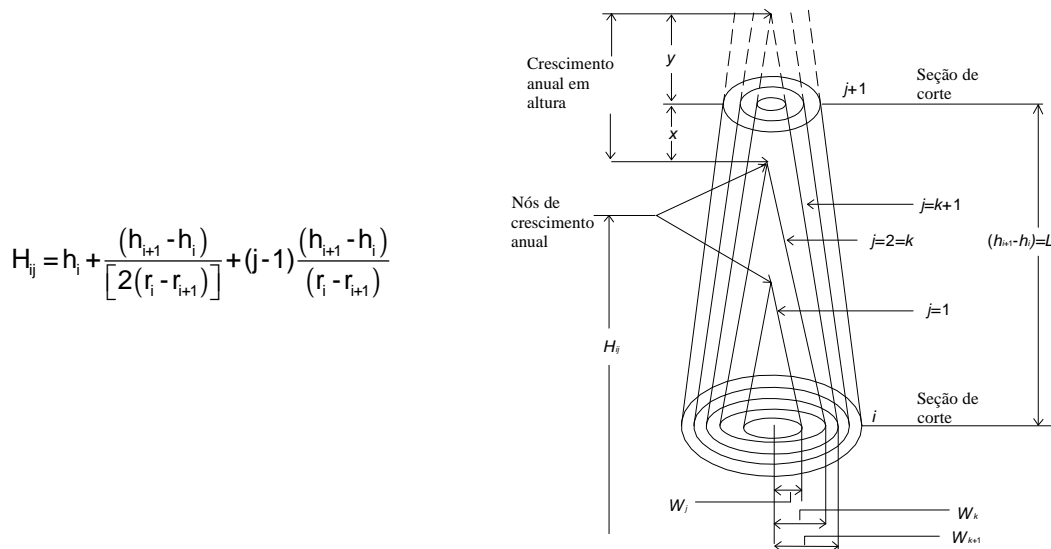


FIGURA 1: Processos: (a) Abate das árvores selecionadas. (b) Seccionamento da árvore. (c) Identificação dos discos. (d) Contagem dos anéis de crescimentos (SCOLFORO et al., 2005).

FIGURE1:Process: (a) slaughter of selected trees. (b) severing the tree. (c) Identification of the discs. (d) Counting the growth rings (SCOLFORO et al., 2005).

Existem vários métodos para a estimativa da altura por idade pela análise de tronco. Segundo Ferreira (2005), o mais simples e teoricamente o mais consistente é o de Carmean (1972). Para Machado et al. (2010), os métodos de Carmean (1972) e Lenhart (1972) geram desvios não significativos para a maioria das árvores estudadas, sendo, portanto, os mais precisos para as estimativas de altura.

O método escolhido para este estudo é o de Carmean (1972), que segundo Scolforo (2005) se baseia em dois princípios: a) o crescimento anual em altura é constante para qualquer ano, independente de estar completamente ou parcialmente contido dentro da mesma seção; e b) em média o disco é retirado no meio da altura de crescimento anual. Matematicamente, o método pode ser descrito como:



Onde: j – cada anel de crescimento contado a partir da medula, para cada i ésimo disco retirado da árvore, $j=(1,2, \dots, r_i)$; r_i – número de anéis de crescimento no i ésimo disco; i – número do disco, sentido base-

topo; n – idade total da árvore; h_i – altura de corte do *i*ésimo disco, ou seja, é a soma de todos os comprimentos abaixo do *i*ésimo disco; H_{ij} – altura total estimada na idade; t_{ij} ; t_{ij} – idade da árvore associada ao anel j no *i*ésimo disco.

Matematicamente:

$$t_{ij} = n - ri + j$$

Onde: w_j – Raio do *j*ésimo anel de crescimento (cm); w_k – Raio do anel interno k (cm).

Os métodos de seccionamento empregados no estudo variam em função da distância dos discos retirados na árvore e está baseado na organização da base de dados, já que em campo a cubagem foi feita com a variação de 1 m entre os discos. As distâncias de seccionamento testadas foram: a) 2 m; b) 3 m; c) 4 m; e d) 5 m. A tabela abaixo exemplifica, para uma dada árvore, a metodologia de trabalho mostrando como foi feita a seleção dos discos para cada metodologia.

TABELA 1: Discos selecionados para cada seccionamento.

TABLE1: Diskselected foreach section.

Disco	Árvore 1				
	Real	2 m	3 m	4 m	5 m
1	0	X	X	X	X
2	0,3				
3	0,7				
4	1,3				
5	2	X			
6	3		X		
7	4	X		X	
8	5				X
9	6	X	X		
10	7				
11	8	X		X	
12	9		X		
13	10	X			X
14	11				
15	12	X	X	X	
16	13				
17	14	X			
18	15		X		X
19	16	X		X	
20	17				
21	18	X	X		
22	19				
23	20	X		X	X
24	21		X		
25	22	X			
26	23				
27	24	X	X	X	
28	25				X
28	26	X			
29	27		X		
30	28	X		X	
30	29				
Ht	29,9				
Discos total	30	15	10	8	6

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Teste de aderência à normalidade (Kolmogorov-Smirnov)

Uma distribuição de probabilidades é uma função matemática usada para descrever o padrão de variação de uma variável contínua. Ao se aplicar um teste para comparação de médias ou um modelo de regressão, é necessário checar se as suposições assumidas por estes testes são razoáveis. Os métodos estatísticos mais conhecidos supõem que a variável resposta (ou dependente) tem distribuição normal (PAES, 2009).

Para este estudo aplicou-se o teste de aderência à normalidade de Kolmogorov-Smirnov e observou-se ausência de distribuição normal dos dados: D teste= 0,97259; D crítico = 0,06107.

Teste não paramétrico (Kruskal-Wallis)

De acordo com Paes (2009), após a análise preliminar e a constatação de que a distribuição normal não pode ser assumida, algumas alternativas podem ser adotadas, sendo a mais comum delas utilizar testes não-paramétricos.

Para este estudo aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis observou-se ausência de variações entre as distâncias de seccionamento, ou seja, os métodos de cubagem não diferem entre si. Além disso, testou-se a transformação dos dados em várias categorias, porém sem sucesso.

Avaliação Qualitativa

Pôde-se observar que a estatística em si não correspondeu ao melhor método de análise dos dados para este estudo, já que para idades inferiores a 5 anos a variância dos dados foi elevada, o que mascarou a análise de cada método de cubagem absoluta, comprometendo a aplicação dos testes estatísticos anteriores.

A Figura 2 exemplifica a variação dos desvios de cada método de seccionamento em relação às idades.

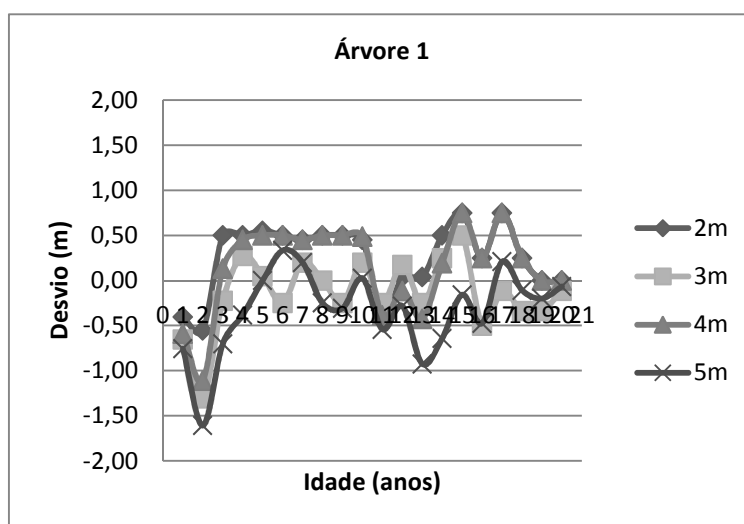


FIGURA 2: Variação dos desvios em relação às idades.

FIGURE2: Variation of deviations from the ages.

As médias dos desvios para cada método de cubagem em relação à altura estimada na seção foram quantificadas a seguir, sendo calculados os desvios para as idades: a) 1 a 5 anos; b) 6 – 20 anos; e c) 1 a 20 anos.

TABELA 2: Desvio médio 1 a 5 anos.

Árvore	Método			
	2m	3m	4m	5m
1	48,41	78,91	71,31	95,83
2	12,05	29,56	20,84	16,92
3	55,94	96,64	82,42	77,47
4	55,52	93,17	82,18	114,47
5	9,32	6,54	9,86	8,88
6	55,14	51,11	88,24	81,72
Média	39,4	59,32	59,14	65,88

TABELA 3. Desvio médio 6 a 20 anos.

Árvore	Método			
	2m	3m	4m	5m
1	2,07	1,25	2,13	1,68
2	2,25	2,22	2,67	2,33
3	1,6	1,76	1,89	2,7
4	1,42	1,84	2,15	1,77
5	0,95	1,65	2,05	2,33
6	1,9	2,37	2,16	3,31
Média	1,7	1,85	2,18	2,35

TABELA 4: Desvio médio geral (1-20 anos).
 TABLE4: Overall averagedeviation(1-20years).

Árvore	Método			
	2m	3m	4m	5m
1	13,66	20,66	19,43	25,21
2	4,58	8,73	6,99	5,8
3	14,54	24,35	21,07	20,5
4	14,3	23,59	21,21	28,61
5	3,04	2,87	4	3,97
6	14,58	13,97	22,66	21,98
Média	10,78	15,7	15,89	17,68

As médias dos desvios para cada idade para cada método de cubagem em relação à altura estimada na secção foram quantificadas na Tabela 5 onde se pôde observar a maior variabilidade nas estimativas para os primeiros anos, já que qualquer variação nestes dados é de grande magnitude, pois as alturas dos primeiros anos são baixas.

TABELA 5: Desvio médio geral para cada método em função da idade em relação à altura estimada na secção.
 TABLE5: Overall averagedeviationfor each methodas a function ofage in relationto theestimated heightsection.

	2m	3m	4m	5m
1	126,45	199,26	190,79	211,82
2	39,12	81,06	78,18	87,61
3	14,74	5,14	10,41	15,97
4	10,23	7,96	9,76	6,22
5	6,44	3,19	6,59	7,79
6	5,12	2,63	4,94	5,43
7	3,7	5,21	5,32	5,08
8	3,06	2,72	3,52	3,95
9	2,46	2,3	4,12	3,04
10	2,81	3,19	2,18	3,29
11	1,91	2,04	2,54	1,85
12	0,84	1,35	1,44	1,7
13	1,17	0,62	1,19	2,39
14	0,49	1,48	0,66	1,87
15	1,43	1,41	1,47	1,68
16	0,92	1,51	1,62	1,15
17	0,85	0,62	1,31	1,51
18	0,88	1,55	1,35	1,21
19	0,48	1,78	1,21	1,55
20	0,42	0,54	0,94	1,03
21	0,19	0,19	0,45	0,43

A seguir, nas Figuras 3 a 6, estão plotados os gráficos de dispersão de resíduos para cada método de cubagem. Observa-se a dispersão dos dados possui uma relação direta com o método de seccionamento. Os dados tendem a possuir um maior desvio quanto maior for a distância entre os discos retirados ao longo do fuste.

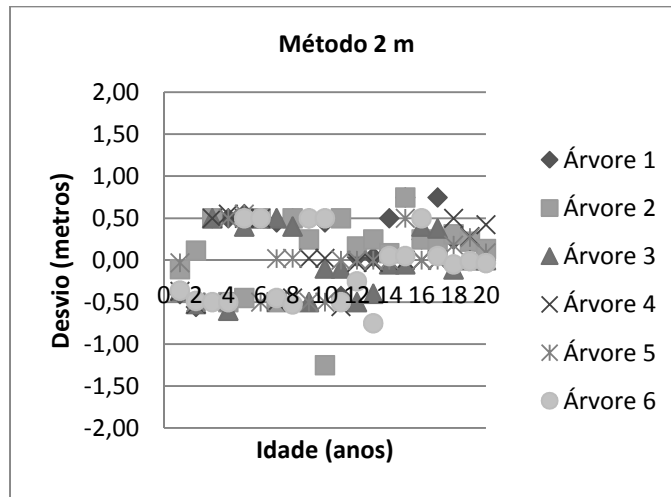


FIGURA 3: Dispersão dos dados para 2 m.
 FIGURE3:Dispersion of thedata to2m.

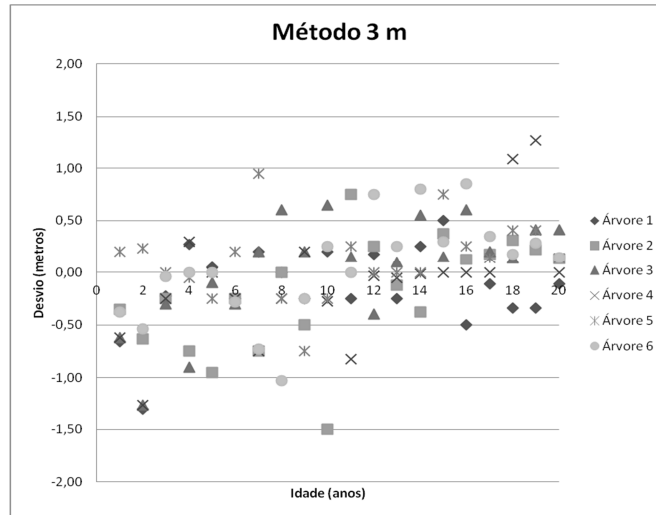


FIGURA 4: Dispersão dos dados para 3 m.
 FIGURE4:Dispersion of thedata to3m.

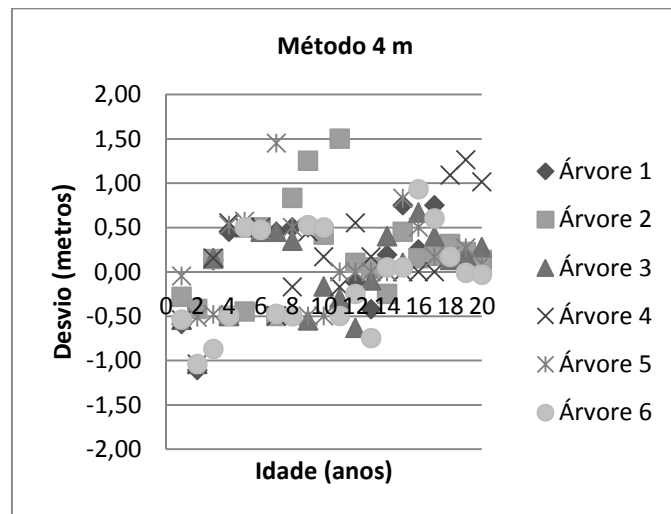


FIGURA 5: Dispersão dos dados para 4 m.
 FIGURE5:Dispersion of thedata to4m.

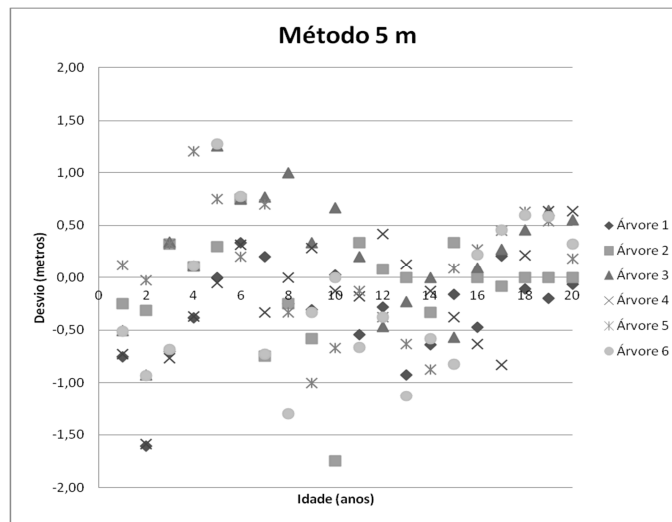


FIGURA 6: Dispersão dos dados para 5 m.
FIGURE6:Dispersion of thedata to5m.

Pôde-se ainda estimar a altura média para cada idade para os diferentes métodos de seccionamento. Observa-se na Tabela 6 a existência dados homogêneos. O seccionamento de menor variação entre os discos deve então ser empregado até a idade de 5 anos, sendo a altura média estimada dasárvores avaliadas de 7,41 m na idade de 5 anos.

TABELA 6: Alturas médias estimadas para cada idade para cada método.
TABLE6:Estimatedaverage heightsfor eachage for eachmethod.

Idade	Método			
	2 m	3 m	4 m	5 m
1	0,66	0,79	0,81	0,83
2	1,77	2,16	2,22	2,26
3	3,33	3,67	3,62	3,69
4	5,33	5,51	5,32	5,19
5	7,33	7,88	7,32	7,09
6	9,48	10,01	9,33	9,3
7	11,57	11,64	11,35	11,52
8	13,41	13,64	13,24	13,68
9	15,24	15,51	15	15,55
10	17,01	17,02	16,72	17,18
11	18,71	18,52	18,51	18,7
12	20,08	19,86	20,05	20,16
13	21,16	21,03	21,19	21,48
14	22,29	22,18	22,32	22,81
15	23,44	23,43	23,41	24,03
16	24,7	24,71	24,52	25,02
17	25,75	25,85	25,63	25,9
18	26,82	26,71	26,65	26,71
19	27,67	27,42	27,48	27,43
20	28,32	28,31	28,18	28,15
21	28,24	28,23	28,17	28,16

Após a análise dos dados obtidos no estudo pôde-se obter uma classificação qualitativa dos métodos, considerando-se os somatórios dos desvios médios relativos para as diferentes idades para cada indivíduo. Observa-se que por este ranking a cubagem com intervalo entre os discos de 2 m possuiu a melhor classificação. Já os demais métodos possuíram desempenhos similares.

TABELA 7: Ranking dos métodos de seccionamento para cada indivíduo em estudo.
 TABLE7: Ranking of methods for isolating each individual study.

Árvore	Método			
	2m	3m	4m	5m
1	2	1	4	3
2	2	4	3	1
3	1	3	2	4
4	1	2	4	3
5	1	2	3	4
6	1	2	3	4
Soma	8	14	19	19

CONCLUSÕES

Deste estudo, conclui-se que:

- existe uma grande variância dos dados obtidos pela anatro para idades de até 5 anos, quando relacionado à altura estimada;
- idades superiores à 5 anos possuem uma menor variância nestes mesmos dados;
- não houve diferença significativa entre os quatro métodos de cubagem absoluta testados para este povoamento;
- cubagem para estudos de anatro, relativos à classificação de sítio, por exemplo, pode ser realizada da seguinte forma: discos referentes as idades inferiores a 5 anos: 0,00 m; 0,30 m; 0,70 m; 1,30 m; 2,00 m; 3,00 m; 4,00 m; 5,00 m; 6,00 m; 7,00 m e 8,00 m, já que a altura média estimada para o ano 5 foi de 7,41 m; discos referentes as idades superiores a 5 anos: empregar qualquer método de seccionamento absoluto, já que não houve diferença significativa entre eles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, M. Z.; GUIMARÃES, M. A. M.; SCOLFORO, J. R. S. **Classificação de sítios florestais por meio de análise do tronco**. Jornadas Forestales de Entre Ríos, 2006.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNVD/FAO/IBDF/BRA, 1978. 45 p. (Série Técnica, 11).
- INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49 p. (Documentos, 18).
- MACHADO, S. A.; SILVA, L. C. R.; FIGURA, M. A.; TÉO, S. J.; NASCIMENTO, R. G. M. Comparison of methods for estimating heights from complete stem analysis data for *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.1, p.45-55, jan-mar. 2010.
- PAES, A. T. **Por dentro da estatística**. Einstein: Educ Contin Saúde, p.3-4, 2009.

RECOMPOSIÇÃO DA RESERVA LEGAL: O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CINCO
ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI – RS

RECOMPOSITION OF LEGAL RESERVE: DEVELOPMENT INITIAL FIVE TREE SPECIES
NATIVE NA REGION ALTO URUGUAI - RS

Jonathan William Trautenmüller¹; Edison Bisognin Cantarelli²; Charles Rodrigo Belmonte Maffra³;
Alex Haubert Pilger⁴; Rafael Vendruscolo⁵; Gabriel Dal Agnol⁶

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo apresentar o desenvolvimento inicial de cinco espécies arbóreas nativas, na região do Alto Uruguai – RS, com vistas à recomposição de áreas como, por exemplo, a Reserva Legal. Para o estudo foram utilizadas cinco espécies arbóreas nativas: a araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), o catiguá-vermelho (*Trichilia clausenii* C. DC.), o guapuruvu (*Schizolobium parahyba*(Vell.) Blake.) e o louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.). As espécies foram distribuídas em duas áreas diferentes, tomando-se por base o delineamento experimental de blocos casualizados. Na área 1, foram distribuídas as espécies araucária, bracatinga, catiguá-vermelho e guapuruvu em 3 blocos casualizados cada um composto por 5 plantas de cada espécie, na área 2, foram distribuídas as espécies araucária, bracatinga e louro-pardo em 3 blocos casualizados cada um composto por 11 plantas de cada espécie. De modo geral *Schizolobium parahyba* e *Mimosa scabrella* foram às espécies de desenvolvimento mais acelerado, as quais podem ser a princípio, apresentadas como promissoras para a constituição ou reconstituição de áreas florestais e também para a obtenção de renda em menor espaço de tempo. *Araucaria angustifolia* e *Trichilia clausenii* demonstraram-se como espécies de desenvolvimento relativamente baixo, ao passo que *Cordia trichotoma*, demonstrou-se uma espécie de desenvolvimento mediano.

Palavras-chave: espécies florestais; plantio florestal; silvicultura sustentável.

ABSTRACT

The study aimed to present the initial development of five native tree species, in the Alto Uruguay - RS, aimed at restoration of areas such as the Legal Reserve. For the study we used five native tree species: the araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) the bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) the catiguá-vermelho (*Trichilia clausenii* C. DC.) the guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake.) and louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.). The species were distributed in two different areas, taking based on the experimental design of blocks casualizados. In area 1, were distributed species araucaria, bracatinga, catiguá-vermelho and guapuruvu in 3 randomized blocks each containing 5 plants of each species, in area 2, were distributed species araucaria, bracatinga and louro-pardo in 3 blocks casualizados each comprising 11 plants of each species. Overall *Schizolobium parahyba* and *Mimosa scabrella* were the species of more rapid development, which can be initially presented as promising for the creation or restoration of forest areas and also to obtain income in the shortest time. *Araucaria angustifolia* and *Trichilia clausenii* shown as species develop relatively low, whereas *Cordia trichotoma*, proved to be a kind of development average.

Keywords: forest species; plantation forestry; sustainable forestry.

¹ Graduando de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, campus CESNORS, BR386 km40 Linha 7 de Setembro s/n, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). jwtraute@hotmail.com

² Eng. Florestal, Doutor, Professor Adjunto – Universidade Federal de Santa Maria, campus CESNORS, BR386 km40 Linha 7 de Setembro s/n, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS).

³ Eng. Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, campus CESNORS, Rua Dr. Tranquilo Damo, 158, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS).

⁴ Graduando de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, campus CESNORS, BR386 km40 Linha 7 de Setembro s/n, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). alexhpilger@hotmail.com

⁵ Eng. Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, campus CESNORS, Rua 21 de Abril, 325, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). eng.rafaelvendruscolo@gmail.com

⁶ Eng. Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, campus CESNORS, Rua Plácido de Castro, 1055, CEP 99560-000, Sarandi (RS). g_dalagnol@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A preocupação em preservar parte das matas das propriedades rurais é bem antiga em nosso país. Já estava presente na época do Brasil Colônia, quando a escassez de madeira adequada, para a construção das embarcações da frota portuguesa, levou a Coroa a expedir as cartas régias, que declaravam de sua propriedade toda a madeira naval, denominada como “madeira de lei”, nome ainda utilizado para designar as madeiras nobres em nosso país. Enquanto as discussões sobre a reforma no Código Florestal Brasileiro continuam no Congresso, sem que se chegue a um consenso sobre qual vai ser o destino do mesmo, a conservação dos remanescentes de vegetação nativa nas propriedades continuará a depender, principalmente, da decisão dos produtores rurais em proteger essas áreas ou, das pesadas multas que venham a ser aplicadas pelos órgãos de fiscalização.

Atualmente a Reserva Legal tem sido alvo de inúmeras discussões, nas quais a harmonia da produção (utilização) com a preservação é, talvez, um dos assuntos mais eminentes. Destaca-se nessa linha a necessidade de práticas que tornem a área averbada como Reserva Legal, uma área produtiva da propriedade, de modo que a mesma possa gerar algum tipo de retorno concreto ao seu dono, porém sem ultrapassar os limites traçados pela legislação vigente. Assim, começam a surgir paulatinamente propostas que funcionam como indicadores para o desenvolvimento de atividades florestais planejadas em áreas averbadas como Reserva Legal. Neste sentido, trabalhos que ajudem inicialmente na tomada de decisão com relação às espécies arbóreas a serem utilizadas em plantios planejados, são aqueles que descrevem o desenvolvimento inicial das mesmas, indicando aquelas que a priori podem se destacar como espécies de importância ecológica e com possibilidades de uso futuro, através de benefícios madeiráveis ou não-madeiráveis.

Contribuir para o conhecimento técnico-científico de espécies florestais nativas que podem ser utilizadas em diferentes situações e realidades das propriedades rurais é uma pretensão que inicialmente deve ser desenvolvida em âmbito local ou regional. Frente a isso, o objetivo principal do presente trabalho é apresentar o desenvolvimento inicial de cinco espécies arbóreas nativas, na região do Alto Uruguai – RS, com vistas à recomposição de áreas como, por exemplo, a Reserva Legal.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

A área de estudo está localizada na região do Alto Uruguai, mais especificamente no município de Frederico Westphalen – RS, entre as coordenadas geográficas 27°23'31" e 27°23'42" Sul e 53°25'32" e 53°25'37" Oeste, a aproximadamente 480 m.s.n.m (Figura 1). Abrange o total de 4,25 hectares divididos em duas áreas, a Área 1 (1,84 ha), composta inicialmente por espécies florestais exóticas e nativas, e a Área 2 (2,41 ha), sem vegetação de cobertura e aberta por práticas agrícolas.

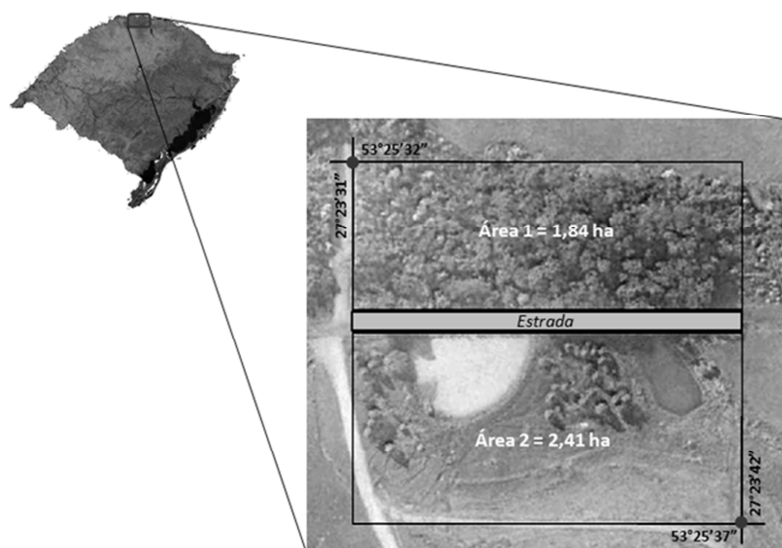


FIGURA 1: Localização e características da área de estudo, no município de Frederico Westphalen - RS.
FIGURE 1: Location and characteristics of the studied area, in Frederico Westphalen City - RS.

O clima da região, conforme classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa (Subtropical Úmido), com precipitação média anual entre 1.800 e 2.100 mm e temperatura média anual em torno de 18°C (RIO GRANDE DO SUL, 2001).

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (IBGE, 2002; EMBRAPA, 2006), são predominantes na região os Latossolos Vermelhos Distroféricos. Solos caracterizados por serem profundos, homogêneos e bem drenados. Segundo Streck et al. (2008), por serem bastante intemperizados, estes solos têm o predomínio de caulinita e óxidos de ferro, conferindo baixa CTC (Capacidade de Troca de Cátions). Apresentam também acentuada acidez, baixa reserva de nutrientes e toxidez por alumínio para as plantas.

As espécies e o delineamento experimental

As espécies arbóreas nativas utilizadas no experimento foram selecionadas com base na velocidade de crescimento, adequação à condição de pleno sol, potencialidade para uso como fonte de matéria-prima e na restauração ou recomposição de áreas degradadas. No total foram utilizadas 5 espécies: araucária (*Araucaria angustifolia*), louro-pardo (*Cordia trichotoma*), bracatinga (*Mimosa scabrela*), guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) e catiguá-vermelho (*Trichilia clausenii*). Todas as mudas utilizadas foram produzidas no viveiro florestal do Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS), a partir de sementes de árvores matrizes pré-selecionadas.

Para a distribuição das espécies, a área total de estudo foi dividida em duas áreas distintas, tomando-se por base a ocorrência ou não de vegetação anterior ao plantio. Nesse sentido, a distribuição das espécies ocorreu da seguinte maneira em cada área:

- **Área 1** (ocorrência de espécies arbóreas exóticas e nativas – com competição entre espécies): Foram inseridas quatro espécies, sendo elas araucária, bracatinga, guapuruvu e catiguá-vermelho. Todas plantadas em espaçamento 5 x 5 m, em 3 blocos casualizados, cada um composto por 5 indivíduos de cada espécie, totalizando 20 indivíduos por bloco.

- **Área 2** (sem vegetação de cobertura e aberta por práticas agrícolas – sem competição entre espécies): Foram inseridas três espécies arbóreas nativas, sendo elas araucária, bracatinga e louro-pardo. Todas plantadas em espaçamento 5 x 5 m, em 3 blocos casualizados, cada um composto por 11 indivíduos de cada espécie, totalizando 33 indivíduos por bloco.

Coleta e análise dos dados

Os dados foram coletados trimestralmente, no entanto, para este trabalho são apresentados apenas os resultados obtidos no final do primeiro ano de desenvolvimento após o plantio, correspondente ao período de setembro de 2010 a setembro de 2011. Em cada uma das áreas de estudo, foram coletados os diâmetros de colo ao nível do solo (DC) e as alturas totais (H) de cada um dos indivíduos. Além disso, foi obtido para cada espécie o valor do índice de produtividade (IP), o qual relaciona as variáveis diâmetro e altura para expressar o volume de incremento das mudas, ao longo do tempo, da seguinte maneira:

$$IP = (H_f * DC_f^2) - (H_i * DC_i^2)$$

Onde: H_f = altura no final do período de avaliação (cm); H_i = altura no início do período de avaliação (cm); DC_f = diâmetro de colo no final do período de avaliação (cm); DC_i = diâmetro de colo no início do período de avaliação (cm).

Os dados foram tabulados e ordenados através do *software Microsoft Excel*, versão 2007. As análises de variância e os testes de média (Tukey a 5% de probabilidade de erro) foram realizados a partir do *software Statistical Analysis System – SAS 8.0* (SAS INSTITUTE, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento das espécies na área 1

Nesta área, referente ao diâmetro de colo (DC), todas as espécies apresentaram coeficientes de variação abaixo de 16%, o que indica um crescimento semelhante dos indivíduos de cada espécie em questão e demonstra que, até então, nenhum fator externo interferiu negativamente no desenvolvimento das espécies (Tabela 1). A melhor média de DC foi apresentada pela espécie guapuruvu, com o valor de 2,15 cm ao término do primeiro ano de desenvolvimento, diferindo estatisticamente das demais espécies. Quanto à pior média, esta foi apresentada pelo catiguá-vermelho, 0,73 cm respectivamente. Ainda referente ao DC, foram apresentados os valores mínimos e máximos de cada espécie e, considerando estes, as espécies bracatinga e araucária apresentam valores que se sobrepõem durante o desenvolvimento anual, indicando uma semelhança, pelo menos inicial, entre as duas espécies.

Quanto à altura total (H), todas as espécies apresentaram coeficiente de variação abaixo de 15%, basicamente destacando a mesma qualidade de desenvolvimento apresentada pelo DC (Tabela 1). A melhor média de H foi apresentada pela bracatinga, com valor de 1,63 m ao término do primeiro ano de desenvolvimento, diferindo estatisticamente das demais espécies. Quanto a pior média, esta mais uma vez

esta foi apresentada pelo catiguá-vermelho, 0,23 m respectivamente. Referente às amplitudes, nenhum dos valores das às espécies em questão, se sobrepôs.

TABELA 1: Diâmetro de colo e altura total das espécies na área 1, no primeiro ano após o plantio no município de Frederico Westphalen – RS.

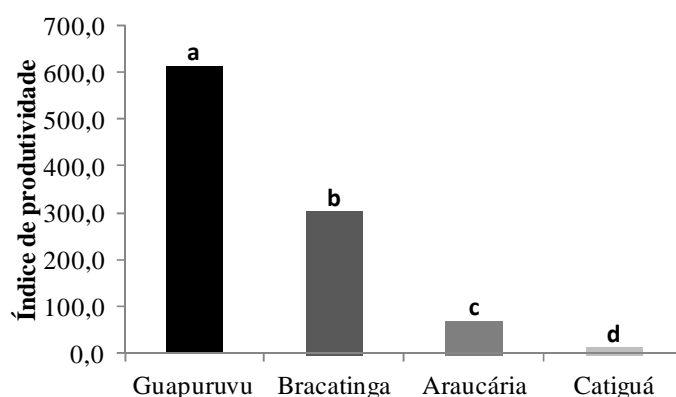
TABLE 1: Diameter of lap and total height of the species in an area 1, in the first year after planting in Frederico Westphalen City - RS.

ESPÉCIES	Diâmetro de colo (cm)			
	Mínimo	Médio	Máximo	CV(%)
Guapuruvu	1,7	2,15 a	2,96	15,81
Bracatinga	1,18	1,36 b	1,66	9,39
Araucária	0,98	1,31 b	1,66	13,51
Catiguá-vermelho	0,55	0,73 c	0,89	13,94

ESPÉCIES	Altura total (m)			
	Mínimo	Médio	Máximo	CV(%)
Bracatinga	1,39	1,63 a	2,06	12,24
Guapuruvu	1,13	1,34 b	1,60	11,42
Araucária	0,33	0,45 c	0,59	14,58
Catiguá-vermelho	0,22	0,26 d	0,31	12,56

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Relacionando as variáveis diâmetro e altura através do índice de produtividade (IP), a espécie guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) destacou-se diferindo estatisticamente das demais, apresentando consequentemente, o maior valor médio de IP (612,8) (Figura 2). Conforme Carvalho (2003), o guapuruvu é uma espécie pioneira, heliófila de crescimento extremamente rápido e de pouca exigência a condições edáficas e, em alguns casos a espécie pode atingir até 10 m de altura com dois anos de idade (LORENZI, 1992). Essas características da espécie podem explicar, pelo menos parcialmente, a sua vantagem em relação as demais.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 2: Índice de produtividade das espécies na área 1, no primeiro ano após o plantio no município de Frederico Westphalen – RS.

FIGURE 2: Productivity index of species in the area 1, in the first year after planting in Frederico Westphalen City - RS.

Possivelmente alguns aspectos da área podem ter interferido no desenvolvimento efetivo das espécies empregadas, como por exemplo, aqueles relacionados à competição por água, nutrientes ou luz com as demais espécies (principalmente exóticas) já ocorrentes no local. A competição, de um modo geral, faz com que os indivíduos integrantes do meio respondam proporcionalmente em crescimento e desenvolvimento, perante as condições impostas.

Desenvolvimento das espécies na área 2

Referente ao diâmetro de colo (DC), todas as espécies apresentaram coeficientes de variação abaixo de 15,7%, o que indica um crescimento semelhante dos indivíduos de cada uma das três espécies implantadas na área em questão, demonstrando que, até então, nenhum fator externo está interferindo

negativamente no desenvolvimento das espécies (Tabela 2). A melhor média de DC foi apresentada pela espécie bracatinga, com o valor de 1,41 cm ao término do primeiro ano de desenvolvimento, diferindo estatisticamente das demais espécies. Quanto à pior média, esta foi apresentada pela araucária, 1,11 cm respectivamente. Ainda referente ao DC, foram apresentados os valores mínimos e máximos de cada espécie e, considerando estes, as três espécies, bracatinga, louro-pardo e araucária apresentaram sobreposição de valores durante o desenvolvimento anual, indicando uma semelhança, pelo menos inicial, entre as espécies.

Quanto à altura total (H), as espécies louro-pardo e araucária apresentaram coeficiente de variação abaixo de 16,7%, indicando o crescimento semelhante entre os indivíduos das duas espécies (Tabela 2). No entanto, a bracatinga apresentou coeficiente de variação de 24,63%, indicando que algum fator do ambiente interferiu em seu crescimento em altura. Essa interferência pode ser atribuída ao ataque de abelhas chamadas irapuá (*Trigona spinipes*), a qual realizou o anelamentos ao longo do caule da planta, que muitas vezes provocam a quebra da ponteira da planta, diminuindo drasticamente a altura da árvore. Apesar do ataque do inseto, a bracatinga ainda apresentou melhor média de H, com valor de 2,19 m ao término do primeiro ano de desenvolvimento, diferindo estatisticamente das demais espécies. Quanto à pior média, mais uma vez esta foi apresentada pela araucária, 0,46 m respectivamente.

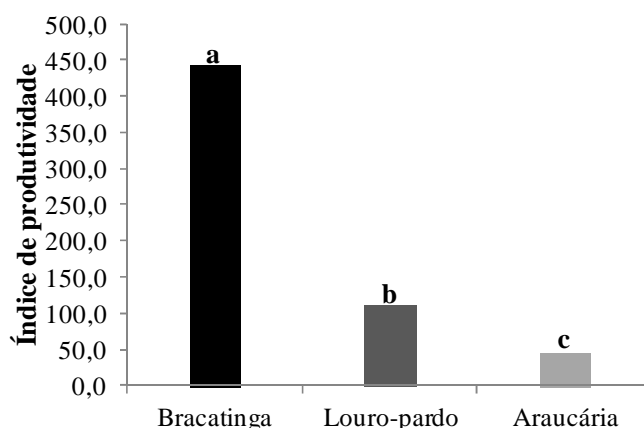
TABELA 2: Diâmetro de colo e altura total das espécies na área 2, no primeiro ano após o plantio no município de Frederico Westphalen – RS.

TABLE 2: Diameter of lap and total height of the two species in the area in the first year after planting in Frederico Westphalen City - RS.

Espécies	Diâmetro de colo (cm)			
	Mínimo	Médio	Máximo	CV(%)
Bracatinga	0,71	1,41 a	1,78	13,72
Louro-pardo	0,67	1,25 b	1,59	15,63
Araucária	0,68	1,11 c	1,41	8,64
ESPÉCIES	Altura total (m)			
	Mínimo	Médio	Máximo	CV(%)
Bracatinga	1,44	2,19 a	2,72	24,63
Louro-pardo	0,35	0,66 b	1,01	11,63
Araucária	0,31	0,46 c	0,65	16,65

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Relacionando as variáveis diâmetro e altura através do índice de produtividade (IP), a bracatinga destacou-se, diferindo estatisticamente das demais, apresentando consequentemente, o maior valor médio de IP (451,63) (Figura 2). Esse resultado corrobora com Ahrens (1981), que apresenta a bracatinga como uma das espécies de crescimento mais rápido do sul do Brasil. Quanto à menor média IP, esta foi apresentada pela araucária, 46,28 respectivamente.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURA 3: Índice de produtividade das espécies na área 2, no primeiro ano após o plantio no município de Frederico Westphalen – RS.

FIGURE 3: Productivity index of species in area 2, the first year after planting in Frederico Westphalen City - RS.

Assim como na área 1, os aspectos da área 2, condicionaram de maneira particular o desenvolvimento das espécies florestais empregadas. A não ocorrência de cobertura vegetal proporcionou um desenvolvimento inicial livre de competição pelos fatores condicionantes do desenvolvimento.

CONCLUSÕES

Para o primeiro ano de desenvolvimento, os resultados podem ser considerados satisfatórios, pois das cinco espécies florestais empregadas puderam ser identificadas algumas diferenças e características de comportamento em diferentes situações de plantio.

De modo geral o guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) e a bracatinga (*Mimosa scabrella*) foram às espécies de desenvolvimento mais acelerado, as quais podem ser a princípio, apresentadas como promissoras para a constituição ou reconstituição de áreas florestais e também para a obtenção de renda em menor espaço de tempo. A araucária (*Araucaria angustifolia*) e o catiguá-vermelho (*Trichilia clausenii*) demonstraram-se como espécies de desenvolvimento relativamente baixo, ao passo que o louro-pardo (*Cordia trichotoma*), demonstrou-se como uma espécie de desenvolvimento mediano, mas assim como as demais espécies supracitadas, a mesma demonstrará melhor as suas características paulatinamente ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, S. Um modelo matemático para volumetria comercial de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: anais. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 77-90. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1, 1039p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema de Classificação Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2006. 306 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Mapa exploratório de solos do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro, 2002. 1 mapa, digital, 120 cm. Escala 1:100.000.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- RIO GRANDE DO SUL. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FATEC/SEMA, 2001. Disponível em: <<http://www.coralx.ufsm.br/ifcrs/frame.htm>> Acesso em: 10 de jan 2011.
- SAS INSTITUTE - Statistical Analysis System. **SAS/STAT User's Guide 8.0**. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.
- STRECK E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**, 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS – ASCAR, 2008. 222p.

USO DA IDENTIDADE ENTRE MODELOS PARA COMPARAÇÃO DE EQUAÇÕES
VOLUMÉTRICAS AJUSTADAS PARA *Pinus taeda**

USE OF IDENTITY BETWEEN MODELS FOR COMPARISON OF VOLUMETRIC
EQUATION FOR ADJUSTED *Pinus taeda*

Kalill José Viana da Páscoa¹; José Roberto Soares Scolforo²; Bruno Rogério Cruz³;
Henrique Moreira Dabien Haddad⁴; Ana Luiza Rufini Pinto⁵

RESUMO

O volume é uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial produtivo de um povoamento florestal. Por isso, é fundamental que a estimativa do volume seja precisa. Na área florestal é comum que as empresas façam uso de equações para estimar a produção. Apesar de existirem diversas equações para estimar o volume nem sempre elas se adequam a todas as espécies, idade e locais onde a empresa atua. Uma opção neste caso é aplicar o teste de identidade entre modelos para detectar se uma mesma equação pode ser utilizada de forma adequada para várias áreas. Assim o objetivo desse trabalho foi ajustar e selecionar equações para estimar o volume e testar a similaridade entre modelos volumétricos ajustados por classe de sítio para povoamentos de *Pinus taeda*. Neste estudo foi selecionado o modelo volumétrico de Schumacher & Hall, ajustado utilizando 63 árvores dominantes que foram cubadas utilizando o método Smallian. Desse modo foi possível gerar uma equação única para todos os sítios já que as estatísticas de precisão foram semelhantes as das equações ajustadas especificamente por sítio, logo pode-se concluir que não há necessidade de ajustar equações específicas a fim de estimar o volume para diferentes sítio considerando os dados estudados.

Palavras-chave: *Pinus*; modelos volumétricos; identidade entre modelos.

ABSTRACT

Volume is one of the most important information for understanding forest potential production. Therefore it is critical to estimate volume precisely. In forestry it is common for companies to make use of equations to estimate production. Despite the fact that there are several equations to estimate volume they do not always fit all species, age, and sites in which the company operates. An option in this case is applying models identity tests to detect if the same equation can be used adequately to multiple areas. Thus the objective of this work was to adjust and select equations to estimate volume and test similarity between adjusted volumetric models for a *Pinus taeda* forest. This study selected a Schumacher & Hall volumetric model which was adjusted using 63 dominant trees which were measured using the Smallian method. Since it was possible to generate one equation only for all sites and its precision statistics were similar to site equation specific adjustments it can be concluded that there is no need to adjust site specific equations in order to estimate volume for different sites considering the data studied.

Keywords: *Pinus*; volumetric models; identity between models.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o gênero *Pinus* vem sendo cultivado há mais de um século, tendo sido, inicialmente, introduzido para fins ornamentais. Somente a partir de 1950 é que foram plantados em escala comercial para produção de madeira. Seu principal uso é como fonte de matéria-prima para as indústrias de madeira serrada e laminada, chapas, resina, celulose e papel.

¹Engenheiro Florestal, aluno especial do Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, DCF, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG. kalillpascoa@gmail.com.

²Engenheiro Florestal, Dr., Professor titular, DCF, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG. jscolforo@dcf.ufla.br.

³Graduando, 9º período de Engenharia Florestal, DCF, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG, bolsista FAPEMIG.brunor.cruz@hotmail.com.br.

⁴Graduando, 10º período de Engenharia Florestal, DCF, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG. hmoreiralavras@yahoo.com.

⁵Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, DCF, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG. alrufini@dcf.ufla.br.

Em 2010, a área ocupada por plantios florestais de Pinus no Brasil totalizou 1.757.887 ha (ABRAF, 2011), valor esse que representa 27% da área de plantios florestais do país. Contudo nos últimos quatro anos a área cultivada com Pinus vem caindo constantemente. Só em 2010 a redução chegou a 2,1% em relação ao ano anterior, o que reflete uma estagnação dessa cultura principalmente quando comparada com o cultivo do Eucalipto, que nesse mesmo período teve um crescimento de 6,9% a.a..

A produção florestal com Pinus está bem desenvolvida no Sul do Brasil, onde o estado do Paraná é o maior detentor de florestas com 686.509 ha (39% do total). O sistema de produção predominante preconiza uma rotação maior que 21 anos. Nesse período, é possível obter uma produção média de 650 m³. Isto significa, em média, uma produção maior que 30 m³/ha.ano (EMBRAPA, 2005).

O volume é uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial produtivo e econômico de um povoamento florestal, fornecendo subsídios para que as análises de investimento, planejamento das operações e as tomadas de decisões sejam realizadas de forma correta. Nesse contexto, a precisão nas estimativas de volume é de fundamental importância para que se possam obter informações cada vez mais fidedignas, tornando a gestão das florestas mais precisas.

Na área florestal é comum que empresas façam usos de equações para as estimativas da produção madeireira, essa prática consiste no uso de um modelo matemático cujos parâmetros são determinados por regressão. Os mais utilizados são aqueles que explicam o volume através de duas variáveis, no caso o diâmetro tomado na árvore a 1,30 metros de altura do solo (DAP) e a altura total (SCOLFORO, 2006).

Apesar de existirem várias equações matemáticas para estimar o volume de povoamentos florestais nem sempre elas se ajustam a todas as espécies e condições, sendo recomendável testá-las, e por meio de análises adequadas, identificar a melhor para cada caso (THOMAS et al., 2006). Dentre os estudos relacionados ao ajuste e seleção de modelos volumétricos para espécies plantadas pode-se citar SILVA et al. (1978), para *Eucalyptus spp.*; SCHNEIDER (1984) para *Pinus elliottii*; MACHADO et al. (2002) para *Pinus oocarpa*, entre outros.

O princípio básico para o ajuste de equações volumétricas é a realização da cubagem rigorosa para se conhecer o volume real da árvore. Os métodos de cubagem podem ser divididos em absolutos, onde a seção pode ser tomada em qualquer porção do fuste (Smalian, Huber e Newton) e os relativos, onde cada seção representa um percentual da altura da árvore (Hohenald e FAO).

Para definir quantas árvores devem ser cubadas pode se usar o método empírico, mais utilizado para plantações, onde deve seubar de acordo com LOETSCH et al. (1973) entre 50 a 100 árvores, ou o estatístico, que se baseia no prévio conhecimento da variabilidade da floresta para o cálculo da intensidade amostral, visando em ambos os métodos sempre cobrir os diferentes sítios, idades, classes de diâmetro e formas de manejo a que a floresta tenha sido conduzida.

O comum é que as empresas florestais ajustem equações específicas para cada espécie, idade, ciclo, áreas, sítios ou região, na qual a empresa atua, nesse caso, os custos envolvidos na obtenção dos dados de cubagem, para ajustar as várias equações são altos. Com o intuito de reduzir os custos do inventário, tem-se recorrido à utilização da técnica de identidade entre modelos visando identificar se uma mesma equação pode ser utilizada de maneira adequada para várias áreas. Essa metodologia foi utilizada por Regazzi e Leite (1992) avaliando a igualdade entre equações volumétricas para *Eucalyptus saligna*, sujeito ao regime de manejo de alto fuste e primeira talhadia, os resultados obtidos indicaram a necessidade de se usar uma equação independente para cada regime de manejo.

Assim o objetivo desse trabalho foi ajustar e selecionar equações para estimar o volume total e testar a similaridade entre modelos volumétricos ajustados por classe de sítio para povoamentos de *Pinus taeda* localizados em quatro fazendas da Indústria de Papel Arapoti S.A., Inpacel.

MATERIAL E MÉTODOS

A área do presente estudo está localizada em uma propriedade da Inpacel, empresa de base florestal pertencente ao grupo International Paper, no município de Arapoti, estado do Paraná, Brasil, entre os paralelos 24°09'28" de latitude sul e os meridianos 49°49'36" de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 800m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, ou seja, subtropical quente-temperado, caracterizado por apresentar temperatura média anual inferior a 22°C no mês mais quente do ano. O mês mais chuvoso é janeiro, cuja precipitação média é de 225,4mm e não há estação seca definida. O solo predominante na região é arenoso, com afloramentos de rocha, o relevo varia de ondulado a fortemente ondulado (Instituto Agrônomo do Paraná, 1994 citado por FERREIRA, 2006).

Para ajuste dos modelos matemáticos foi realizada a cubagem rigorosa pelo método de Smalian de 63 árvores dominantes, adivindas de talhões de 6 fazendas da empresa. Foram inicialmente ajustados 3 modelos para altura dominante em função da idade (Tabela 1), para que fosse possível realizar a classificação de sítio pelo método da curva média, e determinar o índice de sítio para cada talhão, que será utilizado posteriormente na estratificação da base de dados.

TABELA 1: Modelos para altura média das árvores dominantes ajustados.

TABLE 1: Models for the average height of dominant trees adjusted.

Autor	Modelo
Schumacher	$\ln(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \cdot (1/I)$
Chapman & Richards	$Hd = \beta_0 \cdot [1 - \exp(\beta_1 \cdot I)]^{\beta_2}$
Bailey & Clutter	$\ln(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \cdot [(1/I)^{\beta_2}]$

Hd- Altura dominante; I- Idade; β_i - Parâmetros da equação; Ln -Logaritmo neperiano.

Para a estimativa do volume individual foram testados 9 modelos selecionados na literatura florestal (TABELA 2) que tinham como variáveis independentes o diâmetro medido a 1,30 m de altura e a altura total da árvore.

TABELA 2: Modelos volumétricos ajustados.

TABLE 2: Volumetric Models adjusted.

Autor	Modelo
Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 Dap^2 H + \epsilon_i$
Schumacher – Hall	$V = \beta_0 Dap^{\beta_1} H^{\beta_2} + \epsilon_i$
Honner	$V = Dap^2 / (\beta_0 + \beta_1 (1/H)) + \epsilon_i$
Ogaya	$V = Dap^2 (\beta_0 + \beta_1 H) + \epsilon_i$
Stoate (australiana)	$V = \beta_0 + \beta_1 Dap^2 + \beta_2 Dap^2 H + \beta_3 H + \epsilon_i$
Naslund	$V = \beta_1 Dap^2 + \beta_2 Dap^2 H + \beta_3 Dap H^2 + \beta_4 H^2 + \epsilon_i$
Takata	$V = (Dap^2 H) / (\beta_0 + \beta_1 Dap) + \epsilon_i$
Spurr (logarítmica)	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(Dap^2 H) + \ln(\epsilon_i)$
Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 Dap + \beta_2 Dap^2 + \beta_3 Dap H + \beta_4 Dap^2 H + \beta_5 H + \epsilon_i$

Onde: V- Volume individual; Dap - Diam. a altura do peito; H - Altura total da árvore; β_i e Ln - definidos anteriormente.

A acurácia dos modelos foi avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{Aj}), erro padrão da estimativa (S_{yx}) e análise gráfica dos resíduos.

O coeficiente de determinação expressa a quantidade de variação total é explicada pela regressão, como o coeficiente de determinação cresce à medida que se inclui uma nova variável ao modelo matemático, para a comparação entre modelos com número de variáveis diferentes utilizou-se o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{Aj}). Já o erro-padrão da estimativa indica a precisão do ajuste de um modelo matemático, menores valores dessa estatística indicam melhores ajustes. A análise gráfica de resíduos foi realizada para verificar a ocorrência ou não de tendenciosidade nas estimativas da variável dependente em questão ao longo da linha de regressão.

Para testar a identidade de modelos, utilizou-se o método desenvolvido por Graybill (1976) baseado no teste de F, a partir da redução da soma de quadrados, com o propósito de avaliar a possibilidade de se usar uma única equação para modelar o comportamento da variável volume para os diferentes sítios encontrados.

O teste estatístico baseou-se na diferença entre o total das somas dos quadrados das regressões ajustadas para cada sítio isoladamente (modelo completo) e a soma dos quadrados da regressão ajustada para uma única base de dados contendo todos os sítios (modelo reduzido). A hipótese de nulidade testada foi a de que os parâmetros eram iguais, ou seja, é possível o uso de uma mesma equação para vários sítios, logo a rejeição dessa hipótese implica na impossibilidade do uso de um modelo (adaptado RUFINI, 2010).

RESULTADOS E DISCUSÃO

Na tabela 3 são apresentados os coeficientes e parâmetros estatísticos dos modelos para altura dominantes ajustados.

TABELA 3: Coeficientes e parâmetros estatísticos dos modelos para altura dominantes ajustados.
TABLE 3: Coefficients and statistical parameters of the dominant models adjusted for height.

Modelo	R ² (%)	R ² _{Aj.} (%)	S _{yx} (m)	Coeficientes		
				β ₀	β ₁	β ₂
Schumacher	72,38	71,93	3,02734	3,73027	-8,5909	—
Chapman e Richards	67,68	66,61	2,74377	27,9411	-0,2844	6,97308
Bailey e Clutter	77,62	76,87	2,74059	3,35779	-280,25	2,82455

O modelo de Bailey & Clutter foi o selecionado mediante análise do coeficiente de determinação, erro padrão residual e análise gráfica dos resíduos para a construção das curvas médias, as figuras 1 e 2 contém a distribuição de resíduos absolutos e em porcentagem do modelo selecionado.

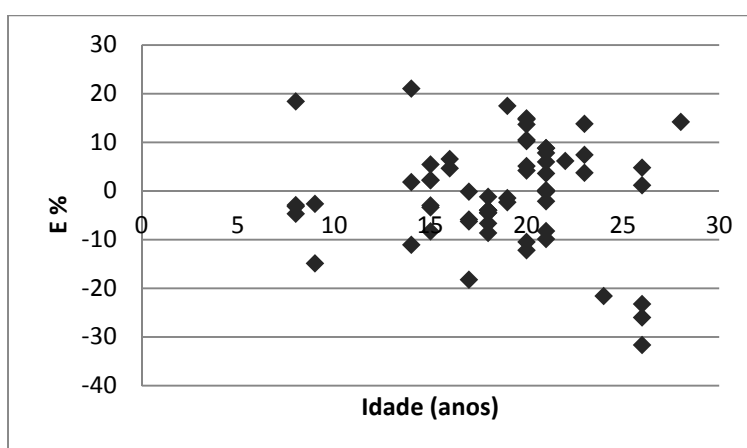
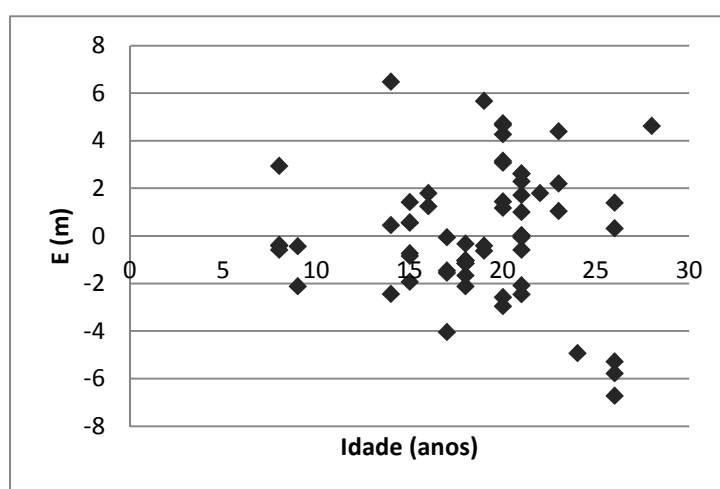


FIGURA 1 e 2: Distribuição gráfica dos resíduos da altura dominante em relação ao tempo.
FIGURE 1 and 2: Distribution graphical waste height dominant to time.

Com o modelo selecionado foi realizada a classificação de sitio sendo então a idade de 21 anos adotada como idade de referência, a amplitude da classe foi definida em 3m, os limites da classificação foram obtidos pela multiplicação do menor e do maior valor das razões entre Hd real/Hd estimada pela Hd estimada na I_{ref.}, resultando após adequações nos limites inferior (20m) e superior (35m). A tabela 4 apresenta os limites de cada classe assim como os respectivos índices de sitio (S) usados para estratificar a base de dados para realizar o teste de identidade entre modelos volumétricos.

TABELA 4: Limites inferior, superior e índice de sitio de cada classe.

TABLE 4: Limits lower, upper and site index for each class.

Classes	LI	LS	VC(S)
V	20	23	21,5
IV	23	26	24,5
III	26	29	27,5
II	29	32	30,5
I	32	35	33,5

O modelo volumétrico de Schumacher – Hall foi o escolhido, a tabela 5 e 6 resume os coeficientes e parâmetros estatísticos dos modelos testados, enquanto a figura 3 apresenta a distribuição gráfica dos resíduos do modelo selecionado.

TABELA 5: Parâmetros estatísticos dos modelos volumétricos ajustados.

TABLE 5: Statistical parameters of volumetric models adjusted.

Modelo	R ² (%)	R ² _{Ai} (%)	S _{vx} (m)
Spurr	94,43	94,33	0,10294
Schumacher-Hall	95,17	95,01	0,09660
Honner	94,13	94,04	0,10560
Ogaya	94,10	94,00	0,10594
Stoate	95,31	95,07	0,09600
Naslund	94,10	94,00	0,10594
Takata	95,28	95,20	0,09476
Spurr (Logaritmizado)	97,93	97,90	0,10742
Meyer	95,58	95,20	0,09478

TABELA 6: Coeficientes dos modelos volumétricos ajustados.

TABLE 6: Coefficients of volumetric models adjusted.

Modelo	Coeficientes					
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
Spurr	0,086333	3,69E-05	—	—	—	—
Schumacher-Hall	0,00013	1,66214	1,00251	—	—	—
Honner	166,028	20622,6	—	—	—	—
Ogaya	0,000165	3,36E-05	—	—	—	—
Stoate	-0,46604	0,017544	2,40E-05	0,013705	—	—
Naslund	—	0,000165	3,36E-05	—	—	—
Takata	16378,2	254,582	—	—	—	—
Spurr (Logaritmizado)	-10,0344	0,991282	—	—	—	—
Meyer	-0,14212	0,013912	-0,00012	0,002311	-0,00012	-0,03422

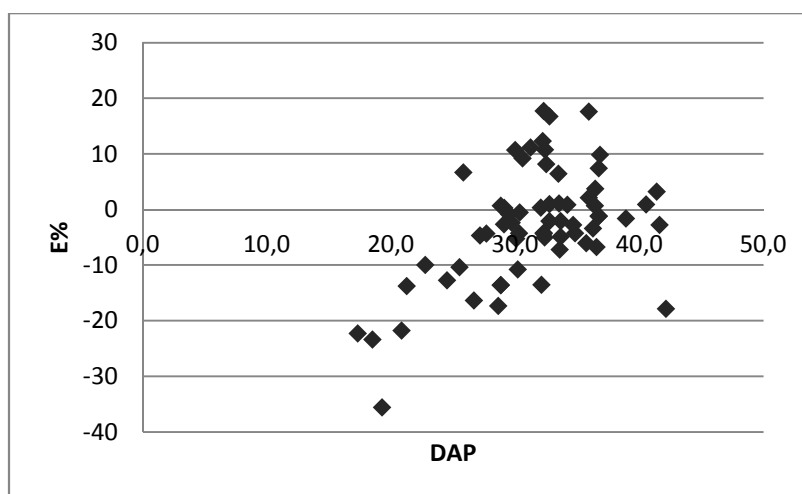


FIGURA 3: Distribuição gráfica dos resíduos do volume em relação ao DAP.

FIGURE 3: Distribution of the waste volume graphics compared to DAP.

A partir do modelo selecionado foi realizado o ajuste com uma única base de dados contendo

todos os sítios (modelo reduzido) e ajustes para cada sítio isoladamente (modelo completo), os sítios 1 e 2 e os sítios 4 e 5 forma agrupados para que o número de observações não fosse muito pequeno, assim avaliou-se a semelhança das equações de três grupos em relação ao ajuste geral.

A tabela 7 apresenta o quadro da análise de variância utilizada para o teste F já descrito anteriormente.

TABELA 7: Análise de variância utilizada para o teste de identidade entre modelos.

TABLE 7: Analysis of variance used to test models of identity.

FV	GL	SQ	QM	F	F _{tabelado}
Modelo Completo	9	89,98975			
Modelo Reduzido	3	87,61653			
Diferença	6	2,373216	0,395536	2,183721	2,271989
Resíduo	54	9,780984	0,181129		
Total	63	99,77073			

Como F calculado foi menor que F tabelado (0,05 de probabilidade) se aceita a hipótese de nulidade, ou seja, os parâmetros são iguais, assim é possível o uso de uma única equação para os vários sítios pela base de dados avaliada.

CONCLUSSÕES

O modelo de Bailey & Clutter foi o mais preciso para estimar a altura média das árvores dominantes em função da idade de acordo com seus parâmetros estatísticos e distribuição de resíduos, assim o mesmo foi utilizado para a classificação de sítio. Já Schumacher-Hall foi o modelo volumétrico escolhido para refletir a relação entre DAP e altura total no volume individual das árvores de *Pinus taeda*.

O teste de identidade permitiu avaliar que não são necessários ajustes específicos por sítio para a base estudada, uma vez que o ajuste geral desses dados gera uma equação que apresenta uma precisão considerada igual estatisticamente pelo teste de identidade entre modelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2010**. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Brasília, 2011.

EMBRAPA. **Influência dos nutrientes minerais e do solo sobre a produtividade, a estrutura anatômica e a densidade da madeira de *Pinus taeda*** / Antonio Francisco Jurado Bellote, Mario Tomazello Filho, Renato Antonio Dedecek. - Colombo : Embrapa Florestas, 2005.

FERREIRA, M.Z.; GUIMARÃES, M.A.M.; SCOLFORO, J.R.S. **Classificação de sítios florestais por meio da análise de tronco**. Instituto Nacional Tecnologia Agropecuária Concórdia Argentina. 14 pp. (2006).

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of linear model**. Belmont: Duxbury, 1976. 704 p.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Reinbek: Federal Research Organization for Forestry and Forest Products, Forest Inventory Section, 1973. 469p. v. 2.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. **Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa***. Ciências Exatas e Naturais, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 185- 196, 2002.

REGAZZI, A. J.; LEITE, H. G. **Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal**. Revista Ceres, Viçosa, v. 40, n. 228, p. 176-195, 1992.

RUFINI, A.L.; SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J.M. **Equações volumétricas para Cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais**. Cerne, vol. 16, núm. 1, 2010, pp. 1-11 Universidade Federal de Lavras. Brasil.

SILVA, J. A. A.; PAULA NETO, F.; BRANDI, R. M. **Análise de modelos volumétricos para a construção de tabelas de volume comercial para *Eucalyptus spp*, segundo a espécie, região e métodos de regeneração**. Revista Árvore, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 86-89, 1978.

SCHNEIDER, P. R. **Betriebswirtschaftliche und ertragskundliche grundlagen der forteinrichtung in Südbrasilien am Beispiel von *Pinus elliottii***. Freiburg, 1984. 192p. Tese (Doutorado em Manejo e

Economia Florestal) - Albert-Ludwigs-Universität, 1984.

SCOLFORO, J.R.S. **Biometria Florestal: Modelos de Crescimento e Produção Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. (Texto Acadêmico).

THOMAS, C.; ANDRADE, C.M.; SCHNEIDE, P.R.; FINGER, C.A.G. **Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 319-327. 2006.

**EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA E RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO FLORESTAL
SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS NÃO MADEIREIROS NA FLORESTA AMAZÔNICA
OCIDENTAL DO ESTADO DO ACRE, BRASIL**

**PREDATORY EXPLORATION AND RECOMMENDATIONS FOR SUSTAINABLE FOREST
MANAGEMENT NON-WOOD PRODUCTS IN AMAZON, STATE OF ACRE, BRAZIL**

Glória da Silva Almeida¹; Kamila de Andrade Oliveira¹; Millan de Andrade Fontenele²; Anderson Marcos de Souza³; Reginaldo Sergio Pereira³; Paulo Oliveira Souza⁴; Andréia da Silva Almeida⁴

RESUMO

Considerando a importância dos Produtos Florestais Não Madeireiros - PFMN, tanto para as famílias tradicionais quanto para a manutenção dos ecossistemas garantindo a dinâmica da floresta, este trabalho teve como objetivos realizar um levantamento dos impactos causados pela extração dos principais PFMN; avaliar os impactos ambientais causados pelo extrativismo nas espécies que foram identificadas como sendo as principais exploradas; comparar entre as espécies não-madeireiras qual sofreu maior impacto da exploração predatória e verificar a forma de extração destes PFMN. O presente estudo foi realizado no Parque Nacional da Serra do Divisor - PNSD, na Comunidade Rio das Minas, utilizando-se a aplicação de questionários para a obtenção dos dados, onde 80% das famílias da área em estudo foram entrevistadas. A exploração convencional dos PFMN tem acarretado mudanças na estrutura da floresta e na redução dos recursos faunísticos. Os principais PFMN levantados foram açaí, patauí, buriti, piaçava, cipós titica e timbó. Atualmente piaçava é a espécie que sofre maior pressão de exploração, e o buriti dado a sua técnica de extração predatória foi a que sofreu maior impacto de extração ao longo dos anos. Logo, faz-se necessário o manejo dos recursos não madeireiros, dado a sua importância para o equilíbrio da floresta e subsistência das famílias que residem tanto no interior quanto nas cercanias da floresta.

Palavras chaves: Extrativismo; produto florestal não madeireiro; sustentabilidade.

ABSTRACT

Considering the importance of PFMN for the traditional families and the maintenance of the ecosystem guaranteeing the forest dynamic, this study aims to evaluate the impacts caused by the predatory exploration of the main species of the Parque Nacional Serra do Divisor, through the information production that consider the sustained use of natural resources. Specifically it aims to: carry out a survey of the impacts caused by extraction of the most important PFMN; evaluate the environmental impacts caused by the extraction of the species identified as the principal explored; compare, among the non-timber species, which one suffered the biggest impact of predatory extraction and verify the extraction form of that PFMN. This study occurred in the PNSD, in Rio de Minas village, where 80% of families were interviewed using questionnaires to obtain data. The conventional exploration of the PFMN has brought some changes in forest structure and reduction of animal resources. The main PFMN studied were açaí, patuá, buriti, piaçava, cipós titica and timbó. According to this search, piaçava is the specie that suffer the biggest exploration pressure and buriti, because of its predatory exploration technique, was the one that has suffered the biggest impact of extraction for years. It's a need to manage non-timber products because of its importance for the forest balance and subsistence of families that live into the forest and around it.

Keywords: Extraction; non-timber forest products; sustainability.

¹Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Dep. Engenharia Florestal, Bolsista do CNPq, Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília - UnB, Caixa Postal 04357, CEP 70919-970, CEP, Brasília (DF) (glóriaalmeidaflorestal@gmail.com) (kamillarbr@gmail.com)

²Engenheira Florestal e Mestre em Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais, Professora Assistente da Universidade Federal do Acre – UFAC End: Estrada do Canela Fina, Km 12, Cruzeiro do Sul/AC, CEP: 69980-000, (millanfontenelle@hotmail.com)

³Doutor em Ciências Florestais, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília-UnB. E-mail: (andersonmarcos@unb.br), (reginaldosp@unb.br)

⁴Estudante de Engenharia Agrônômica na UFAC, (andreiaalmeidacz@hotmail.com)

INTRODUÇÃO

O Manejo inadequado dos Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM) para a subsistência tem alterado a estrutura e composição das florestas, ocasionando perda de ecossistemas nativos (BORGES, 2009).

De acordo com Fiedler et al. (2005), foi a partir da segunda conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92), que a extração dos PFNM foi incentivada, sendo fundamentais para determinar grande parte das ações relacionadas com o uso ou extração dos recursos florestais.

Atualmente, o interesse pelos PFNM tem ganhado significância, tendo em vista que sua exploração é menos impactante quando comparada com a exploração madeireira e outros usos inadequados do solo (TICKTIN, 2004), além de proporcionar benefícios ambientais e sociais com a comercialização dos produtos naturais pelas populações rurais e inserindo-as na economia local (NEUMANN e HIRSCH, 2000).

O conceito de produtos florestais não madeireiros está associado a sustentabilidade ecológica. Entretanto, faz necessário o conhecimento da estrutura e dinâmica das populações naturais, sua distribuição, abundância e densidade para avaliar a sustentabilidade da extração dos PFNM (DHILLION e GUSTAD, 2004).

Dhillion e Gustad (2004), consideram como PFNM ou diferentes da madeira, todos os demais produtos de origem vegetal, oriundos das florestas, tais como frutos, sementes, folhas, raízes, cipós, cascas e exsudatos, sejam eles brutos ou subprodutos que sejam destinados ao uso medicinal, ornamental, aromático, comestível, industrial e religioso (Portaria interinstitucional nº 001 de 12 de agosto de 2004, IMAC/ IBAMA. Art 2º). Já para Machado (2008), PFNM são todos os produtos extraídos ou oriundos da floresta, que sejam diferentes de madeira, como flores, folhas, frutos, sementes, raízes, cascas, bulbos, óleos essenciais, cipós, ramos, gomas, resinas, óleos fixos, plantas ornamentais, fungos e produtos de origem animal.

Segundo dados do IBGE (2007), os PFNM que mais se destacam em função do valor das suas produções são: amêndoas de babaçu, coquilos de açaí, fibras de piaçava, erva-mate nativa, pó cerífero, cera de carnaúba, castanha do Pará, palmito nativo e látex de *Hevea* spp. Alguns desses recursos são amplamente utilizados em processos de produção industrial ou artesanal, com tendência crescente de demanda por esses segmentos (BENTES-GAMA et al., 2006).

Considerando o valor dos PFNM e sua fundamental importância para a subsistência das famílias tradicionais e dos povos que vivem nas cercanias da floresta, ou como para todo o mundo, que os utilizam como alimento, na indústria de cosméticos, na construção de casas e na produção de utensílios e medicamentos e, principalmente, a pressão que estes vêm sofrendo, decorrente de uma exploração que geralmente é realizada de forma predatória sem aplicação de técnicas adequadas de manejo, a Amazônia necessita de modelos de desenvolvimento que não presumam o desmatamento exagerado (MACHADO, 2008).

Neste sentido, cabe o desafio de desenvolver estudos de levantamento e quantificação do potencial dos produtos florestais não madeireiros locais na Amazônia e, principalmente, apresentar às comunidades rurais técnicas adequadas de extração e colheita que garantam a utilização sustentável dos recursos florestais não madeireiros.

A estreita relação dos produtos florestais não madeireiros com as comunidades extrativistas promove a valoração das florestas, principalmente porque sua extração depende da conservação da vegetação nativa que proporciona um aproveitamento maior dos recursos florestais em relação à extração de madeira (BORGES, 2009).

Uma das condições essenciais para implantar o manejo sustentável dos recursos florestais não madeireiros é quantificar estes produtos com baixo custo e boa precisão em curto período de tempo.

Conforme Shanley e Medina (2005), o extrativismo e a comercialização do látex extraído da *Hevea brasiliensis* e também com o comércio da castanha (*Bertholletia excelsa*), do açaí (*Euterpe oleracea*), da andiroba (*Carapa guianensis*), da copaíba (*Copaifera sp*) e outros, desempenharam um importante papel na história econômica da Região Amazônica.

Sendo assim, a exploração dos PFNM é uma atividade que deve ser praticada considerando técnicas de manejo adequadas e que sejam sustentáveis, pois o extrativismo quando bem manejado ocasiona impactos e danos menos devastadores à floresta, principalmente quando comparados com atividades de mineração, agropecuária, exploração madeireira, construção de barragens ou ainda construção civil desordenada e práticas de turismo ambiental (PASTORE e BORGES, 1997; ALLEGRETTI, 1987).

Na Amazônia, o extrativismo é uma estratégia de sobrevivência que está vinculada aos diferentes sistemas de produção das populações locais como agricultura, caça e /ou pesca, extração de óleos vegetais e raízes para produção de remédios e coleta de frutos. Por isso, a floresta torna-se uma fonte de renda básica e de subsistência por contribuir para a subsistência das famílias que vivem no interior ou ao redor da floresta (BORGES, 2009).

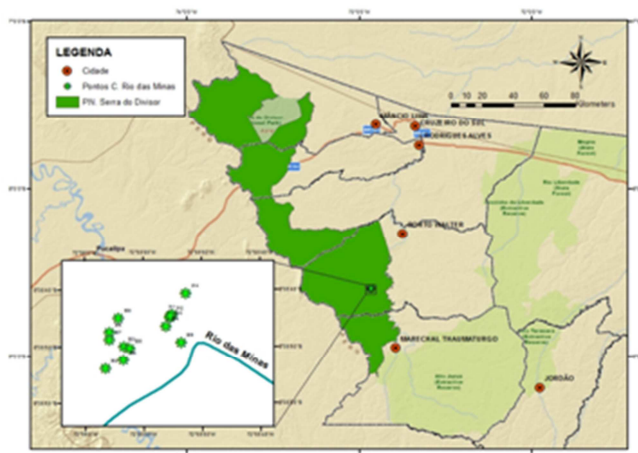
Diante deste cenário, faz-se necessário realizar um levantamento dos principais produtos florestais não madeireiros na região do Alto Juruá (Acre), buscando, sobretudo, implementar técnicas adequadas de extração dos mesmos.

Portanto, considerando a importância dos PFM, este trabalho visa levantar os principais PFM, qual a forma de extração, verificando se a mesma é ou não adequada ao uso sustentável dos recursos naturais e, principalmente, avaliar quais impactos são decorrentes da exploração extrativista convencional e por fim discutir métodos de manejo para cada espécie levantada, de acordo com seu grau de importância para a comunidade como forma de utilização para subsistência ou comercialização incrementando suas rendas.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho abrangeu a Comunidade Rio das Minas, localizada no Setor Sul do Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD), cujo acesso é dado somente pelo Rio Juruá. Segundo Acre (2006), o parque possui um território com 784.942 ha (Decreto Federal nº 97.839 de 16 de junho de 1989) abrangendo áreas de cinco municípios do Acre: Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves, Porto Walter e Marechal Thaumaturgo (Figura 1).



Fonte: ACRE (2006).

FIGURA 1: Mapa de Localização do PNSD.

FIGURE1: Location Map ofPNSD.

Coleta dos Dados

Para o levantamento dos dados utilizados neste trabalho foi realizada entrevista direta através da aplicação de um questionário, com aproximadamente 80% dos moradores da comunidade supracitada, no período de novembro de 2009 e fevereiro de 2010.

No questionário constavam informações com relação: (1) a identificação do PFM extraído; (2) metodologias de exploração utilizadas para cada espécie e (3) possíveis impactos ambientais decorrentes da extração indiscriminada dos recursos não madeireiros dentre outras.

Escolheu-se a comunidade Rio das Minas para a coleta dos dados, porque é nesta região onde ocorre a maior parte da exploração dos PFM para fins comerciais e de subsistência. Além disso, também se utilizou informações cedidas pelo escritório do ICMBIO em Cruzeiro do Sul-AC.

Após as análises dos dados, foram realizadas novas visitas na comunidade, especificamente na área de exploração visando acompanhar o dia-a-dia dos extrativistas e observar *in loco* as metodologias de extração e /ou coletas das espécies que têm maiores demandas. Desta forma, foi possível avaliar e registrar os impactos da exploração convencional.

Além disso, também foram realizadas reuniões com a comunidade, visando incrementar dados coletados durante entrevista e conscientização dos moradores do PNSD sobre os riscos da exploração predatória dos PFM nas esferas ambientais e sociais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Impactos da exploração predatória dos PFM na Comunidade Rio Das Minas - PNSD

Baseado na análise e processamento das fichas de campo, as principais espécies florestais não madeireiras que são exploradas no PNSD/Comunidade Rio das Minas são: açai (*Euterpe precatoria*), buriti (*Mauritia flexuosa*), patauá (*Oenocarpus batava*), e as fibras dos cipós titica (*Heteropsis flexuosa*),

cipó timbó (*Thorocarpus sp.*) e da piaçava acreana (*Aphandra natalia*)(Figura 2).

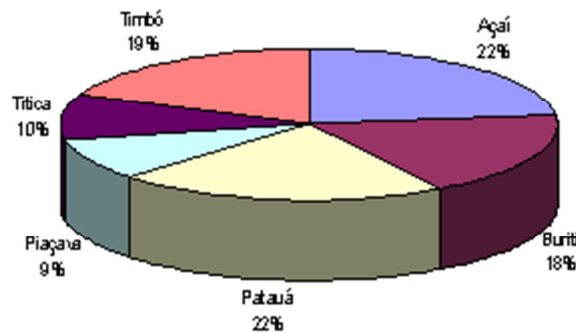


FIGURA 2: Porcentagens das espécies exploradas no PFSM na comunidade Rio das Minas/PNSD.

FIGURE 2: Percentages of species exploited in the NWFP in the community of Rio Minas/PNSD.

A exploração predatória dos frutos ou fibras tem acarretado a diminuição na regeneração de algumas dessas espécies vegetais, implicando na indisponibilidade desses produtos às populações tradicionais desta comunidade e também na diminuição da fauna local.

Das famílias entrevistadas, 99% afirmaram ter observado um decréscimo no número de animais que são caçados, com destaque a paca (*Agouti paca*), o tatu (*Dasyplus novemvictus*) e a anta (*Tapirus terrestris*). Os animais têm emigrado para outras áreas mais distantes, principalmente para aquelas com maior disponibilidade de alimentos, em busca da sobrevivência, todavia outros fatores foram considerados na diminuição dos recursos faunísticos, como a caça utilizando-se cachorros, que mesmo sendo uma prática proibida segundo plano de manejo do PNSD, vem sendo praticada tanto pelos residentes, quanto não residentes do PARNA para fins de subsistência e/ou comercialização. Outro fator, que também tem contribuído para o declínio nos recursos faunísticos, é a conversão da floresta em áreas de agricultura. Conseqüentemente, o impacto não ocorre somente na floresta pela perda de biodiversidade, mas também na qualidade de vida das famílias que moram nestas áreas, pois retiram da floresta recursos necessários a sua subsistência (Tabela 1).

TABELA 1: Lista dos animais que se alimentam dos produtos florestais não madeireiros extraídos pelos moradores do Rio das Minas/PNSD.

TABLE 1: List of animals that feed on non-timber forest products by the residents of River Minas/PNSD.

Principais PFSM Extraídos do PNSD Comunidade Rio das Minas		
	Açaí, Buriti e Patauá	Piaçava
Animais da Fauna que se alimentam dos PFSM	Macaco preto, macaco prego barrigudo, gurariba, e cairara	Cutia
	Porquinho	Rato
	Papagaio	Cutiara
	Cutia	Paca
	Periquito	Cuatipuru
	Jacu	Macaco
	Tucano	Porquinho
	Viado	Papagaio
	Tatu	Arara

Fonte: Dados coletados pela autora.

Outro impacto causado pelo extrativismo, quando não se usa técnicas adequadas de exploração, foi à modificação na composição da floresta, decorrente da extinção do cipó títica e da palmeira de buriti, em determinadas localidades na área em estudo, contribuindo para o empobrecimento da diversidade na flora. A *Aphandra natalia* (Figura 3 e 4) está sofrendo risco de extinção, pois é a espécie mais explorada atualmente para fins de comercialização das suas fibras através da produção de vassouras. Estima-se que nos próximos dois anos não existam mais palmeiras de piaçavas adultas nesta comunidade caso o ritmo de exploração continue desenfreado.



FIGURA 3: Extrativista produzindo vassouras com fibras de piaçava.

FIGURE3: Extractive producing fiber brooms piaçava.



FIGURA 4: Vassouras de cipó titica e fibras de piaçava prontas para comercialização.

FIGURE4: Broomsmade of vines and shitpiassava fibers ready for commercialization.

A Figura 5 mostra quais foram as espécies que atualmente são as mais extraídas em função do seu valor de produção.

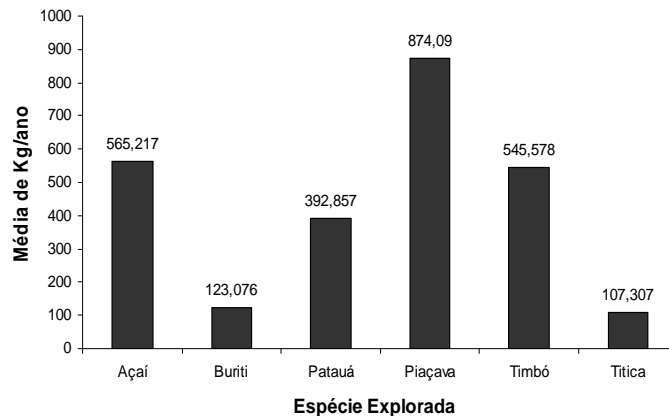


FIGURA 5: Principais PFNM e a Média de Exploração por Ano.
FIGURE5: Leading and NTFP exploitation by Year Average

Métodos de extração dos produtos florestais não madeireiros adotado pela população do Rio das Minas

Embora existam diversos estudos salientando a pesca, a caça e a agricultura na Amazônia, os sistemas de subsistência das famílias tradicionais são poucos estudados e são raras as investigações envolvendo uso de recursos naturais entre as populações que moram na floresta ou nas cercanias destas áreas (PEZZUTI e CHAVES, 2009).

Açaí, patauá e buriti

O método de coleta dos frutos da *Euterpe precatória* (açaí) consiste na escalagem da palmeira com o auxílio de uma peconha e um facão para o corte dos cachos, este método praticamente não causa danos a palmeira. Os coletores somente coletam os frutos em estágios de maturação ideal para o uso, considerando que os frutos do açaí não amadurecem quando retirados da planta mãe.

A exploração da *Oenocarpus batava* varia em função das características que a palmeira possui. Se essa palmeira tem estirpe superior a 20m é abatida como mostra na Figura 5a e 5b, e se esta apresentar características de um tronco saudável e resistente o coletor adota o mesmo método de coleta utilizado na extração dos frutos do açaí.

A *Mauritia flexuosa* (buriti) em raros casos não tem a palmeira abatida para a extração dos frutos, a única exceção é quando existe próximo ao buriti outra espécie vegetal, geralmente um açaí, que funciona como ponte de ligação, ou seja, o coletor escala o açaí para retirar os frutos do buriti.



Figura 5a: Supressão da palmeira de patauá (*Oenocarpus batava*).



Figura 5b: Palmeira de patauá (*Oenocarpus batava*) abatida

Piaçava, Cipós Titica e Timbó

A piaçava é uma palmeira que produz fibras, bastante explorada e utilizada pelos moradores da comunidade em estudo, para confecção de vassouras e posterior comercialização. Para retirada das fibras da piaçaveira, 100% dos entrevistados derrubam a palmeira (Figura 6a e 6b), comprometendo a regeneração da espécie.

Tanto o cipó titica (Figura 7) quanto o timbó (Figura 8), têm seus fios coletados de forma totalmente errônea. O coletor corta o fio a uns 30 cm do solo e em seguida são puxados, na grande maioria das vezes resultando na morte da planta mãe. Todavia ambos os cipós possuem critérios de coleta dos fios, somente fios maduros são arrancados, porém não há limite de coleta, ou seja, os únicos fios que não são explorados são aqueles que são jovens, pois são inutilizáveis.



FIGURA 6a: Supressão da palmeira de piaçava.
FIGURE6a:Suppression ofpalmpiassava.



FIGURA 6b: Coleta das fibras de piaçava
FIGURE6b:Collection offiberspiassava



FIGURA 7: Cipó titica (direita) e timbó(esquerda) emplanta hospedeira
FIGURE7: Vineshit(right) andtimbo (left) host plant



FIGURA 8: Molho de cipó timbó.
FIGURE8: Timbovinesauce.

Técnicas Adequadas de Coleta Dos Principais PFNM Levantados

Segundo Neumann (2000), o manejo dos produtos florestais não madeireiros, pode aumentar a produtividade das áreas de floresta, gerando incentivos de uso e conservação destas. Além disso, conhecer

técnicas adequadas de coletas dos recursos não madeireiros pode garantir a sustentabilidade da floresta e ainda suprir a necessidade dos moradores que ali residem.

Portanto, faz-se necessário conhecer e divulgar quais são os modelos de extração de acordo com o produto a ser explorado. Veja a seguir práticas de manejo que garantem a sustentabilidade dos PFNM para as respectivas espécies:

Açaí e Patauá

Na comunidade em estudo 99% dos entrevistados exploram essa palmeira para a produção de vinho, todavia, há práticas de manejo que devemos considerar para garantir uma exploração sustentável. Dentre elas, podem ser citados, segundo Wadt (2004):

- Escolha do local: escolher uma área de fácil acesso e onde ocorra uma concentração de açaí.
- Seleção de açazeiros: as palmeiras de açaí devem estar em plena produção, não ser muito alta (evitar acima de 20m de altura) e não apresentar brocas ou deformações no estipe.
- Deve-se considerar a época de colheita observando a coloração dos frutos (frutos de cor preto-violácea), uma vez que os mesmos não amadurecem depois da colheita, além disso, o estágio de maturação influencia no sabor e produtividade da polpa essa atitude permite que os animais se alimentem dos frutos e façam a dispersão de sementes favorecendo a sustentabilidade da espécie.
- Um fator importante é à maneira de colher os cachos de um açazeiro, e a derrubada da planta nem deve ser considerada por se tratar de uma prática predatória.

Portanto, nas comunidades tradicionais, em virtude dos gastos com materiais especializados para escalagem, o método tradicional é uma prática comum entre as famílias que vivem na floresta, e consiste em subir na palmeira com o auxílio de uma peconha e um facão para cortar o cacho dos frutos, que é amarrado na cintura e depois o coletor desce escorregando pelo estipe.

Patauá ou Patoá, *Oenocarpus batava*, é uma palmeira bastante conhecida pelos moradores da Comunidade Riozinho das Minas. De modo geral, é utilizado na alimentação por 22% das famílias que foram entrevistadas, o principal subproduto desta palmeira é a produção de uma bebida conhecida como “vinho”.

As técnicas de exploração sustentável para a coleta dos frutos de patauá seguem os mesmos princípios que as do açaí. Vale ressaltar que durante a coleta, cerca de 20 % dos frutos devem ser deixados, de forma que venha garantir de alimento para a fauna e conseqüentemente a regeneração da espécie através da dispersão de sementes pelos animais que se alimentam destes frutos.

Conforme Gomes (2004), com a extração dos frutos, o número de indivíduos adultos em uma determinada área pode diminuir, acarretando mudanças na estrutura da floresta a longo prazo, conseqüentemente há um aumento de pressão dos predadores sobre os frutos que permanecem na floresta, ou os dispersores podem ser afastados da área, logo a extração sustentável dos frutos será possível se os níveis de extração forem respeitados.

Buriti

Devido á técnica de extração, supressão da palmeira, que constitui no corte das plantas fêmeas, os lugares onde havia concentração de buritis foram depredados. Sendo assim, técnicas de coleta dos frutos foram desenvolvidas visando minimizar os impactos da extração.

Logo, tornam-se indispensáveis técnicas de coleta de uso sustentável. Uma alternativa a supressão da palmeira é a utilização de subidoro. Este método já é utilizado pela comunidade Parinari, localizada na desembocadura da quebrada de Parinari com o rio Marañón.

Inicialmente a comunidade se localizava na margem direita do rio Marañón, porém em pouco tempo a queda da margem provocado pela força do rio causou a mudança para a margem direita da quebrada de Parinari, onde se encontra até hoje (CASTILLO, 2005).

Segundo Shanley e Medina (2005), o manejo do buriti consiste basicamente em algumas práticas que garantam a sustentabilidade da espécie, como:

- Para aumentar a taxa de germinação e conseqüentemente regeneração, coletar as sementes de buriti somente de cachos maduros e ainda nas palmeiras. Observar a coloração dos frutos é importante, pois indica o estágio de maturação, frutos de cor vermelha a vinho.
- Colher os frutos sem derrubar as árvores é garantir a sua produção ano após ano.

Piaçava

Segundo Portal do Extrativismo (2010), a piaçava, "*planta fibrosa*" em Tupi, é uma palmeira nativa do Brasil. Existem pelo menos três espécies diferentes: a piaçava-do-Pará (*Leopoldinia piassaba*), originária do Amazonas e do norte do Pará; a piaçava acreana (*Aphandra natalia*) que ocorre no Vale do rio Juruá; piaçava da Bahia (*Attalea funifera*). E as principais técnicas estão relacionadas aos cuidados para minimizar o impacto da extração das fibras. Dentre elas, são citados:

- A colheita deve ser realizada somente uma vez ao ano para cada piaçaveira, objetivando possibilitar a formação de fibras mais longas e de melhor valor comercial. O corte com intervalo menor que um ano compromete a longevidade de planta e as fibras colhidas são de qualidade inferior;
- A época considerada como mais propícia para a colheita é no período de inverno, uma vez que nos meses mais quentes, a fibra fica menos flexível. Embora, nas áreas produtoras, a colheita seja feita em todas as épocas do ano;
- Cortar de duas a quatro folhas maduras, na base da folha, para que a fita contendo a fibra e a borra (subproduto) desprenda-se lateralmente do pecíolo.

Cipós Titica e Timbó

A Instrução Normativa Nº 001/2008 da Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável -SDSem seu art. 1º estabelece procedimentos básicos para o licenciamento ambiental do manejo do cipó-titica (*Heteropsis flexuosa*), cipó timbó-açu ou titicão (*Heteropsis jenmanii*) e cipó-ambé (*Philodendron* sp.) e similares, para fins comerciais, baseado nas práticas tradicionais de coleta sustentável e nos resultados das pesquisas científicas.

Desta forma, esta Instrução Normativa considera como boas práticas de manejo do cipó as seguintes medidas:

- Deixar sem coleta todos os fios verdes na planta;
- Deixar sem coleta os fios que estão enrolados ao tronco da árvore onde está o cipó sem coletar;
- Não coletar quando a planta apresentar apenas um fio maduro;
- Realizar a coleta através da poda ou arrancando os fios mediante torção para evitar a queda da planta;
- Deixar sem coletar os fios maduros de acordo com o número que cada árvore hospedeira apresenta:
 - a) Metade dos fios maduros para as árvores que tiverem menos de 20 fios;
 - b) Um terço dos fios maduros para as árvores que tiverem mais de 20 fios;
- As plantas de cipó-titica das áreas onde as coletas ocorrerem, deverão passar por um período de descanso de no mínimo 3 anos para permitir a regeneração dos seus fios.
- Durante a coleta realizar a marcação de cada árvore coletada, preferencialmente com placas numeradas, e registrar nas fichas de campo as informações relativas aos fios coletados para o monitoramento das plantas;
- Áreas intensamente coletadas no passado deverão ter um período de descanso de no mínimo 3 anos para facilitar a sua regeneração.

CONCLUSÃO

Os principais produtos florestais não madeireiros que são extraídos pelos moradores da Comunidade Rio das Minas/ PNSD são: açai (Euterpe precatoria), buriti (Mauritia flexuosa), pataúá (Oenocarpus batava), e as fibras dos cipós titica (*Heteropsis flexuosa*), cipó timbó (*Thorocarpus* sp.) e da piaçava acreana (*Aphandra natalia*).

Com exceção do açai, todas as demais espécies sofrem com a pressão de exploração, principalmente dado o método de coleta. O buriti, o pataúá e a piaçava são abatidos para coleta dos frutos e fibras respectivamente. Resultando desta forma na diminuição de indivíduos adultos ao longo dos anos, e como os animais se alimentam dos frutos destas palmeiras, a dispersão de sementes também fica comprometida prejudicando desta forma a regeneração da espécie.

O método de coleta das fibras de cipós titica e timbó são totalmente destrutivos, com a diminuição das fibras de titica o timbó como uma alternativa de uso, compõe a lista das espécies que sofrem ameaça de extração.

Devido a exploração predatória dos produtos florestais não madeireiros, os principais impactos deste uso indiscriminado são mudanças na composição da floresta, pela extinção das espécies de buriti, piaçava e cipó titica em algumas localidades da comunidade Rio das Minas,

Outro impacto registrado é a diminuição dos recursos faunísticos, principalmente os animais que são caçados para o consumo na base alimentar destas famílias, a paca foi citada por 95% dos entrevistados como um dos animais que aos poucos está sumindo da comunidade.

Apesar da importância ecológica, econômica e social dos produtos florestais não madeireiros para a sociedade, de modo geral, e devido aos poucos trabalhos de pesquisa realizados no Parque Nacional da Serra do Divisor, evidencia-se a necessidade de novos estudos nesta Região, para contribuir na efetividade da gestão desta Unidade de Conservação, visando à conservação da floresta e a garantia dos diversos serviços ambientais que ela desempenha para o equilíbrio dos ecossistemas e benefícios para as populações tradicionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE, Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Fase II, Escala 1:250.000. Documento Síntese. SEMA, Rio Branco. 2006.

BENTES-GAMA, M. de M.; LIMA, P. de T. N. A. de; OLIVEIRA, B. V. de. Recursos florestais não madeireiros: experiências e novos rumos em Rondônia. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia, 2006. 23 p. (EMBRAPA Rondônia. Documentos, 115).

BORGES, L. M. Amostragem Aleatória de Ramos como Técnica para Quantificar a Produção de Frutos de Caryocar brasiliense Camb. (Caryocaraceae). Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL. DM-Nº 112/2009. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 147p.2009.

BRASIL. Instrução Normativa nº 001 de 11 de fevereiro de 2008 da Secretaria Do Meio Ambiente E Desenvolvimento Sustentável – SDS. Esta Instrução regulamenta a coleta do cipó no Estado do Amazonas para fins comerciais, estabelecendo procedimentos básicos para o licenciamento ambiental do manejo do cipó-títica (*Heteropsis flexuosa*), cipó timbó-açu ou titicão (*Heteroses jenmanii*) e cipó-ambé (*Philodendron* sp.) e similares. Amazonas- Manaus, 11 de fevereiro de 2008, SDS.

BRASIL. Lei 1426 de 27 de dezembro de 2001 do Governo do Estado do Acre, “Dispõe sobre a preservação e conservação das florestas do Estado, institui o Sistema Estadual de Áreas Naturais Protegidas, cria o Conselho Florestal Estadual e o Fundo Estadual de Florestas e dá outras providências”. Rio Branco-AC, 27 de dezembro de 2001, 113º da República, 99º do Tratado de Petrópolis e 40º do Estado do Acre.

BRASIL. Portaria interinstitucional nº 001 de 12 de agosto de 2004, IMAC/ IBAMA. Esta portaria tem por implementar uma proposta de uso sustentável dos recursos florestais não madeireiros em comunidades extrativistas no vale do Juruá, Estado do Acre. Rio Branco Acre, Governo do Estado/ IMAC/ IBAMA, 2004.

CASTILLO, W. G. Valoración económica de beneficios ambientales en el manejo sostenible de humedales: Estudio de caso del manejo sostenible de sistemas de “aguajal” en la Comunidad de Parinari, Reserva Nacional Pacaya Samiria (Región de Loreto, Peru). Iquitos, IIAP/INRENA/USAID, 2005. 73 P.

DHILLION, S. S.; GUSTAD, G. Local management practices influence the viability of the baobab (*Androsia digitata* Linn.) in different land use types, Cinzana, Mali. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 101, p. 83-103, 2004.

FIEDLER, N. C.; SILVA SOBRINHO, G. G.; ZANETTI, E. A.; ROCHA, E. B.; GENTIL, L. V.; SILVA, J. C. Extração de Produtos Florestais não Madeireiros. In: 7º Simpósio Brasileiro Sobre Colheita e Transporte Florestal, 2006, Vitória. Anais... Viçosa: SIF, 2005. V.1, p.489-495.

FRANCO, M.S. M.; PRATES, M. (1977) Geomorfologia. In: BRASIL, Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB/SC.18 Javari/Contmana. Rio de Janeiro (Levantamento de Recursos Naturais, Volume 13).

GOMES-SILVA, D. A. P. Ecologia e Manejo do Pataú (*Oenocarpus bataua* Mart.) para Produção de Frutos e Óleo. Rio Branco, AC: EMBRAPA ACRE, 2004. 37 p. (EMBRAPA ACRE. Documento, 88).

GUERRAL, F. G. P.Q, et.al. Quantificação e Valoração de Produtos Florestais Não Madeireiros. Revista Floresta, Curitiba, PR, v. 39, n. 2, p. 431-439, abr./jun. 2009.

IBGE. Produção da extração vegetal e silvicultura. v.22, 2007.

MACHADO, F. S. Manejo de Produtos Florestais Não Madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia. Rio Branco, Acre: PESACRE e CIPOR, 2008.

NEUMANN, R. P. ; HIRSCH, E. Commercialisation of Non-Timber Forest Products: Review and Analysis of Research. CIFOR (Center for International Forestry Research), Bogor, Indonésia, 2000. 176p.

PEZZUTI, J.; CHAVES, R. P. Etnografia e manejo de recursos naturais pelos índios Deni, Amazonas, Brasil. Acta Amazonica, Manaus, vol.39, n.1, 2009.

PORTAL DO EXTRATIVISMO. Disponível em: http://www.florestavivaextrativismo.org.br/src_externo/fibra_piacava.php?dest=fibra_piacava. Portal do Extrativismo. Piaçava. Acesso em: 27 de julho de 2010.

SANTANA, R. F. et al. Manejo de Aguaje (buriti) na Comunidade de Parinari –Reserva Nacional Pacaya Samiria na Região de Loreto no Peru: uma proposta de pagamento por serviço ambiental carbono.

Brasília, DF. 2008. 13 p.

SHACKLETON, C.M.; BOTHA, J.; EMANUEL, P.L.; NDLOVU, S. Inventory of marula (*Sclerocarya birrea* subsp. *caffra*): stocks and fruit yields in Communal and Protected areas of the Bushbuckridge Lowveld, Limpopo Province, South Africa. Project Report produced by Department of Environmental Science, Rhodes University Grahamstown, South Africa. DFID. 2002. 17p.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém: CIFOR, IMAZON, 2005. 300p.

SILVA, I. DA et al. (1977). Geologia. In: BRASIL, Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC- 19 Rio Branco. Rio de Janeiro (Levantamento de Recursos Naturais, 12).

SOARES, T. S, et. Al. Produtos Florestais Não Madeireiros. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Espírito Santo, Periódico Semestral– Ed nº 11, fev. 2008.

SOS AMAZÔNIA. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD). Rio Branco: SOS Amazônia/ the nature conservancy/ USAID. 1998. 600 p.

TICKTIN, T. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. **Journal of Applied Ecology**, v.41, p.11-21, 2004.

WADT, L.O. et al. Manejo de Açaí Solteiro (*Euterpe* predatória Mart.) para Produção de Frutos. Rio Branco, AC: Secretaria de Extrativismo e Produção Familiar, 2004. 34 p. il. (Seprof. Doc. Técnico, 2).

RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA E DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden NA MICRORREGIÃO DE CRUZ ALTA, RS

HYPOMETRIC RELATION AND DIAMETER DISTRIBUTION OF *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden IN THE MICROREGION OF CRUZ ALTA, RS

Leonardo Job Biali¹; Jorge Antonio de Farias²; Luana Dessbesell³

RESUMO

A quantificação da madeira presente ao fim do ciclo é indispensável quando considera-se o controle das atividades de retirada da madeira. Para a implantação de um planejamento adequado torna necessário o estudo de relações biométricas da floresta as quais são informações básicas para que se reduza os custos e o tempo das atividades. Com isso o objetivo deste estudo foi construir um modelo matemático para o ajuste da altura (h) em relação ao diâmetro (d) e um modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de eucalipto manejados em sistema de alto fuste no fim do ciclo de rotação para região do estudo. Na modelagem da relação h/d utilizou-se o procedimento de regressão stepwise e a para o ajuste da distribuição diamétrica foram utilizadas as funções Normal, Ln-Normal, Weibull e Gama. Os dados da relação h/d apresentaram heterogeneidade de variância, sendo necessário a transformação da variável dependente, o que aumentou a precisão das estimativas da altura. O modelo da $h = f\left(\frac{1}{\sqrt{d}}, \frac{1}{d}\right)$ apresentou bom ajuste e pode ser utilizado na situação em questão. Para distribuição diamétrica, a função Gama foi a que apresentou o melhor ajuste, atendendo com plenitude as condições de normalidade. No ajuste devem ser eliminados os indivíduos provenientes de rebrota ou regeneração para que se obtenha o povoamento equiâneo.

Palavras-chaves: relação hipsométrica; distribuição diamétrica; *Eucalyptus grandis*; análise de regressão.

ABSTRACT

Quantification of wood at the end of cycle is essential when considering the control of the activities of removed the wood. For the implementation of proper planning becomes necessary to study the relationships biometric the forest, which are basic information that will reduce the cost and time of activities. Thus the objective of this study was to construct a mathematical model to adjust the height (h) in relation to the diameter (d) and a diameter distribution model for eucalypt plantation system managed in stem high at the end of the rotation cycle, to region the study. In modeling the ratio h / d used the regression stepwise procedure and for adjusting the diameter distribution functions were used Normal, Ln-normal, Weibull and Gamma. The data of the ratio h/d presented heterogeneity of variance, which requires the transformation of the dependent variable, which increased the accuracy of estimates of the height. The model of $h = f\left(\frac{1}{\sqrt{d}}, \frac{1}{d}\right)$ showed good adjustment and can be used in the situation. For the diameter distribution, the Gamma function proved the best fit, giving in fullness the conditions of normality. In the adjust should be removed the individuals from regrowth or regeneration in order to obtain the stand equiano.

Keywords: hypsometric relationship; diameter distribution; *Eucalyptus grandis*; regression analysis.

INTRODUÇÃO

A Microrregião Cruz Alta esta localizada no Planalto Gaúcho, apresenta um relevo levemente ondulado com solos profundos, peculiaridades que fazem com que a região tenha características ideais para agricultura mecanizada. A fisionomia da paisagem é marcada por lavouras de grande extensão com as florestas, tanto nativas quanto plantadas, aparecendo em pequenas manchas com pouca conectividade.

A região já teve um setor florestal pujante baseado na exploração da floresta nativa, sobretudo da

¹Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista Capes. ljbiali@gmail.com

²Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). fariasufsm@gmail.com

³Graduanda em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). luana.dessbesell@gmail.com

Araucária, que alavancou a ocupação e o desenvolvimento desta parte do estado. Mas com o declínio da matéria-prima e a conversão do uso da terra de florestas para agricultura o setor entrou em declínio e hoje para região atender a demanda de madeira tem de buscar matéria-prima florestal em outros locais. Devido ao pequeno desenvolvimento da silvicultura nesta região pouquíssimos estudos foram conduzidos relacionados à dendrometria destas florestas, porém, apesar da pouca vocação deve-se destacar o potencial da região para investimentos florestais, a qual possui um mercado consumidor potencial que tem dificuldade em encontrar material suficiente para sua demanda.

Nas florestas manejadas com objetivo de produção de madeira para serrarias, a quantificação da madeira presente no fim do ciclo é indispensável quando se pensa no controle das atividades de retirada da madeira. A necessidade de se implantar um planejamento adequado torna necessário o estudo de relações biométricas da floresta as quais são as informações básicas para que se reduzam os custos e o tempo das atividades.

Quando se realiza inventários florestais o diâmetro é facilmente medido com instrumentos simples e de rápido manuseio, porém, para se chegar ao volume dos povoamentos, variável normalmente desejada, se faz necessário determinar a altura das árvores, procedimento que eleva muito os custos do inventário devido ao tempo gasto. Para contornar este problema se faz uso de uma relação de regressão da altura das árvores em função do diâmetro com base no conjunto de dados de alturas já medidas, a qual é empregada para estimar as alturas das demais árvores da parcela em função dos diâmetros já conhecidos (FIGUEIREDO FILHO e MACHADO, 2009).

De acordo com Silva et al. (2007), o tamanho da amostra necessária para a determinação da relação hipsométrica são em média, 30 a 40 alturas distribuídas em toda a amplitude diamétrica. Esta amostra deverá abranger as fontes de variação existentes na floresta que possam afetar a precisão da relação hipsométrica.

Os critérios para a seleção do melhor modelo de regressão são diversos. Alguns autores usam somente uma estatística, o que pode ser perigoso por não definir com certeza a viabilidade do modelo ajustado (ZANON et al. 1996 apud FINGER, 1992).

A estrutura diamétrica de uma floresta, sob o ponto de vista da produção, permite caracterizar e indicar o estoque de madeira disponível anterior a uma exploração, fornecer informações que auxiliem na tomada de decisões sobre a necessidade de reposição florestal (SCOLFORO e THIERSCHI, 1998; PULZ et al., 1999), além de descrever importantes características de um povoamento e probabilidades de projeção através do tempo (NETTO, 2008).

Com o conhecimento da estrutura diamétrica, é possível avaliar o comportamento da espécie, tendo em vista os vários fatores que possam interferir em seu crescimento, dentre eles, o manejo e as atividades de exploração comercial (BARTOSZECK et al., 2004).

Para Clutter et al. (1983), a análise da distribuição diamétrica permite estimar o número de árvores por hectare para cada classe de diâmetro, bem como determinar a altura média nas classes de diâmetro, permitindo obtenção de informações mais detalhadas sobre a estrutura de produção do povoamento. Geralmente, as distribuições diamétricas consideram a frequência por classes de diâmetro, podendo eventualmente incluir a área basal, o volume, assim como os incrementos em diâmetro (ARCE, 2004).

Conforme Nogueira et al. (2005) a maioria dos modelos de distribuição diamétrica foi ajustada com dados de povoamentos não-desbastados, especialmente de *Pinus*. A explicação para a carência de estudos com modelos de distribuição diamétrica em plantações de eucalipto submetidas a desbaste é a falta de dados confiáveis, já que antes da década de 1990, em geral, não havia muito interesse em produzir árvores de eucalipto de grande porte. Soares (1993) trabalhou com a distribuição Beta, Gama, Ln-Normal e Weibull em um povoamento adulto de eucalipto e verificou que a distribuição Beta teve um ajuste mais eficiente.

O objetivo deste estudo foi construir um modelo matemático para o ajuste da altura em relação ao diâmetro e um modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de eucalipto manejados em sistema de alto fuste no fim do ciclo de rotação para região do estudo.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

O trabalho foi realizado em um plantio de *Eucalyptus grandis* de 35 ha com cerca de 25 anos de idade manejados em sistema de alto fuste no município de Salto do Jacuí, RS. Localiza-se nas coordenadas 29°03'25" S e 53°25'50" W, e tem altitude média de 400 m.

A área experimental esta inserida na microrregião Cruz Alta do estado de Rio Grande do Sul (Figura 1), a qual apresenta clima classificado como Cfa_g2, segundo o sistema Köppen, isto é, subtropical úmido, sem estiagem típica. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e do mês mais frio é superior a 3°C e inferior a 18°C. A precipitação média anual é maior do que 1600 mm, com tendência de maiores precipitações na primavera e no verão (SECCO et al., 2009).

Os solos da região são em sua grande maioria composta por Latossolos profundos, ocorrendo em

áreas mais restritas à ocorrência de solos litólicos, principalmente junto ao vale do Rio Jacuí. Na área de estudo o solo é composto por um Latossolo vermelho.

Amostragem

Para coleta dos dados foi feita uma amostragem sistemática, onde foi gerada uma grade de pontos a cada 150 metros. Em cada um destes pontos foi instalada parcela de 600 m² onde foram medidas o diâmetro a altura do peito (dap) de todas as árvores e o dap e a altura total de 10 árvores de modo a preencher toda amplitude diamétrica da parcela. Para medição do diâmetro foi utilizada uma suta dendrométrica graduada em milímetros sendo realizada a medição cruzada do diâmetro. Na medição da altura total foi utilizado o hipsômetro digital Vertex IV que possui precisão de decímetros. A coleta de dados se deu no mês agosto de 2011 e foram instaladas um total de 14 parcelas, as quais perfazem uma área de 8400 m², equivalente a 2,4% do povoamento.



FIGURA 1: Microrregião de Cruz Alta do estado do Rio Grande do Sul.

FIGURE 1: Microregion of Cruz Alta of state of Rio Grande do Sul

Relação hipsométrica

Na modelagem da relação h/d utilizou-se o procedimento de regressão stepwise através do pacote SAS. Na regressão stepwise, as variáveis são adicionadas, por vez, na equação de regressão até que a equação se torne satisfatória. A cada passo, a variável com a maior correlação parcial com a variável dependente é selecionada. Um valor de teste-F parcial é então calculado para a variável e esse valor é comparado com um valor crítico. Assim que o F parcial para a próxima variável a ser introduzida se torna menor que o valor crítico, a análise é terminada. Foram tomados os dados de altura e diâmetro a fim de definir o modelo ideal de regressão utilizando as seguintes variáveis independentes:

$$h = f\left(d, d^2, d^3, \frac{1}{d}, \frac{1}{d^2}, \frac{1}{d^3}, \sqrt{d}, \frac{1}{\sqrt{d}}\right)$$

Sendo: h = altura total em m; d = diâmetro em cm.

Para verificar as condicionantes a serem cumpridas pela análise de regressão foram utilizados os seguintes testes citados a seguir. O Teste de Durbin-Watson foi o procedimento escolhido na análise da independência dos resíduos, o grau de dependência entre os termos é chamada de correlação, e quando ocorre a dependência entre eles o método dos mínimos quadrados pode não dar as melhores estimativas, assim como, não se pode utilizar as distribuições t e F. Para verificar se o modelo cumpriu o suposto da normalidade, o que garante a aplicação do teste de significância baseado neste tipo de distribuição, testou-se a hipótese de nulidade de que a amostra tem origem em uma população normalmente distribuída por meio do Teste de Shapiro-Wilk. Na análise da homogeneidade da variância foi utilizado o Teste de White onde verifica-se a variação residual da variável no modelo seja constante, a estatística deste método segue uma distribuição de Qui-quadrado (χ^2) (SCHNEIDER et al., 2009).

Como os dados de altura apresentaram heterogeneidade de variância, foi necessário fazer a

ponderação, para isso, os dados da variável dependente foram transformados para uma escala diferente de tal maneira que se aproxime a uma distribuição normal através da adição de uma potência Box-Cox ou valor Lambda. A função Box-Cox calcula a verossimilhança perfilhada do parâmetro, devendo ser escolhido o valor Lambda que maximiza esta função. O procedimento setpwise foi então novamente utilizado visando encontrar o modelo mais adequado para a variável dependente h ponderada.

Para avaliar a precisão do modelo em relação à modelagem da altura foram utilizados como parâmetros estatísticos o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa (Syx), coeficiente de variação em porcentagem (CV%), e valor da estatística F. Em seguida foi realizada a análise gráfica da distribuição dos resíduos. Segundo Caldeira (2003) a análise gráfica da distribuição dos resíduos é uma ferramenta de grande importância para a seleção de modelos matemáticos de regressão, pois permite uma melhor visualização da distribuição dos resíduos em todo o conjunto de dados. Pode-se visualizar as equações e perceber tendências de superestimar ou subestimar as alturas dentro da amplitude de diâmetros observados.

Distribuição diamétrica

O número de classes foi determinado através da fórmula de Sturges, onde o número de intervalos é calculado em função do número de árvores e o tamanho dos mesmos é obtido pela divisão da diferença entre o maior e o menor valor, pelo número de intervalos.

$$k = 1 + 3,3 \times \log n$$

Sendo: k = nº de classes; n = nº de observações.

As funções foram processadas e ajustadas utilizando o programa SAS. As equações utilizadas para a determinação das distribuições diamétricas foram a Normal, Ln-Normal, Weibull e Gama. A normalidade dos dados foi determinada por meio dos testes de aderência de Anderson-Darling (A-Sq), Cramer-von Mises (W-Sq) e Qui-quadrado (χ^2), ao nível de 1% de probabilidade de erro.

Em cada teste de aderência as variáveis estatísticas de menor valor indicaram os melhores resultados, dessa forma, realizou-se um ranqueamento de 1 a 4, sendo um o valor representativo dos melhores resultados. Após, foi realizada a soma do valor desse ranqueamento para cada parâmetro estatístico, determinando-se o valor total para cada distribuição Gama, Ln-Normal, Normal e Weibull. A menor soma do ranqueamento determinou a função que melhor representou a distribuição das frequências nas classes de diâmetros.

Além desses testes, recursos gráficos também foram utilizados para verificar a suposição de normalidade dos dados. Contudo, para Cargnelutti Filho et al. (2004), a simples visualização dos dados amostrais de uma variável em um histograma de frequência é insuficiente para inferir a que melhor se ajusta aos dados em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relação hipsométrica

Em um total de 140 árvores foram medidas as variáveis dap e altura (Tabela 1) sendo que o diâmetro médio foi 32,6 cm, com diâmetro variando entre 5,0 cm e 89,0 cm e a altura variando de 6,7 m e 61,4 m o que demonstra à grande porte das árvores presentes no povoamento.

TABELA 1: Parâmetros médios para análise da relação hipsométrica.

TABLE 1: Average parameters to analyze the hypsometric relation.

Variável	N	Média	D. Padrão
H	140	31,2 m	13,3 m
Dap	140	32,6 cm	18,0 cm

Na modelagem do modelo mais adequado pelo procedimento stepwise duas variáveis foram adicionadas na equação, respectivamente as variáveis \sqrt{d} e d^3 . Na Tabela 2 é possível verificar os parâmetros estatísticos dos passos da modelagem. O modelo gerado apresentou um R^2 ajustado de 0,8768, Syx de 4,67, CV% de 14,96% e Valor F de 495,79.

TABELA 2: Parâmetros estatísticos dos passos da modelagem de regressão stepwise.
 TABLE 2: Statistical parameters of the steps of the stepwise regression modeling.

Passo	Variável	R ² parcial	R ²	C(p)	Valor F	Pr > F
1	\sqrt{d}	0,8736	0,8736	1,89	953,86	< 0,0001
2	d^3	0,0050	0,8786	-1,56	5,64	0,0189

Os resultados obtidos para o conjunto de dados utilizados no processamento da equação hipsométrica e determinação das condicionantes da regressão, permitiu concluir que o Teste de Shapiro-Wilk acusou um valor igual a 0,97, não significativo a probabilidade de 0,0909, portanto os dados de resíduo atendem a condição de normalidade, com um valor de assimetria igual a 4,33 e curtose igual a 5,51.

O Teste de Durbin-Watson acusou um valor de “d” estatístico igual a 1,6325. Na tabela de Durbin-Watson, para a probabilidade de 0,001 o valor de dl = 1,48 e de du = 1,60, sendo então o limite dado por $1,48 < 1,6325 < 4-1,60 = 2,40$. Portanto o “d” não é significativo, se aceita a hipótese de nulidade de que não há correlação em série e supõe-se que os resíduos são independentes.

Na análise da homogeneidade de variância o Teste de White acusou um valor de χ^2 igual a 15,03, significativo, portanto os dados de altura apresentam heterogeneidade de variância, necessitando ser transformados ou ponderados para que se possam fazer inferências quanto à variância residual, intervalo de confiança, divisão de variância, coeficiente de determinação e testes F e t (SCHNEIDER et al., 2009).

Para corrigir a condição a ser cumprida pela análise de regressão de homogeneidade de variância optou-se por adicionar uma potência Lambda (λ) pela transformação Box-Cox, onde foi obtido o valor Lambda igual a 0,33.

O procedimento stepwise foi então novamente utilizado para encontrar o modelo mais adequado para os valores de altura total ponderados pelo $\lambda = 0,33$. O novo modelo apresentou os seguintes parâmetros estatísticos: $R^2_{aj.} = 0,9171$, $S_{yx} = 0,1498$, $CV\% = 4,94\%$ e Valor F = 769,52 com uma melhora significativa em todos os parâmetros em relação ao modelo não ponderado. Na Tabela 3 é possível ver a análise da variância do modelo e na Tabela 4 a estimativa dos parâmetros.

TABELA 3: Análise da variância do modelo ponderado para estimar a h.
 TABLE 3: Analysis of variance in the weighted model to estimate h.

Fonte	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Modelo	2	34,5126	17,2563	769,52	< 0,0001
Erro	137	3,0722	0,0224		
Total	139	37,5848			

TABELA 4: Parâmetros estimados no modelo ponderado para estimar a h.
 TABLE 4: Parameters estimated in the weighted model to estimate h.

Variável	GL	Parâmetro	Erro Padrão	Valor t	Pr > t
Intercepto	1	4,7514	0,1116	42,58	< 0,0001
$\frac{1}{\sqrt{d}}$	1	-10,5906	0,9395	-11,27	< 0,0001
$\frac{1}{d}$	1	9,7834	1,6653	5,87	< 0,0001

O teste de White recalculado para variável dependente transformada forneceu um valor de 12,11, não significativo ($p = 0,0166$) que estabelece a condição de que a variação residual da variável no modelo de regressão é constante, portanto, homogênea. A melhora na homogeneidade de variância pode ser facilmente visualizada na análise gráfica dos resíduos (Figura 2), onde pode ser visto que o modelo com a variável não transformada traz uma distribuição dos dados na forma de leque, tendência típica em conjunto de dados com a presença de heterogeneidade de variância, a qual não está presente no modelo com a variável transformada.

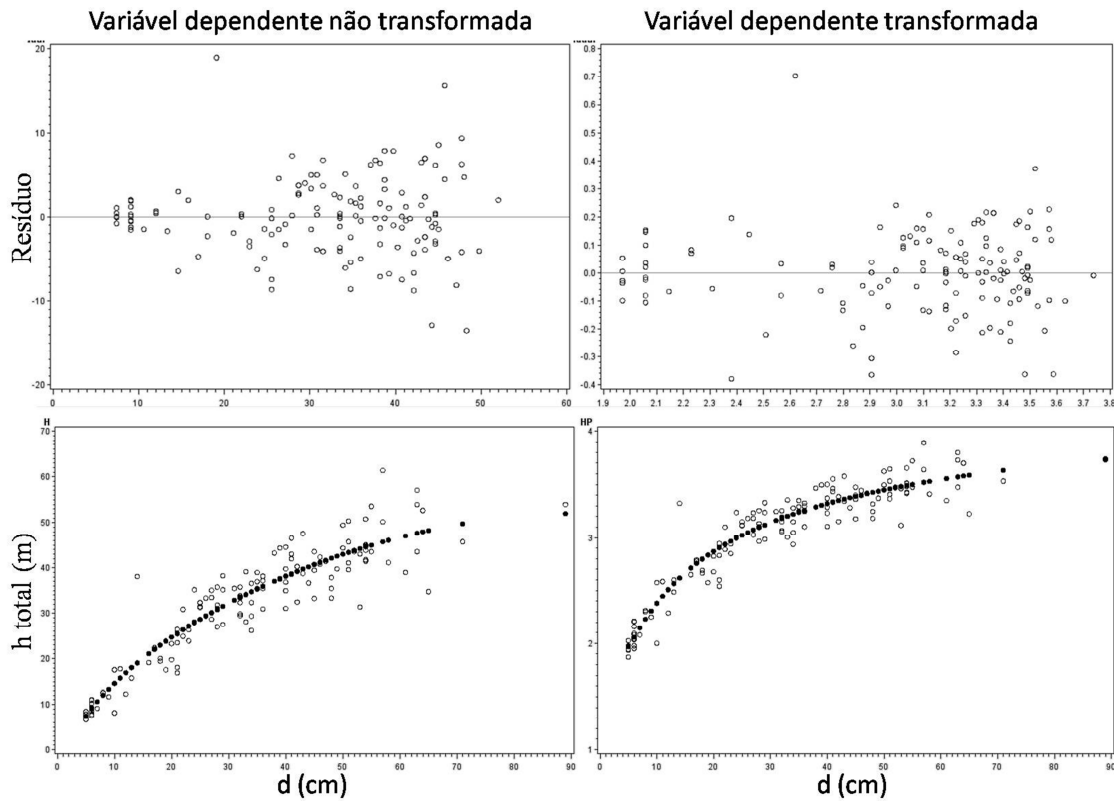


FIGURA 2: Análise gráfica dos resíduos dos modelos com variável transformada e não transformada.
 FIGURE 2: Graphical analysis of residues of model with transformed variable and untransformed variable.

Na Figura 3 é possível visualizar a distribuição observada e estimada dos resíduos por classe onde fica visível que segue uma distribuição normal após a transformação da variável h.

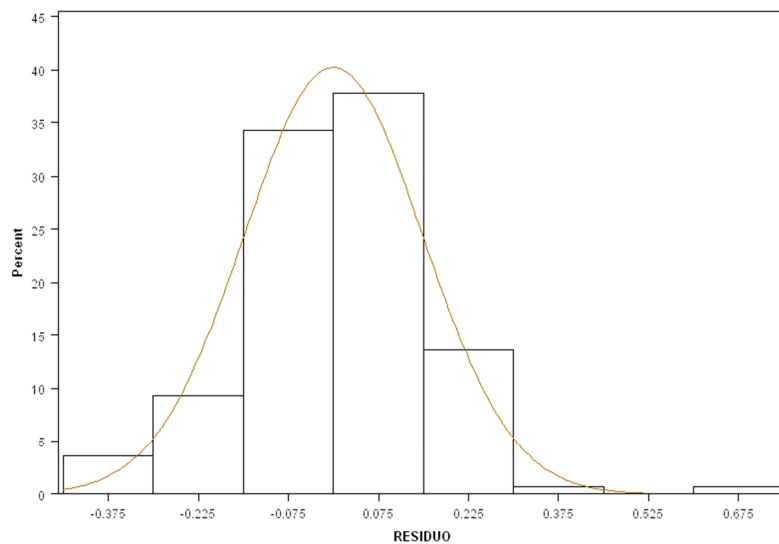


FIGURA 3: Distribuição normal dos resíduos com a transformação da variável dependente.
 FIGURE 3: Normal distribution of the residues with the transformation of the dependent variable.

Distribuição diamétrica

Foram medidas um total 433 árvores nas 14 parcelas, o que equivale a um total de 515,5 árvores por hectare. O diâmetro médio foi de 23,52 cm variando de 5 cm até 89 cm com desvio padrão de 16,75

cm. A Fórmula de Sturges indicou um número de 9,70 classes a qual arredando para cima totaliza um número de 10 classes de diâmetro. Como a amplitude dos diâmetros foi de 84 cm, cada classes terá um intervalo de 8,4 cm, com a primeira com centro de classe em 9,2 cm, a segunda em 17,6 cm e assim sucessivamente.

No primeiro ajuste as equações de probabilidade para a determinação da frequência tiveram um ajuste muito aquém do esperado, sendo que, em nenhum dos casos o conjunto dos dados seguiu a distribuição normal. O motivo pode ser observado na Figura 4, onde pode ser visualizado o grande número de indivíduos nas primeiras classes de diâmetro seguindo por um decréscimo e outro aumento até atingir um segundo pico, isto decorre-se, como pode ser visto em campo, devido a um grande número de árvores finas provenientes de rebrota dos desbastes aplicados na área anteriormente e não de árvores da mesma idade das pioneiras da floresta. Machado et al. (2006) afirma que em povoamentos equiâneos a distribuição diamétrica se aproxima de uma distribuição normal, que se torna cada vez mais assimétrica com o deslocamento à direita com o passar dos anos.

Nos gráficos da parte de baixo da figura os pontos vazados referem-se aos valores observados e os pontos sólidos os valores estimados pelos modelos.

Devido à influência das árvores jovens no ajuste das funções de densidade probabilidade optou-se por retirar do ajuste as árvores menores ou iguais a 10 cm. Fica evidente a possibilidade de alguma árvore constante do plantio inicial poder se enquadrar como menores de 10 cm, assim como, de árvores mais jovens provenientes de rebrota possuir diâmetros superiores a 11 cm. Porém essa eliminação traz um ganho real no ajuste das funções, tendo em vista a tendência das árvores provenientes de rebrota possuírem dimensões reduzidas por desenvolverem-se suprimidas pelas árvores conduzidas em alto fuste.

Com isto o número de árvores foi reduzido para 272 árvores com um diâmetro médio de 33,59, variando de 11 até 89 cm, tendo um desvio padrão de 13,15 cm. Pela Fórmula de Sturges o número necessário de classes foi de 9,03, seguindo a regra do arredondamento pra cima são necessárias as mesmas 10 classes, porém o intervalo de cada classe foi reduzido para 7,8 cm devida à menor amplitude dos diâmetros.

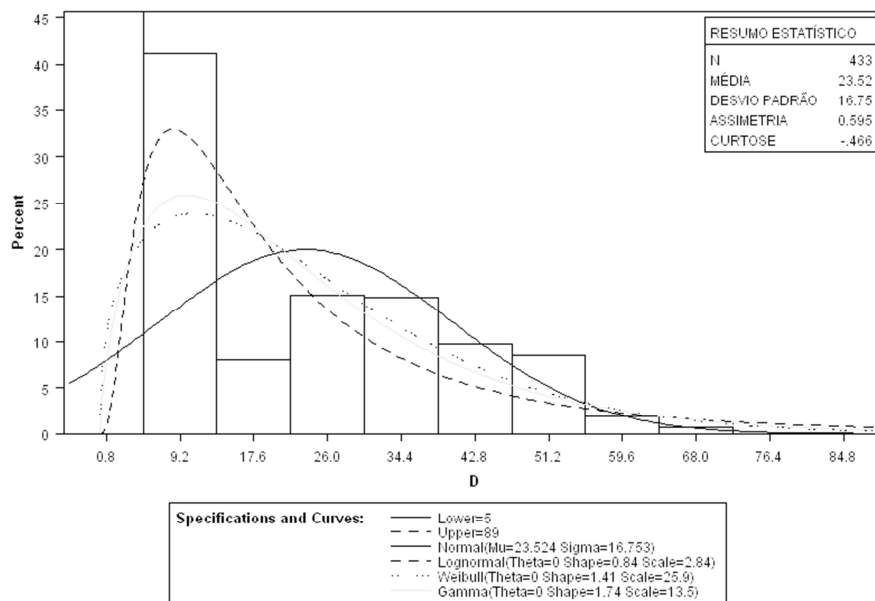


FIGURA 4: Distribuição observada dos diâmetros e curvas das funções de densidade.

FIGURE 4: Distribution observed of diameters and curves of the density functions.

Na Figura 5 pode-se ver a melhora no ajuste das curvas das funções de densidade probabilidade com a retirada das árvores finas.

Pelos testes de aderência as equações que melhores ajustaram a distribuição diamétrica foram as funções Weibull e Gama, tendo as duas atingido o valor de 5 na soma dos escores do ranqueamento, tendo as funções Normal e Ln-Normal atingido o valor 10 (Tabela 5).

Apesar da função Weibull ter sido a melhor pelos testes de Anderson-Darling e Cramer-von Mises, no Teste do Qui-quadrado ela foi significativa a probabilidade $< 0,001$, indicando que os dados não atendem a condição de normalidade. O teste Qui-quadrado é um teste de hipóteses destinado a encontrar um valor de dispersão para duas variáveis nominais, avaliando a associação existente entre essas variáveis qualitativas. É um teste não-paramétrico, ou seja, não depende dos parâmetros populacionais, como média e variância. Tem como princípio básico comparar as possíveis divergências entre as frequências observadas e esperadas para certo evento, sendo utilizado para verificar se a

distribuição das frequências observadas de um grupo de dados ajusta-se a um modelo teórico pré-determinado (NETTO, 2008).

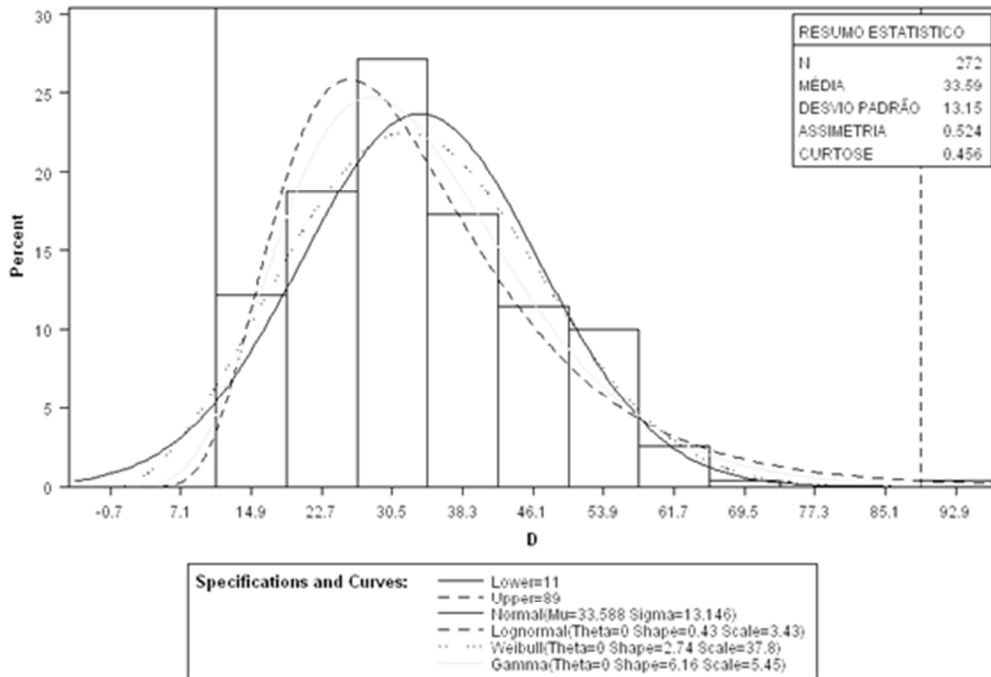


FIGURA 5: Curvas de densidade probabilidade utilizadas no ajuste da distribuição dos diâmetros.
FIGURE 5: Probability density curves used in adjusting of the diameters distribution.

TABELA 5: Testes de aderência para seleção da função de densidade.
TABLE 5: Tests of adherence for selection of the density function.

Teste	Normal	Ln-Normal	Weibull	Gama
Cramer-von Mises	0,1660	0,3188*	0,0843	0,1058
Anderson-Darling	1,0457*	2,2600*	0,5681	0,8489
Qui-quadrado	326,4627*	20,1653*	149,0973*	15,5480
Ranqueamento	3+3+4=10	4+4+2=10	1+1+3=5	2+2+1=5

* Significativo.

Portanto foi escolhida a função Gama como a melhor no ajuste da distribuição diamétrica de *Eucalyptus grandis* para área do estudo, pois, além de ter sido a melhor pelo ranqueamento, atendeu a condição de normalidade para todos os testes de aderência com o valor de W-Sq = 0,0843 não significativo ($p = 0,098$), A-Sq = 0,8489 não significativo ($p = 0,031$) e $\chi^2 = 15,5480$ não significativo ($p = 0,049$). A função ficou da seguinte forma:

$$f(x) = \frac{1}{5,4529 \times \Gamma(6,1597)} \left(\frac{d}{5,4529} \right)^{6,1597}$$

Sendo: Γ = função Gama, d = diâmetro a altura do peito (cm).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, realizado com *Eucalyptus grandis* em fim de rotação manejado em alto fuste na Microrregião Cruz Alta no Rio Grande do Sul permitiram concluir que:

1) O modelo da $h = f\left(\frac{1}{\sqrt{d}}, \frac{1}{d}\right)$ apresentou bom ajuste de acordo com os critérios estáticos e de condicionantes da regressão, e pode ser utilizado na situação em questão.

2) A transformação da variável dependente, utilizando o valor Lambda aumenta a precisão das estimativas da altura, não só por eliminar a heterogeneidade da variância, mas também por produzir uma melhora em todos os parâmetros estatísticos assim como na representação gráfica dos resíduos.

3) Entre as funções de distribuição diamétrica estudadas, a função Gama é a que apresenta o melhor ajuste na idade, atendendo com plenitude as condições de normalidade. No ajuste deve ser eliminados os indivíduos provenientes de rebrota ou regeneração para que se obtenha o povoamento equiâneo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCE, J. E. Modelagem da estrutura de florestas clonais de *Populus deltóides* Marsh. através de distribuições diamétricas probabilísticas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 149-164, jan./jun., 2004.
- BARTOSZECK, A. C. P. S. et al. A distribuição diamétrica para bracatingais em diferentes idades, sítios e densidades da região metropolitana de Curitiba. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 305-324, set./dez., 2004.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Relação hipsométrica para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze na região oeste do estado do Paraná. **Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 79-88, abr./jun. 2003.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; TRINDADE, J. K. Ajustes de funções de distribuição de probabilidade à radiação solar global no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 39, n. 12, p. 1157-1166, dez., 2004.
- CLUTTER, J. L. et al. **Timber management: a quantitative approach**. New York: John Wiley and Sons Ltd. 1983. 333p.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A. **Dendrometria**. 2 ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 316 p.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.
- MACHADO, S. A. et al. Dinâmica da distribuição de Bracatingais na região metropolitana de Curitiba. **Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 759-768, 2006.
- NOGUEIRA, G. S. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 579-589, 2005.
- PULZ, F. A. et al. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiânea com a matriz de transição. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 01-14, jan./fev., 1999.
- SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCHI, A. Estimativas e testes da distribuição de frequência diâométrica para *Eucalyptus camaldulensis*, através da distribuição SB, por diferentes métodos de ajuste. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n. 54, p. 93-106, dez., 1998.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria: FACOS, 2009. 294 p.
- SILVA, G. F. et al. Análise da influência de diferentes tamanhos e composições de amostras no ajuste de uma relação hipsométrica para *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, jul./ago. 2007.
- SOARES, J. B. **Otimização do sortimento de produtos florestais a partir de funções de distribuição diamétrica e funções de forma**. 1993. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- NETTO, C. C. **Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e espaçamentos**. 2008. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- ZANON, M. L. B. et al. Funções para descrever a relação altura diâmetro de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, jan./abr. 1996.

**SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NA
REGIÃO DA QUARTA COLÔNIA, RS, BRASIL**

**ECONOMIC SUSTAINABILITY IN DECIDUAL SEASONAL FOREST IN THE REGION OF
FOURTH COLONY, RS, BRAZIL**

Frederico Dimas Fleig¹; Emanuel Arnoni Costa²; Evandro Alcir Meyer³; Jean Pierre Cavalli⁴;
Lílian Daniel Pereira⁵; Rafael Cubas⁶; Tatiane Chassot⁷

RESUMO

Foram analisados dois cenários para avaliar a sustentabilidade da Floresta Estacional Decidual na região da Quarta Colônia, RS. Considerou-se uma floresta explorada a partir das recomendações permitidas pela lei (retirada de 30 m³ de três em três anos) e floresta manejada pelo modelo de floresta ideal para sistemas inequiduais. Os dados de floresta foram obtidos de inventário local, e os valores de custos e os preços de madeira foram resultado de investigação de mercado regional. A análise econômica levou em consideração o Valor Esperado da Terra (VET). Concluiu-se que as florestas mistas e inequiduais podem ser consideradas viáveis tanto no cenário de exploração como no de manejo florestal, com taxas de juros acima de 10% e 20%, respectivamente. A floresta manejada gerou valores de VETs superiores aos obtidos pela floresta explorada. Assim, essas florestas podem ser vistas como uma fonte de renda para os produtores rurais, onde se espera que o interesse pelo manejo sustentável e consequente manutenção das florestas nativas seja uma idéia crescente nas propriedades rurais.

Palavras-chave: valor esperado da terra; produção florestal sustentada.

ABSTRACT

Were analyzed two scenarios to access the sustainability of the Deciduous Forest in the Fourth Colony region, RS. It was considered a logged forest from the recommendations allowed by law (removal of 30 cubic meter every three years) and managed forest by forest model ideal for inequiduous systems. The forest data were obtained from local inventory, and the values of costs and timber prices were results of investigation of the regional market. The economic analysis took into account the Soil Expected Value (SEV). It was concluded that the mixed forests and inequiduous can be considered viable in the operation as in forest management scenario, with interest rates lower than 15% and 20%, respectively. The managed forest generated SEVs values higher than those obtained by the logged forest. Thus, these forests can be seen as a source of income for farmers, where it is expected that interest in the sustainable management and consequent maintenance of native forests is an idea growing in rural properties.

Keywords: expected value of the land; sustainable forest production.

INTRODUÇÃO

O manejo sustentado apresenta-se como uma tendência mundial para o aproveitamento e conservação das florestas mistas e inequiduais. De forma geral, no Rio Grande do Sul, as florestas nativas não têm cumprido o papel fundamental na produção madeireira de agregar valor econômico e gerar renda a seus proprietários e tampouco são consideradas pela sociedade urbana como produtoras de matéria-prima.

Segundo Andrae (2000), tanto a perspectiva do mercado local e internacional de madeira quanto a vocação natural de algumas áreas antes cobertas por ricas florestas, deveriam servir de motivação para gerar um amplo movimento estadual em favor da utilização destas potencialidades ecológicas e produtivas existente. A maneira ideal de utilização dessas florestas é por meio do manejo florestal sustentável que, além da obtenção de matéria-prima, busca alcançar o uso múltiplo das florestas, aliando a proteção, o equilíbrio ecológico e os benefícios recreativos.

No estado do Rio Grande do Sul a estrutura e a composição das florestas nativas encontram-se bastante alteradas, de pauperadas de suas árvores mais valiosas, exceto as Unidades de Conservação. O

¹ Engenheiro Florestal, Dr. Professor da UFSM. dimasfleig@uol.com.br

² Engenheiro Florestal, Doutorando do PPGEF-UFSM. emanuelarnonicost@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal, Doutorando do PPGEF-UFSM. eam.meyer@gmail.com

⁴ Engenheiro Florestal, Mestrando do PPGEF-UFSM. jeancavalli@gmail.com

⁵ Engenheira Florestal, Doutoranda do PPGEF-UFSM. liliandapereira@yahoo.com.br

⁶ Engenheiro Florestal, Doutorando do PPGEF-UFSM. florestal.rafael@gmail.com

⁷ Engenheira Florestal, Doutoranda do PPGEF-UFSM, Professora da UFFS – Cerro Largo. tatianechassot@yahoo.com.br

que se observa são verdadeiros mosaicos de estágios sucessionais distribuídos pelos terrenos declivosos ou esgotados, principalmente em regiões de minifúndios, vistos pela população rural como um obstáculo ao aumento de receita da propriedade (ANDRAE, 2000).

No entanto, há um limite permitido por lei para a exploração eventual de espécies da flora nativa provenientes de formações naturais, para o qual, não há necessidade de autorização de órgãos competentes. De acordo com o Decreto Nº 6.660, de 21 de novembro de 2008, é permitida a retirada não superior a vinte metros cúbicos por propriedade ou posse, a cada período de três anos (BRASIL, 2008).

A região noroeste e central do estado tem uma área de 11.762,45 km² (1.176.245 ha) com Floresta Estacional Decidual, o que representa 4,16% da superfície total e 23,84% da cobertura com floresta nativa (RIO GRANDE DO SUL, 2002). Como principal característica desta vegetação destaca-se: elevada porcentagem de espécies exclusivas da floresta subtropical, número relativamente pequeno de altas espécies arbóreas e quase ausência de epífitas. A floresta apresenta três estratos arbóreos distintos, o estrato superior (30 a 40 m de altura) que não forma uma cobertura contínua, o estrato médio (de 15 a 25 metros de altura) que é bastante denso e contínuo, e o estrato das arvoretas (6 e 15 metros de altura) que é formado por um número relativamente pequeno de árvores medianas (KLEIN, 1972).

A área florestal do Rio Grande do Sul praticamente duplicou nos últimos 20 anos, no entanto, a oferta de madeira proveniente de florestas nativas permaneceu inalterada e o estado passou de exportador de madeira de qualidade à condição de importador de expressivos volumes de matéria-prima, oriundos do Norte do País (ANDRAE, 2000).

Para que a produção de madeira nativas de alta qualidade seja autossuficiente e economicamente viável, faz-se necessário conhecer o incremento das árvores a serem manejadas, para que se tenham informações da quantidade de madeira a ser cortada periodicamente, e assim, estabelecer um ciclo de corte. Porém, a escassez de informações a respeito do crescimento das árvores em florestas nativas dificulta estudos de rentabilidade econômica.

Alguns dos critérios que podem servir para analisar economicamente um projeto florestal são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Razão Benefício/Custo (B/C), Valor Anual Equivalente (VAE), Custo Médio de Produção (CMP), Valor Esperado da Terra (VET). Este, também conhecido como valor da expectativa do solo ou conceito de Faustmann, por considerar um horizonte infinito, vem sendo amplamente utilizado para análise e avaliação de projetos florestais.

O VET, de acordo com Silva e Fontes (2005), foi desenvolvido visando determinar o preço máximo de compra da terra nua a ser utilizada para implantação de determinada cultura. Concomitantemente, Silva et al. (2008) afirmam que o VET consiste na obtenção do valor das receitas líquidas perpétuas adquiridas por meio de uma determinada cultura/atividade florestal, excluindo-se o custo da terra. No caso da atividade florestal, representa o custo da terra a ser utilizada para a produção de madeira.

Conforme o exposto acima, o presente estudo teve por objetivos avaliar a sustentabilidade econômica da Floresta Estacional Decidual na região da Quarta Colônia no Rio Grande do Sul sob dois cenários:

- a) Floresta manejada;
- b) Floresta explorada seguindo a legislação pertinente.

MATERIAL E MÉTODO

Localização e caracterização da área

A pesquisa foi realizada com dados provenientes de um inventário florestal realizado na região da Quarta Colônia de Imigração Italiana, composta pelos municípios, Silveira Martins, Ivorá, São João do Polêsine, Faxinal do Soturno, Dona Francisca, Nova Palma e Pinhal Grande, Agudo e Restinga Seca, abrangendo uma área total de 2.923 hectares, no estado de Rio Grande do Sul (BRENA e LONGHI, 2002).

O clima da região foi caracterizado segundo Köppen como *Cfa* – subtropical, úmido sem estiagem (MOTA, 1951). A temperatura média anual varia de 18°C a 20°C. A precipitação média anual está entre 1500 e 1750 mm sendo que a máxima precipitação ocorre em julho, agosto e setembro e os meses que apresentam os menores índices pluviométricos são novembro, dezembro e março (NIMER, 1990).

Obtenção dos dados

O cenário que considerou a floresta explorada seguindo a legislação teve as seguintes espécies avaliadas: *Apuleia leiocarpa* (Grápia), *Araucaria angustifolia* (Pinheiro brasileiro), *Cabralea canjerana* (Canjerana), *Cedrela fissilis* (Cedro), *Enterolobium contortisiliquum* (Timbaúva), *Jacaranda micrantha* (Caroba), *Luehea divaricata* (Açoita cavalo), *Myrcarpus frondosus* (Cabriúva), *Nectandra lanciolata* (Canela amarela), *Nectandra megapotamica* (Canela preta), *Parapiptadenia rigida* (Angico vermelho), *Patagonula americana* (Guajuvira), *Schefflera morotoni* (Caixeta) e também árvores mortas, pois estas apresentaram frequência maior ou igual a uma árvore por hectare.

O volume dos galhos destas espécies foi estimado mediante a equação definida por Brena *et al.* (1988), sendo a expressão:

$$\log vg = -1,4343 + 0,00205(d.h)$$

Sendo vg = volume de galhos; d = diâmetro à altura do peito; h = altura total;

A altura total das espécies avaliadas foi obtida por meio de uma proporção entre a média da altura total e a média da altura comercial, variáveis estas que estavam disponíveis em todas as parcelas do inventário florestal.

Para o cenário de floresta manejada foi suposto que seriam desbastados indivíduos das espécies de menor interesse e os de pior qualidade do fuste, retirando a madeira proveniente destes para lenha. Adicionalmente, tratamentos silviculturais e plantios de mudas deverão ser realizados. Ao final deste processo, o volume estaria concentrado principalmente em três espécies com árvores maduras para o corte: cedro, louro e canjerana.

Como as propriedades utilizadas neste estudo são fictícias, considerou-se que as mesmas tivessem uma área de 30 ha, e obedecendo a legislação, teriam uma área de reserva legal de 6 ha. Como a legislação florestal permite a exploração eventual de 20 m³ em um intervalo de 3 anos, optou-se por realizar o parcelamento desta reserva legal em lotes de 1 ha, que serão as unidades de produção. Com isso tem-se que o ciclo de corte será de 18 anos, pois como o intervalo de corte é de 3 anos e há 6 unidades de produção (UP), serão necessários 18 anos para realizar um novo corte em uma mesma UP.

Os dados econômicos relacionados aos custos de condução e corte, por hectare, e valor de mercado da madeira foram obtidos por investigação de mercado.

Para comparação com o VET, o valor comercial médio de terra na região, foi inferido do preço de oferta nos meios de comunicação de Santa Maria e região nos meses de março e abril de 2011.

Análise dos dados

O volume das espécies selecionadas acrescido das árvores mortas, para análise econômica do cenário de exploração de floresta nativa, resultou em um volume levemente superior aos 20 m³ permitidos por lei.

O volume de madeira retirado da floresta manejada foi determinado pelo método de área basal baseado no modelo de floresta ideal para sistemas inequidistantes, segundo Schneider e Finger (2000). A partir do estabelecimento de um Quociente de Lioucourt (q) de 1,8 e área basal remanescente de 20 m²/ha, com diâmetro mínimo de corte de 40 cm. Para a fórmula de volume foi considerada uma altura comercial de 10 m e fator de forma de 0,6.

Para manter a floresta balanceada, optou-se por uma retirada de aproximadamente 80 árvores por hectare, com volume médio de 0,12 m³.

Para verificar a rentabilidade da Floresta Estacional Decidual utilizou-se do cálculo do VET, que é bastante indicado para rotações longas, com baixa taxa de juros, sendo expresso pela equação:

$$VET = \frac{R (1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$$

Onde: VET = valor esperado da terra; R = receita líquida perpétua atualizada; i = taxa de juros; t = tempo, duração do ciclo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando a distribuição diamétrica obtida por Brena e Longhi (2002) encontrou-se um valor de “ q ” (quociente de Lioucourt) de 2,5. Isto denota que nas condições dessa floresta, existia um grande número de árvores nas classes de menores diâmetros, enquanto que para as maiores, este número era relativamente baixo (Figura 1). Para que fosse possível atingir um maior número de árvores com diâmetro superior a 40 cm, reduziu-se o valor de “ q ” para 1,8, utilizando desbastes por baixo, diminuindo a frequência nas menores classes, permitindo assim que um maior número de árvores alcançasse o diâmetro mínimo de corte na próxima intervenção.

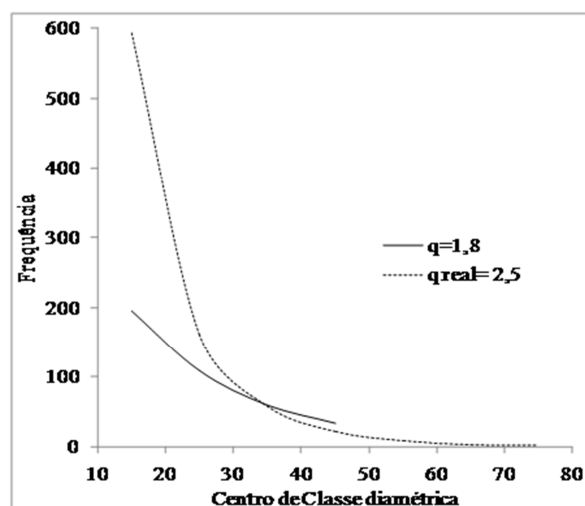


FIGURA 1: Frequência de classe diamétrica para floresta sem manejo ($q_{\text{real}}=2,5$) e floresta balanceada ($q=1,8$).

FIGURE 1: Frequency of diameter class to the forest without management (real $q= 2.5$) and balanced forest ($q= 1.8$).

Produção de floresta explorada

As espécies foram classificadas de acordo com a qualidade da madeira (alta qualidade, qualidade intermediária, qualidade inferior e lenha), conforme mercado madeireiro regional (Tabela 1).

TABELA 1: Quantidade de árvores exploradas, por classe de qualidade, com seus respectivos volumes.
TABLE1: Number of trees exploited by quality class, with their respective volumes.

Madeira de alta qualidade R\$ =250/m ³		
Espécie	N	V (m ³)
Grápia	1	0,958
Canjerana	1	1,015
Cedro	1	1,107
Caroba	1	0,959
Cabriuva	1	0,746
Guajuvira	3	2,898
Receita (subtotal)		1920,75
Madeira de qualidade intermediária R\$ = 150/m ³		
Espécie	N	V(m ³)
Araucária	1	1,926
Timbauva	1	1,635
Açoita	2	1,535
Caixeta	1	0,862
Receita (subtotal)		893,65
Madeira de qualidade inferior R\$ = 100/m ³		
Espécie	N	V(m ³)
Canela-amarela	2	0,633
Canela-preta	2	1,096
Angico-vermelho	1	1,036
Receita (subtotal)		276,50
Lenha R\$ =26/m ^{st*}		
Espécie		V(m st)
Mortas		10,784
Vol.galhos		52,549
Receita (subtotal)		1646,67
Receita total		4737,57

* O fator de cubicação = 0,51.

As maiores receitas foram obtidas das madeiras de alta qualidade (devido as suas grandes dimensões aliados ao seu elevado valor de mercado), seguida da lenha, que superou a receita dos demais sortimentos, decorrente da grande quantidade de madeira cortada nas menores classes de diâmetro e ao alto volume de galhos.

Produção de floresta manejada

Na floresta manejada a receita foi proveniente da madeira de alta qualidade e da lenha, conforme pode ser visualizado na Tabela 2.

TABELA 2: Volume de madeira cortado em floresta manejada.

TABLE 2: Volume of woodcut inmanaged forest.

Madeira alta qualidade R\$=250	
Vol. total (m ³)	32,44
Receita (subtotal)	8110,00
Lenha R\$=26/m st	
Vol. de galhos da madeira de alta qualidade (m st)	118,26
Vol. galho - desbaste (m st)	69,13
Lenha - desbaste (m st)	18,82
Receita (subtotal)	5361,80
Receita Total	13471,80

* O fator de cubicação = 0,51.

Pode-se observar que as árvores de alta qualidade contribuíram de forma expressiva no volume total de lenha, justificado pela grande quantidade de galhos nestes indivíduos manejados.

Custos

Os custos obtidos pela pesquisa de mercado estão descritos na Tabela 3. A floresta explorada contou somente com o custo de corte e imposto sobre propriedade territorial rural (ITR), já para a floresta manejada foram considerados todos os custos descritos.

TABELA 3: Custos para exploração e manejo de Floresta Estacional Decidual.

TABLE 3: Costs for operation and management of Deciduous Forest

Custos	Valor unitário	Unidade
Aceiros	120	R\$/3anos
desrama-corte de cipó -serrote	31	R\$/3anos
ITR	22	R\$/ano
custo de enriquecimento	100	R\$/3anos
Manutenção	800	R\$/ano
Custo de corte	8	R\$/m ³

Valor da terra

Os preços de terra ofertados variavam conforme aptidão e potencial de uso do solo, sendo: de 5000 R\$/ha para áreas com floresta; 13000 R\$/ha para áreas de produção de soja e milho.

Análise econômica

O VET para os dois cenários foi analisado com diferentes taxas de juros (Figura 2).

Segundo Silva e Fontes (2005), um projeto é considerado economicamente viável se apresentar VET maior que o valor da terra.

Considerando os valores de terra com floresta (5000 R\$/ha) todos os cenários seriam viáveis, inclusive com as altas taxas de juro avaliadas.

No entanto, quando comparamos o rendimento da floresta com uma área de produção de milho e soja (13000 R\$/ha), podemos verificar que a floresta explorada somente é viável quando utilizarmos uma taxa de juros acima de 10%, sendo que taxas de juros maiores comprometem sua viabilidade econômica.

Para a floresta manejada, a viabilidade econômica com a variação da taxa de juros é mais ampla. Comparado com a produção de culturas agrícolas, somente observa-se uma possível inviabilidade da produção madeireira em taxa de juros superiores a 20%. Contudo mesmo com taxa de juro muito elevada de 20% o manejo florestal foi considerado viável.

Comparando os valores de VET de floresta explorada e manejada, conclui-se que apesar da floresta explorada ser viável em determinado contexto, quando manejada seu VET aumenta expressivamente, chegando a duplicar considerando todas as taxas avaliadas.

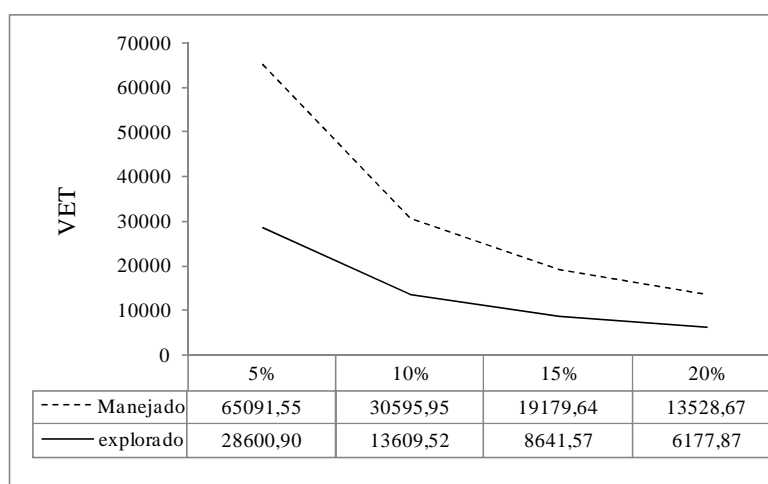


FIGURA 2: Valor de VET com a variação de taxa de juro para o cenário de floresta manejada e floresta explorada.

FIGURE 2: Value of VET with the variation of interest rate for the scenario of managed forest and logged forest.

CONCLUSÕES

A partir da análise de VET podemos observar que tanto a exploração quanto o manejo da Floresta Estacional Decidual são opções viáveis, visto que a inviabilidade só acontecerá com taxas de juros muito elevadas (acima de 10% para floresta explorada e acima de 20% para floresta manejada).

Desta forma confirma-se a hipótese de que as florestas podem ser vistas como produtoras, e não como um empecilho a geração de renda das pequenas propriedades rurais na região da propriedade da Quarta Colônia. Recomenda-se que sejam realizadas análises direcionadas para a realidade de cada região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F. Carta aberta aos interessados nas questões florestais do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, v. 20, p. 115-125, jan./jun. 2000.
- BRASIL. Decreto n. 6.660 de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 nov. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6660.htm>. Acesso em: 22 set. 2011.
- BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Inventário Florestal. In: ITAQUI, J. (Org.) **Quarta Colônia: inventários técnicos**. Santa Maria: Condesus Quarta Colônia, p 34-136, 2002.
- KLEIN, R.M. Árvores nativas da Floresta Subtropical do Alto Uruguai. **Sellowia**, Itajaí, v. 24: p. 9-62. 1972.
- RIO GRANDE DO SUL. Governo do Estado. Secretária Estadual do Meio Ambiente. **Inventário do Rio Grande do Sul** [online]. Porto Alegre: FATEC/SEMA, 2002. Disponível em: <[URL: http://w3.ufsm.br/ifcrs/frame.htm](http://w3.ufsm.br/ifcrs/frame.htm)>
- MOTA, F. S. Estudos do clima do Rio Grande do Sul segundo o Sistema de Köppen. **Revista Brasileira de Geografia**, v.13, p.275-284, 1951.
- NIMER, E. Clima. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: 1990. p 151-187.
- SCHNEIDER, P. R. ;FINGER, C. A. G. Manejo sustentado de florestas inequidêneas.. 1. ed. Santa Maria: UFSM, 2000. v. 1. 195 p.
- SILVA, M. L. et al, Métodos de cálculo do custo da terra na atividade florestal. **Cerne**, Lavras - MG, v. 14, n. 1, p. 75 – 81, jan./mar. 2008.
- SILVA, M. L.; FONTES, A. A., **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 29, n. 6, p. 931 – 936, 2005.

VACCARO, S. et al. Incremento em área basal de árvores de uma floresta estacional decidual, em três fases sucessionais, no município de Santa Tereza, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v. 13, n. 2, p. 131 – 142, dez. 2003.

ESTRUTURA POPULACIONAL DA ESPÉCIE *Vouacapoua americana* Aubl. EM FLORESTA DE TERRA FIRME NO ESTADO DO AMAPÁ, BRASIL

POPULATION STRUCTURE OF *Vouacapoua Americana* Aubl. IN UPLAND FOREST IN AMAPÁ, BRAZIL

Luandson Araújo de Souza¹; Perseu da Silva Aparício²; Wegliane Campelo da Silva Aparício³; Eleneide Doff Sotta⁴; Marcelino Carneiro Guedes⁵; Lana Patrícia dos Santos Oliveira⁶

RESUMO

A espécie *Vouacapoua americana* Aubl., conhecida como acapu, pertence à família Fabaceae Caesalpinioideae. É bastante encontrada em florestas de terra firme, tendo como característica principal a qualidade de sua madeira. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi caracterizar a estrutura populacional da *Vouacapoua americana* Aubl. em uma floresta de terra firme no estado do Amapá, Brasil. Este trabalho foi desenvolvido na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA-AP). A área em estudo possui um clima do tipo Af, segundo a classificação de Köppen. Numa área de 15 hectares foram locados três conglomerados quadrados em três diferentes áreas. Os conglomerados foram locados sistematicamente, equidistantes em média de 3 km. Em cada conglomerado foram implantadas cinco parcelas de 100 x 100 m, distantes 200 m entre si. Foram medidos todos os indivíduos de *Vouacapoua americana* Aubl. com diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo (DAP) ≥ 10 cm, como também estimada a altura comercial dos indivíduos. Para o cálculo da distribuição diamétrica os indivíduos foram divididos em classes com intervalo de 9 cm. A análise volumétrica foi realizada por centro de classe de diâmetro. A distribuição espacial foi realizada por meio do Índice de Morisita. A distribuição diamétrica tendeu ao "J" invertido somente após a segunda classe. A distribuição volumétrica apresentou um crescimento gradativo com o aumento da classe de diâmetro. O padrão espacial foi aleatório, podendo representar dificuldade para implementação do manejo florestal, porém na exploração convencional essa característica pode representar a sustentabilidade ecológica da espécie. É possível inferir que a espécie possui estabilidade ecológica e também sustentabilidade para aplicação do manejo florestal.

Palavras-chave: Estrutura diamétrica; padrão espacial; manejo florestal.

ABSTRACT

The *Vouacapoua Americana* Aubl., known as Acapu, belongs to Fabaceae Caesalpinioideae family. It is found in upland forest, with main characteristic the quality of wood. Thus, the aim was to characterize the population structure of *Vouacapoua Americana* Aubl. in upland forest, Amapá, Brazil. This study was conducted in Amapá State Forest (FLOTA/AP). The climate is Af. In an area of 15 hectares were plotted three clusters. The clusters were systematically plotted (3 km). In each cluster were established five plots (100x100m), with 200m each other. We measured all individuals of *Vouacapoua Americana* with diameter at breast height at 1.30m above the ground (DBH) ≥ 10 cm, but also estimated the height. To calculate the diameter distribution were divided into classes (interval of 9 cm). Volumetric analysis was developing by diameter class. Morisita index was utilized to Spatial distribution. Diameter distribution tended to "J" reversed only after the second class. The distribution volume showed a gradual

¹Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

² Acadêmico de Engenharia Florestal, Bolsista PIBIC/CNPq. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Rua Netuno, 1283, CEP 68903-400, Macapá (AP). luandson_souza@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

⁴ Engenheira Florestal, Dr., Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellaparicio@unifap.com.br

⁵ Engenheiro (a) Florestal, Dr. (a), Pesquisador (a) da Embrapa/AP, Professor do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. Rodovia JK quilômetro 5, CEP: 68900-000, Macapá (AP). mcguedes@cpafap.embrapa.br; esotta@cpafap.embrapa.br

⁶ Bióloga, Msc, Gerente do Núcleo de Serviços Ambientais, Instituto Estadual de Florestas – IEF/AP. Avenida Procópio Rola, 90, CEP: 68900-000, Macapá (AP). lana_p_oliveira@hotmail.com

increase with diameter class. The spatial pattern was random, which may represent difficulty to forest management, but the conventional exploitation may represent the ecological sustainability. We can infer that species also has ecological stability and sustainability for application of forest management.

Keywords: Diametric structure; spatial pattern; forest management.

INTRODUÇÃO

A maioria das florestas tropicais nativas da Amazônia tem sido explorada de forma não sustentável, sem aplicação dos critérios de sustentabilidade, o que caracteriza perda da cobertura florestal e da diversidade de espécies, antes mesmo que se tenha o conhecimento dessa riqueza natural (SOUZA et al., 2005).

Para conter a exploração desordenada, o manejo florestal tem sido difundido como controlador e/ou minimizador de danos. Porém o manejo florestal é empregado quando em consideração a comunidades florestais, com o mínimo exigido de estudos técnicos por espécie. Santos (2010) afirma que são insuficientes os estudos acerca do comportamento da maior parte das espécies florestais em regiões de floresta tropical para a realização de atividades florestais de uso sustentável. Essa deficiência é agravada pela grande heterogeneidade de espécies situadas nesses ambientes, trazendo dificuldades ao seu estudo que acarretam numa grande carência de informações a respeito do comportamento das espécies.

Estudos de distribuição diamétrica e espacial são o primeiro passo para planejar futuras explorações do setor florestal. Para Pulz et al. (1999) a distribuição diamétrica das árvores possibilita a definição do ciclo de corte; avaliação da viabilidade econômica de se praticar ou não o manejo; além de fazer parte de um rol de critérios que auxiliarão na decisão sobre que espécie poderá ser removida da floresta, fato este que afetará com menor intensidade a manutenção da diversidade florística.

De Paula et al. (2003) afirmam que a distribuição diamétrica é hoje uma ferramenta muito importante e tem sido frequentemente usada em trabalhos de manejo. Segundo Siminski et al. (2004), a distribuição diamétrica permite a avaliação prévia de condições dinâmicas da floresta, permitindo previsões futuras quanto ao desenvolvimento da comunidade vegetal.

Tuyoshi et al. (2009) em seu estudo afirma que em distribuição diamétrica de florestas naturais, a abordagem dos dados a nível de espécie pode revelar aspectos interessantes para o manejo florestal.

No caso da distribuição espacial, Capretz (2004) diz que o padrão de árvores é uma questão chave para estudos de ecologia florestal. O nível de organização espacial das árvores no ambiente depende de diversos processos ecológicos e características próprias de qualquer ambiente. Os tipos de distribuição são classificados em aleatório, agregado e uniforme.

Entre as espécies madeireiras mais utilizadas na Amazônia destaca-se o acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.). Essa espécie vem sendo bastante utilizada no setor florestal, por possuir madeira de boa trabalhabilidade. É considerada uma das essências madeireiras mais nobres e requisitadas da Amazônia e como conseqüência vem sendo alvo de grande exploração, que reduz suas reservas colocando a espécie em vias de perigo.

Aragão e Almeida (1997) afirmam ainda que dezenas de populações do acapu parecem ter sido extintas no nordeste paraense, em áreas onde esta espécie florestal ocorria em densos aglomerados, hoje convertidos em vegetação secundária por ação de desmatamento para extração madeireira, agricultura e pecuária.

Vale salientar que o acapu está na lista das espécies ameaçadas de extinção, elaborada pelo projeto Biota e coordenado pelo Museu Paraense Emílio Goeldi, Conservation Internacional (CI) e Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado do Pará (SECTAM) Silvestre (2006).

Dada a ampla exploração do acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.), espera-se que a estrutura da espécie na região em estudo encontra-se comprometida pelo excesso de demanda madeireira. Nesse contexto, este trabalho visa conhecer a estrutura populacional da espécie *Vouacapoua americana* Aubl., para viabilizar o manejo florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O trabalho foi desenvolvido na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA-AP) que está localizada no estado do Amapá, extremo norte do Brasil, município de Porto Grande. Criada pela lei estadual nº 1.028 de 12 de julho de 2006, na qual se apresenta dividida em quatro módulos produtivos.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é quente -úmido, do tipo Af, podendo ocorrer chuva em todas as estações do ano. Com uma temperatura média em torno de 25 °C. Sua precipitação média anual é em torno de 2.284 mm (SUDAM, 1984).

Procedimento metodológico

O presente estudo foi realizado em uma área de aproximadamente 300 ha. O processo amostral

foi em conglomerados quadrados. Cada conglomerado é composto de cinco parcelas de 100 x 100 m, equidistantes em média de 3 km. No total foram amostrados 15 ha.

Nas parcelas amostradas foram mensurados todos os indivíduos de *Vouacapoua americana* Aubl. com diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo (DAP) ≥ 10 cm.

Ademais todos os indivíduos foram plaqueados e por meio de uma planilha anotou-se além do diâmetro, altura comercial e algumas características dendrológicas, como a posição sociológica (onde: 1 – dominante; 2 – co-dominante; e 3 – dominada), qualidade do Fuste (Q.F) onde: (1 – reto, árvores com bom aproveitamento comercial; 2 - pouco tortuoso, aproveitamento regular; 3 – tortuoso, são caracterizados por um grau de aplicação muito baixo.

A identificação taxonômica da espécie foi realizada com um levantamento prévio em campo por especialistas e os nomes botânicos foram conferidos com na página da WEB do Missouri Botanical Garden <http://mobot.bobot.org/WT3/Search/vas.html>. segundo o sistema APG II (2003).

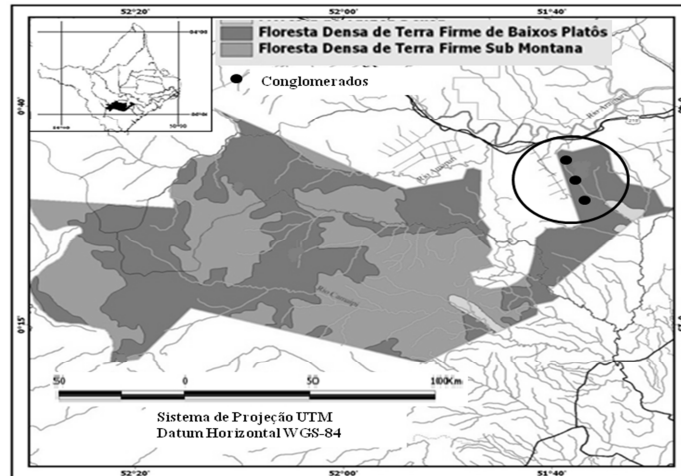


FIGURA 1: Localização da área de estudo no Módulo II da Floresta Estadual do Amapá, Brasil.

FIGURE1: Localization of study area at Module II of Amapá State Forest, Brazil.

Análise dos dados

A distribuição diamétrica foi baseada na construção de um histograma, divididas em 8 classes com intervalo de 9 cm de amplitude, no qual o centro de classe inicial foi de 15 cm e a última classe correspondeu indivíduos com DAP > 90 cm.

A análise da volumetria foi realizada com o volume total dos indivíduos (m^3/ha) por centro de classe de diâmetro, calculada a partir da fórmula do volume cilíndrico multiplicada por fator de forma 0,7:

$$V = G * Hc * F$$

Onde: V = volume (m^3/ha); G = Área transversal da árvore (m^2/ha); F=Fator de forma; Hc = Altura comercial (m).

Na análise de distribuição hipsométrica foi elaborado um histograma, dividindo em três estratos definidos a partir da média e desvio padrão das alturas. Os estratos foram denominados por: superior, médio e inferior.

Para o estudo do padrão de distribuição espacial da espécie *Vouacapoua americana* Aubl. foi utilizado o índice de Morisita (I_m) (BROWER e ZAR, 1977). Nesse método a dispersão dos indivíduos a nível de espécie pode ser agregada, aleatória e uniforme. Para X^2 tabelado > X^2 calculado o I_m é não significativo = distribuição aleatória, para o X^2 cal. > X^2 tabelado, e $I_m > 1$ a distribuição é agregada; para $I_m < 1$ a distribuição é uniforme e para $I_m = 0$ a distribuição também é uniforme.

Optou-se pela utilização do índice de Morisita para análise de distribuição espacial já que, Barros (1986) afirma que este é pouco influenciado pelo tamanho da unidade amostral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área amostral foram inventariados 197 indivíduos de acapu, distribuídos em todas as classes diamétricas propostas. Foi observado que a distribuição apresentou maior número de indivíduos nas classes 2 (centro de classe 23,5), 3 (centro de classe 32,5) e 4 (centro de classe 41,5).

Observou-se também que a distribuição da espécie *Vouacapoua americana* Aubl. tendeu ao “J” invertido, característico de floresta nativa, porém com certa discrepância entre a primeira e a segunda classe (Figura 2).

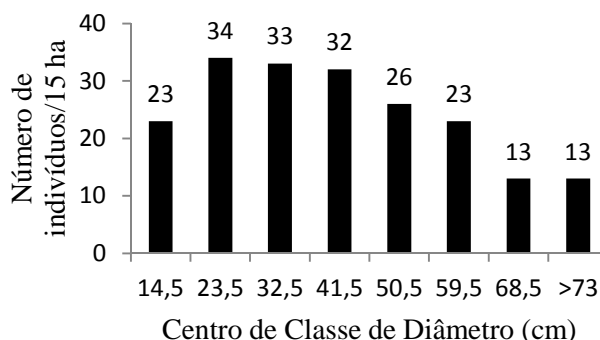


FIGURA 2: Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Vouacapoua americana* Aubl. amostrados em florestas de terra firme na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA-AP), Brasil.

FIGURE2: Diameter distribution of individuals of *Vouacapoua americana* Aubl. sampled in upland forests in Amapá State Forest, Brazil.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2004), o qual afirma que neste tipo de distribuição a espécie pode futuramente apresentar problemas em sua conservação, pois ela pode não está se regenerando corretamente. O autor afirma ainda que a permanência de determinada espécie em uma comunidade natural, depende dentre outros fatores, da existência de uma distribuição regular do número de indivíduos por classe de diâmetro, de tal modo que possa garantir sua estabilidade futura.

A distribuição diamétrica assume particular importância no levantamento da estrutura horizontal de uma floresta por permitir juntamente com outros estudos, caracterizar uma tipologia e também, por ser um eficiente indicador do estoque em crescimento das florestas, além de fornecer subsídios para tomada de decisões e do planejamento do manejo a ser aplicado em determinada área (MACHADO et al., 2006)

Os resultados corroboram com Lamprecht (1962), onde o mesmo relata que uma distribuição regular (maior número de indivíduos nas classes inferiores) é a maior garantia para a existência e sobrevivência das espécies e, ao contrário, quando ocorre uma estrutura diamétrica irregular, as espécies tenderão a desaparecer com o tempo.

Do total de indivíduos, 150 (76,14%) possuem fuste apropriado para o corte (retilíneo); 42 indivíduos (21,31%) apresentaram fuste pouco tortuoso e apenas 5 indivíduos (2,53%) não apresentaram boa qualidade, possuindo troncos tortuosos.

Das classes que apresentaram maior número de indivíduos, a segunda classe possui 36 indivíduos, sendo 27 com fuste reto, 7 indivíduos com fuste pouco tortuoso e apenas 2 indivíduos com tortuosidade acentuada. A terceira classe possui 33 indivíduos, sendo 24 com fuste reto, 9 com fuste pouco tortuoso e nenhum indivíduo com fuste tortuoso. A quarta classe possui 32 indivíduos, sendo 25 com fuste reto, 5 com fuste pouco tortuoso e 2 com fuste tortuoso.

Mattos (2002), afirma que a tortuosidade de um tronco depende de vários fatores. Dentre eles, podem-se citar as características genéticas da planta, a exposição à luminosidade, a competição por espaço, a incidência de ventos, entre outros, que moldam a forma da copa e também do tronco de uma árvore. A luminosidade exerce grande influência quanto a tortuosidade, pois as árvores tendem a procurá-la quando estão localizadas no interior da floresta e submetida à concorrência. Desse modo o tronco apresenta-se torto em mais de um plano, ou seja, curvado de qualquer posição em que se observe a árvore, sempre voltado para a direção onde consiga expor sua copa à luz.

Vale salientar que a tortuosidade é uma característica indesejável na comercialização dos povoamentos florestais. Dificultando o melhor aproveitamento das toras, prejudicando assim o manejo de determinada espécie.

Na análise da volumetria a espécie *Vouacapoua americana* Aubl. apresentou 22,92 m³/ha, sendo que a volumetria por classe, na qual foram demonstradas as classes mínimas para o corte foram as seguintes: quinta classe mostrou 3,42 m³/ha, a sexta classe 4,42 m³/ha, a sétima classe 3,76 m³/ha e por fim a oitava classe que apresentou o maior volume/ha com 5,96 m³/ha.

Podemos observar que apresentou um crescimento gradativo de volume até o sexto centro de classe. Porém no sétimo centro de classe houve um decréscimo, e um aumento no último centro de classe (Figura 3).

O acapu apresentou um volume de 22,91 m³/ha é considerado alto. No entanto Oliveira (2011), trabalhando também com o acapu na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA-AP) encontrou apenas 1,64 m³/ha, isto pode ter acontecido por seu estudo ter sido feito em toda área da Flota.

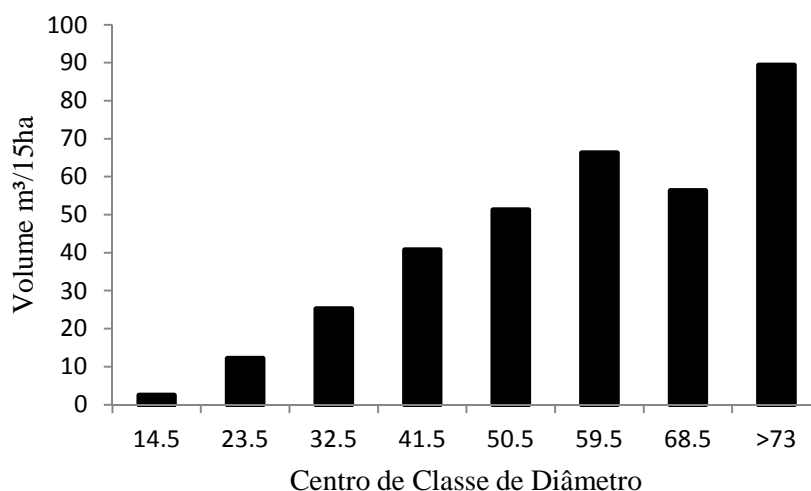


FIGURA 3: Distribuição volumétrica por centro de classes de diâmetro dos indivíduos de *Vouacapoua americana* Aubl. amostrados em floresta de terra firme na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA-AP), Brasil.

FIGURE 3: Volumetric distribution by center diameter class of individuals of *Vouacapoua americana* Aubl. sampled in upland forests in Amapá State Forest, Brazil.

Foram observados 134 dominantes, 49 co-dominantes e apenas 14 indivíduos dominados. No entanto, quando comparado a estrutura vertical o número de indivíduos dominantes, considerados estrato superior modificou para 34 indivíduos. Com relação os indivíduos co-dominantes ou estrato médio houve um aumento no número de indivíduos para 136. Nos indivíduos dominados ou estrato inferior, houve um decréscimo para 27 indivíduos (Figura 4).

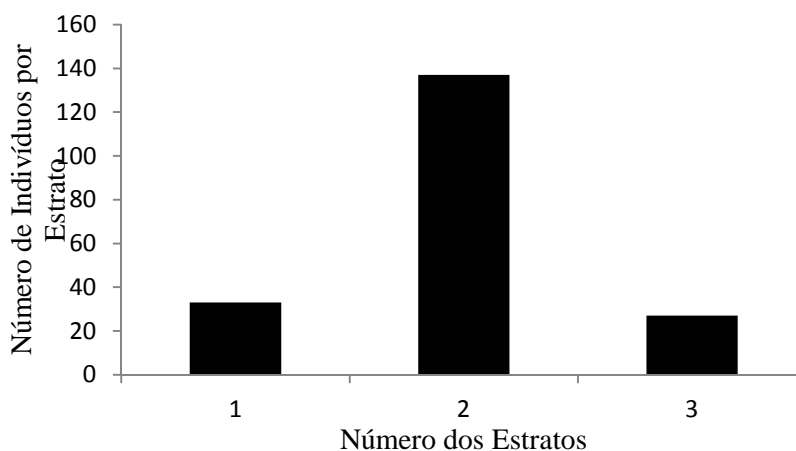


FIGURA 4: Distribuição de altura dos indivíduos de *Vouacapoua americana* Aubl. amostrados em florestas de terra firme na Floresta Estadual do Amapá, Brasil.

FIGURE 4: Height distribution of individuals of *Vouacapoua americana* Aubl. sampled in upland forests in Amapá State Forest, Brazil.

A espécie *Vouacapoua americana* Aubl. apresentou um padrão de distribuição espacial aleatório. No entanto Aragão e Almeida (1997) em seus estudos relatam que a distribuição espacial do acapu se dá de forma agregada.

Para Bernasol e Ribeiro (2010) o padrão aleatório, em que a localização de um indivíduo não interfere na localização de outro da mesma espécie, se opõem ao padrão de distribuição agrupado (ou agregado), em que a presença de um recurso (tipo de solo) tem alta probabilidade de influenciar a localização dos indivíduos de uma mesma espécie, apresentando assim baixos índices de dispersão.

Segundo Ricklefs e Miller (2000), quando não há pressões antagônicas ou restrições de distribuição de progênes, então a distribuição espacial tende a ser aleatória. Essa afirmação corrobora os resultados encontrados nesse trabalho, onde a distribuição espacial da espécie foi considerada aleatória.

CONCLUSÕES

A partir da distribuição diamétrica e espacial pode-se inferir que a espécie possui comportamento balanceado e estabilidade ecológica na área.

A volumetria da *Vouacapoua americana* Aubl. é considerada alta na área de estudo, com elevado número de indivíduos por hectare com qualidade de fuste comercialmente aceita, sendo apta ao manejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, I. L. G.; ALMEIDA, S. S. Estrutura ecológica comparada de populações de acapu (*Vouacapoua americana* Aubl., Caesalpiniaceae) em duas florestas de terra firme na Amazônia Oriental. In: Lisboa, P. L. B. org. **Caxiuanã**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, v. I, p.273-290, 1997.

BARROS, P.L.C. **Estudo Fitossociológico de uma floresta tropical úmida no Planalto de Curuá-una, Amazônia brasileira**. 1986. 147 p. Tese (Doutorado em engenharia florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BERNASOL, W. P. e RIBEIRO, M. S. L. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea** 37(2): 181-198, 6 tab., 6 fig., 2010.

BROWER, J.E.; ZAR, J.H. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. W.C. Brown Company Publishers, Iowa.

CAPRETZ, R. L. Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função k de Ripley. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Quieroz”, São Paulo.

DE PAULA, A. et al. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta bot. bras.** 18(3): 407-423. 2004

LAMPRECHT, H. Ensayo sobre unos metodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. **Acta Científica Venezolana**, v. 13(2), p. 57-65, 1962.

MACHADO, S.A. et al. Dinâmica da distribuição diamétrica de bracingais na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.759-768, 2006.

MATTOS, R. B. **Características qualitativas e possibilidade de ganho de fuste em espécies euxilóforas nativas da Região Central do Rio Grande do Sul**. 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

NASCIMENTO, A. R. T. et al. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta bot. bras.** 18(3): 659-669. 2004.

OLIVEIRA, A.F. Padrão espacial e volumetria da espécie madeireira *Vouacapoua americana* Aubl. (Acapu), em uma unidade de conservação no estado do Amapá. 2011. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade do Estado do Amapá, Macapá.

PULZ, F. A. et al. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta ineqüiana com a matriz de transição. **Cerne**, V.5, N.1, P.001-014, 1999.

RICKLEFS, R.E.; MILLER, G.L. **Ecology**. 4th. Edition. W.H. Freeman and company. New York. 2000.

SANTOS, C. A. N. **Dinâmica populacional de *Vouacapoua americana* aubl. (acapu) em áreas de floresta tropical úmida de terra firme, influenciada por clareiras no município de Moju, (PA), Brasil**. 2010. 90 f . Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia – Belém.

SILVA, J.A. et al. **Padrão de distribuição espacial e diamétrica de indivíduos de *Aspidorperma spp* na Reserva Genética Florestal Tamanduá, DF**, 2004.

SIMINSKI, A. et al. Sucessão florestal secundária no município de São Pedro de Alcântara, litoral de Santa Catarina: estrutura e diversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 21-33. 2004.

SOUZA, R.S. et al. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.75-87, 2005.

SUDAM 1984. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém, PA. Publicação, N°39, 125 p.

TUTOSHI, R.H. et al. **Um novo método para agrupar dados em classes com amplitudes variáveis**.2009.

ESTRUTURA DE FLORESTA MANEJADA POR COMUNITÁRIOS NA FLONA TAPAJÓS

STRUCTURE OF A MANAGED FOREST BY VILLAGERS AT TAPAJOS NATIONAL FOREST

Lucas Cunha Ximenes¹; Diego dos Santos Vieira¹; João Ricardo Vasconcellos Gama²;
Renato Bezerra da Silva Ribeiro³; Viviane Vasconcelos Corrêa¹; Adriana Ferreira Alves¹

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a estrutura de um trecho de floresta primária antes e após a colheita florestal. Empregou-se amostragem em conglomerados alocados aleatoriamente em 37 unidades amostrais com 4 subunidades (parcelas) de 5 m x 50 m, dispostas nos sentidos norte, sul, leste e oeste. Em cada parcela mensurou-se todos os indivíduos com $DAP \geq 10$ cm (nível II de inclusão), e em subparcelas de 5 m x 25 m, os indivíduos com $5 \text{ cm} \leq DAP < 10$ cm (nível I de inclusão). Na área foram identificadas 181 espécies, antes e após a colheita, distribuídas em 43 famílias botânicas. Foram registrados, com $DAP \geq 5$ cm, 2.431 indivíduos (pré-colheita) e 2.415 indivíduos (pós-colheita). A variação de composição florística e estrutural antes e após a colheita não foram estatisticamente significativas, o que denotou um baixo impacto ocorrido após aplicação das técnicas de manejo. As espécies de maior importância ecológica nas duas ocasiões foram: *Pouteria cladanta* Sandwith (Sapotaceae), *Eschweilera* sp. (Lecythidaceae), *Rinorea guianensis* Aubl. (Violaceae), *Protium cf. heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae), *Duguetia* sp1 (Annonaceae), *Inga heterophylla* Willd. (Fabaceae), *Nectandra* sp. (Lauraceae), *Anomalocalyx uleanus* (Pax & Hoffm.) Ducke (Euphorbiaceae), *Eschweilera parviflora* (Aubl.) Miers (Lecythidaceae) e *Inga ingoides* (Rich) Willd. (Fabaceae) permitindo concluir que a colheita florestal foi de baixo impacto.

Palavras-chave: Manejo florestal; fitossociologia; amazônia

ABSTRACT

The goal of this work was to evaluate the structure of a primary forest before and after the forest harvesting. The employed sampling was in conglomerates and allocated randomly in 37 sampling units with 4 subunits (plots) of 5 m x 50 m each, arranged in the directions North, South, East and West. In each plot all individuals with $DBH \geq 35$ cm (level II of inclusion), and subplots of 5 m x 25 m and the individuals with $5 \text{ cm} \leq DBH < 10$ cm (level I of inclusion) were measured. 181 species were identified before and after harvest, and distributed in 43 botanical families. The individuals with $DBH \geq 5$ cm (2431 individuals (pre-harvest) and 2415 individuals (post-harvest)) were recorded. The variation of floristic and structural composition before and after harvest was not statistically significant, which denoted the low impact occurred after the application of management techniques. The species of greatest ecological importance on both occasions were *Pouteria cladanta* Sandwith (Sapotaceae), *Eschweilera* sp. (Lecythidaceae), *Rinorea guianensis* Aubl. (Violaceae), *Protium cf. heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae), *Duguetia* sp1 (Annonaceae), *Inga heterophylla* Willd. (Fabaceae), *Nectandra* sp. (Lauraceae), *Anomalocalyx uleanus* (Pax & Hoffm.) Ducke (Euphorbiaceae), *Eschweilera parviflora* (Aubl.) Miers (Lecythidaceae) e *Inga ingoides* (Rich) Willd. (Fabaceae) allowing to conclude that the forest harvesting was of reduced impact.

Keywords: Forest management; phytosociology; amazon

INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica é a maior reserva natural da diversidade vegetal do planeta, ocupando aproximadamente 6.000.000 km², despertando assim, o interesse nacional e internacional por seu território, potencial econômico e, sobretudo à questão de desmatamento da região ocasionados pelas queimadas e pelas atividades ilegais de extração de madeira (LAURANCE et al., 2001).

Todavia, a sustentabilidade na produção de madeira e de outros produtos florestais são desafios que já estão sendo vencidos pelas práticas de manejo florestal, que visa o uso dos recursos naturais de forma contínua e de qualidade (SOUZA et al., 2009). Contudo, se faz necessário um monitoramento para

¹ Graduando em Engenharia Florestal, Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará, CEP 68035-110, Santarém-PA, coldlucas@hotmail.com, diegovieir4@gmail.com, viviane-vcorrea@hotmail.com, f.sralves18@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará – CEP 68.035-110, Santarém-PA, jrvgama@gmail.com

³ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36.570-000, Viçosa-MG, Bolsista do CNPq, forestengineer_ren@hotmail.com

acompanhar o impacto da colheita de madeira na composição florística e estrutura da floresta. Para Francez (2009), o manejo florestal deve ser avaliado criteriosamente, pois o mesmo tem influência direta nos danos causados às árvores, à regeneração natural e ao solo.

Na aplicação de qualquer sistema silvicultural é imperativo que se faça a análise da estrutura da floresta, de forma qualitativa e quantitativa, permitindo a intervenção no povoamento numa intensidade que não provoque alterações severas durante a colheita florestal, permitindo que o mesmo atinja seu máximo potencial produtivo (JARDIM e HOSOKAWA, 1987).

A colheita planejada e executada com rigorosos critérios técnicos não só causa baixo impacto ambiental nos meios físico, biótico e antrópico, como também proporciona significativa redução nos custos totais da colheita de madeira, contribuindo para a sustentabilidade ambiental, econômica e social do plano de manejo florestal (PINTO et al., 2002). Entretanto, a colheita de madeira baseada nas prescrições de um plano de manejo florestal sustentável (PMFS), por si só, não garante a sustentabilidade da floresta, e desta forma se torna factível conhecer por meio de inventários fitossociológicos, a composição florística e a estrutura da floresta para o estabelecimento de sistemas de manejo com produção sustentável, bem como para a condução da floresta a uma estrutura balanceada, além de técnicas silviculturais adequadas baseadas na ecologia de cada tipo de formação vegetal (OLIVEIRA et al., 2005; SOUZA et al., 2006).

A caracterização fitossociológica das florestas pode ser feita mediante cálculos de densidade, frequência e dominância, as quais foram propostas com Cain et al. (1956) que constituem a estrutura de uma floresta (FINOL, 1971; FOERSTER, 1973). A análise estrutural baseia-se nas dimensões das plantas e permite fazer predições sobre a dinâmica, evolução e as tendências de distribuição espacial de diversas espécies na comunidade. O conhecimento da estrutura e a sua relação com a diversidade e produtividade é essencial para o planejamento de sistemas silviculturais ecológico e socioeconomicamente viáveis (CARVALHO, 1982).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a estrutura de um trecho de floresta primária antes e após a colheita florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo foi realizado na Floresta Nacional do Tapajós (2° 45' e 4° 10' S; 54° 45' e 55° 30' W) nas Unidades de Trabalho (UT) sete e dez da quinta Unidade de Produção Anual (UPA 5) na área de manejo florestal (AMF) pertencente ao Projeto Ambé localizada no km 83, BR 163, município de Belterra, oeste do Pará. A colheita florestal foi realizada no ano de 2010, retirando-se, em média, $xx \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sendo *Hymenolobium heterocarpum* Ducke (0,7%), *Trattinnickia glaziovii* Swart (2,96%), *Cedrela odorata* Ruiz & Pav. (1,36%), *Piptadenia suaveolens* (Mcq) (2,58%), *Newtonia suaveolens* (Miq.) Brenan (5,83%), *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. (0,96%), *Pouteria bilocularis* (H. Winkler) Baehni (3,17%), *Swartzia laurifolia* Benth. (0,93%), *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. (14,34%), *Mezilaurus itauba* Taubert ex Mez. (1,55%), *Lecythis jarana* (Huber & Ducke) A. C. Smith (11,86%), *Hymenaea courbaril* L. (3,35%), *Hymenaea parviflora* Huber (1,45%), *Nectandra* sp. (1,80%), *Aniba burchellii* Kosterm. (1,15%), *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier (16,54%), *Astronium gracilis* Engl. (6,05%), *Lecythis usitata* Miers. (0,67%), *Bagassa guianensis* Aubl. (4,22%), *Eschweilera parviflora* (Aubl.) Miers (18,5%). O intervalo entre os inventários pré e pós-colheita foi de nove meses.

O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo Am, com temperatura média anual de 25,5 °C. A concentração de chuvas ocorre entre janeiro e maio, resultando em uma precipitação média anual de 1.820 mm (IBAMA, 2004). O relevo é pouco acidentado, e apresenta topografia suavemente ondulada a ondulada, predominando o solo do tipo Latossolo Amarelo Distrófico (IBAMA, 2004). A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa, caracterizando-se pela dominância de indivíduos arbóreos de grande porte e pela abundância de lianas lenhosas, palmeiras e epífitas (VELOSO, 1991).

Amostragem e coleta de dados

Empregou-se amostragem em conglomerados alocados aleatoriamente em 37 unidades amostrais com 4 subunidades (parcelas) de 5 m x 50 m, dispostas nos sentidos norte, sul, leste e oeste; representando uma área amostral de 3,7 ha.

Em cada subunidade de conglomerado, antes e após a colheita, foram mensurados todos os indivíduos com diâmetro igual ou superior a 5 cm a 1,30 m do solo (DAP) e estimados a altura total em metros, considerando-se os seguintes níveis de inclusão e tamanho de parcelas: *Nível II de inclusão*: DAP \geq 10 cm (estrato adulto) em parcelas de 5 m x 50 m e *Nível I de inclusão*: 5 cm \leq DAP < 10 cm (regeneração natural) em subparcelas de 5 m x 25 m.

Análise de dados

A composição florística foi analisada com base na distribuição dos indivíduos em espécies e

famílias. De posse da listagem de espécies, foram estimados os índices de similaridade de Sørensen, de diversidade de Shannon-Weaver, de equabilidade de Pielou, de Payandeh e o Quociente de Mistura de Jentsch, conforme Brower e Zar (1984).

Para a análise de estrutura horizontal, foram considerados os seguintes parâmetros: densidade, frequência, dominância e o valor de importância (VI), conforme Mueller-Dombois e Ellemberg (1974).

O volume total com casca (VTc) das árvores foi estimado utilizando fator de forma sugerido por Heinsdijk e Bastos (1963), a saber:

$$VTc_i = \frac{\pi}{40.000} DAP^2 \times Ht \times 0,7$$

em que: Ht = altura total, em m; DAP = diâmetro a 1,3 m de altura; 0,7 = fator de forma; $\pi = 3,14159$.

Para a comparação de variáveis florísticas e estruturais da floresta, pré e pós-colheita, utilizou-se dois tratamentos, sendo: T₁ – floresta pré-colheita e T₂ – floresta pós-colheita. As variáveis foram analisadas pelo teste *t*, de Student, para amostras independentes conforme Banzatto e Kronka (1989), para testar a existência de igualdade entre as médias dos parâmetros estudados, a 5% de probabilidade.

Foi aplicado teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variância; quando necessário aplicou-se transformação logarítmica e quártica. Os dados que não atingiram normalidade (Coeficiente de Mistura de Jentsch) foram analisados através da estatística não paramétrica (Teste de Mann-Whitney), sendo que a tabulação e o processamento de dados foram realizados por meio dos softwares *Microsoft Excel 2010* e *Biostat 5.0*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da colheita foram registrados 2.431 indivíduos com DAP ≥ 5 cm, distribuídos em 181 espécies e nove meses após a colheita foram registrados 2.415 indivíduos distribuídos em 181 espécies. Valores semelhantes foram encontrados por Espírito-Santo et al. (2005) também na Floresta Nacional do Tapajós (190 espécies) e por Barros et al. (2000) na Estação Experimental de Curuá Una (188 espécies).

As famílias de maior riqueza de espécies em ordem decrescente, na floresta pré-colheita, foram Fabaceae (385), Lecythidaceae (306), Sapotaceae (249), Burseraceae (197), Annonaceae (144) e Violaceae (133) que juntas contribuíram com 58,2% da riqueza local. De forma semelhante, na floresta pós-colheita, as famílias mais importantes foram Fabaceae (379), Lecythidaceae (292), Sapotaceae (252), Burseraceae (195), Annonaceae (156) e Violaceae (128) que juntas representam um total de 58,1% da riqueza local, ficando as outras 37 famílias com 41,9% do total.

O Índice de diversidade de Shannon-Weaver para as duas ocasiões foram de 4,31 (pré-colheita) e 4,30 (pós-colheita), superiores aos obtidos por Alves e Miranda (2008) em áreas de floresta de terra firme manejadas em Almeirim, Oeste do Pará (H' = 4,25) e por Salomão et al. (2007) em florestas manejadas em Altamira e Vitória do Xingu, com valores de H' = 4,04 e H' = 3,86, respectivamente. De acordo com Knight (1975), o índice de diversidade de Shannon-Weaver para florestas de terra firme na Amazônia varia, normalmente, de 3,83 a 5,85.

O Índice de equabilidade de Pielou (J) indicou que 83% da diversidade máxima possível foram alcançadas para ambas as ocasiões. O número médio de planta para cada espécie equivaleu a 1:5 para floresta pré-colheita, ou seja, cada espécie foi representada, em média, por cinco indivíduos. Na floresta pós-colheita observou-se 1:4 com quatro indivíduos por espécie (Tabela 1). Estes resultados indicaram alta heterogeneidade florística, de acordo com a afirmação de Finol (1975) ao explicar que em florestais naturais tropicais as espécies são representadas por aproximadamente nove indivíduos. Almeida (2010) ao avaliar uma floresta de terra firme no Projeto de Assentamento Moju I e II, oeste do Pará, obteve o valor 1:7, enquanto Francez et al. (2007) em uma floresta manejada em Paragominas, encontraram 1:9.

A similaridade foi de 0,99 entre pré-colheita e pós-colheita. De acordo com Kent e Coker (1992), valores maiores ou iguais a 0,5 indicam alta similaridade. Desta forma, segundo esse conceito, a similaridade analisada foi considerada alta.

Quanto à distribuição espacial das espécies, na floresta pré-colheita, 26,5% tiveram distribuição com tendência a agrupamento; 9,4% apresentaram-se de forma agrupada e 43,1% de forma aleatória e as espécies com um único indivíduo amostrado não incluídas na análise, perfizeram 21%. Na floresta pós-colheita, 27,6% tiveram distribuição com tendência a agrupamento; 9,4% apresentaram-se de forma agrupada e 42,5% de forma aleatória e as espécies com apenas um indivíduo totalizaram 20,4%.

TABELA 1: Índices estruturais e de diversidade para floresta pré-colheita e floresta pós-colheita, na Floresta Nacional do Tapajós, Município de Belterra, Estado do Pará.

TABLE 1: Forest structural and diversity indices for pre-harvest and post-harvest forest in the Tapajós National Forest, Municipality of Belterra, Pará State

Parâmetros	Pré-colheita	Pós-colheita
Densidade absoluta (n.ha ⁻¹) ^{ns}	852,7	806,7
Área basal (m ² .ha ⁻¹) ^{ns}	26,09	23,84
Riqueza de espécies (S) ^{ns}	181	181
Diversidade Máxima (H _{máx}) ^{ns}	5,20	5,20
Índice de Shannon-Weaver (H') ^{ns}	4,31	4,30
Equabilidade de Pielou (J) ^{ns}	0,83	0,83
Coefficiente de Mistura de Jentsch (QM) ^{ns}	1:5	1:4
Índice de Sorensen	0,99	

Onde: ^{ns} – Diferenças não significativas (p<0,05) entre pré-colheita e pós-colheita a 5% de probabilidade.

A prevalência do padrão aleatório em florestas pode estar ligado a influência mínima dos fatores abióticos, como características edáficas, disponibilidade de espaço, luz e água; e uma influência maior dos fatores bióticos, tais como competição intra e interespecífica, comportamento reprodutivo das espécies, dispersão dos frutos ou herbivoria (SOUZA et al., 2009). As espécies que não entraram na análise por apresentarem somente um indivíduo na amostragem necessitam de maior área de amostragem para a definição de seu padrão de distribuição (NASCIMENTO et al., 2001).

Estrutural Horizontal

Frequência das espécies

A espécie melhor distribuída, antes e após a colheita, foi *Eschweilera* sp. que esteve presente em 100% dos conglomerados seguida por *Pouteria cladantha* que ocorreu em 94,6%, *Rinorea guianensis* em 91,9% e *Protium cf. heptaphyllum* com 89,2% (Tabela 2).

TABELA 2: Estimativa dos parâmetros fitossociológicos das 20 espécies com maior VI.

TABLE 2: Estimation of phytosociological parameters of 20 species with highest VI.

Espécies	P		DA		FA		DoA		VoA		VI	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
<i>Pouteria cladantha</i> Sandwith	TAG	TAG	65,9	64,9	94,6	94,59	2,04	2,02	22,0	21,8	6,00	6,33
<i>Eschweilera</i> sp.	AG	AG	49,7	49,2	100,0	100,0	1,91	1,83	22,1	21,0	5,24	5,45
<i>Rinorea guianensis</i> Aubl.	TAG	TAG	45,1	38,6	91,9	91,89	0,88	0,87	7,6	7,6	3,67	3,61
<i>Protium cf. heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	AL	AL	24,9	25,1	89,2	91,89	0,76	0,69	8,0	6,8	2,70	2,8
<i>Duguetia</i> sp1	TAG	AG	31,4	32,7	86,5	86,49	0,30	0,31	2,5	2,4	2,35	2,53
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	AG	AG	32,2	32,4	83,8	83,78	0,29	0,31	2,2	2,3	2,34	2,5
<i>Nectandra</i> sp.	TAG	TAG	18,1	16,2	75,7	64,86	0,73	0,56	8,6	6,5	2,29	2,01
<i>Anomalocalyx uleanus</i> (Pax & Hoffm.) Ducke	TAG	TAG	28,9	25,1	78,4	78,38	0,25	0,35	1,5	2,8	2,12	2,2
<i>Eschweilera parviflora</i> (Aubl.) Miers	AL	AL	10,5	10	64,9	64,86	0,68	0,46	10,4	7,4	1,83	1,62
<i>Inga ingoides</i> (Rich) Willd.	AL	AL	20,0	18,6	81,1	83,78	0,26	0,25	2,2	2,0	1,81	1,84
<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	TAG	TAG	20,8	18,9	70,3	67,57	0,22	0,21	1,6	1,5	1,69	1,65
<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg	TAG	TAG	17,3	18,4	73,0	67,57	0,28	0,29	2,3	2,3	1,66	1,75
<i>Eschweilera amazonica</i> Knuth	AG	AG	17,6	13,8	51,4	48,65	0,38	0,33	3,7	3,3	1,61	1,46
<i>Xylopia benthami</i> R. E. Fries	TAG	AG	11,6	-	54,1	-	0,52	-	2,6	-	1,58	-
<i>Naucleopsis</i> sp.	AL	TAG	17,0	15,9	73,0	67,57	0,19	0,2	1,5	1,6	1,53	1,52
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	AL	AL	10,8	9,46	1,7	67,57	0,38	0,36	4,4	4,3	1,48	1,48
<i>Sclerolobium</i> sp2	TAG	TAG	10,3	10,5	1,5	54,05	0,44	0,45	5,2	5,3	1,44	1,53
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	AL	AL	11,1	11,6	1,5	62,16	0,37	0,3	3,2	2,8	1,42	1,43
<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl.	AG	AG	13,2	11,6	1,3	51,35	0,28	0,27	2,4	2,3	1,32	1,3
<i>Myrcia bracteata</i> (Rich.) DC.	TAG	AL	15,9	-	1,5	-	0,11	-	0,8	-	1,25	-
<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	-	TAG	-	8,11	-	48,65	-	0,37	-	4,1	-	1,27
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	-	AL	-	3,24	-	27,03	-	0,64	-	11,0	-	1,26
Subtotal	-	-	472,4	434,6	1175,0	1402,7	11,3	11,1	115	119,2	45,3	45,5
Total	-	-	852,7	806,7	3902,7	3856,8	26,1	23,8	298,7	265,4	100	100

Em que: I=floresta pré-colheita, II= floresta pós-colheita, DA = densidade absoluta, em n.ha⁻¹; FA= frequência absoluta, em porcentagem; DoA = dominância absoluta, em m².ha⁻¹; VoA = volume absoluto (volume total com casca), m³.ha⁻¹; VI = valor de importância, em porcentagem; AG = agregado; TAG = tendência a agregação; AL = aleatório.

Vieira e Gama (2011) ao analisarem a fitossociologia de uma floresta com DAP ≥ 10 cm situada no Projeto de Assentamento (PA) Moju I e II, oeste do Pará, verificou-se que *Rinorea guianensis* e *Protium cf. heptaphyllum* estiveram entre as espécies com maior frequência.

Densidade das espécies

As densidades dos indivíduos com DAP ≥ 5 cm na floresta pré e pós colheita foram de 852,7 ind.ha⁻¹ e 806,8 ind.ha⁻¹, respectivamente. Valores estes que não diferiram estatisticamente pelo teste t em nível de 5% de probabilidade.

Com a colheita houve redução de 5,4% no número de indivíduos, ficando acima do valor analisado por Francez et al (2009) em Paragominas, onde após a colheita observaram uma redução de 3,2% na densidade total dos indivíduos. Carvalho (1992) ao avaliar o trecho de floresta manejada pelo projeto ITTO na FLONA Tapajós, km 83, observou que os indivíduos com DAP ≥ 45 cm tiveram um decréscimo de 16% em relação à densidade inicial. No presente estudo detectou-se a redução de 2,48% no número árvores considerando DAP ≥ 45 cm. Estas diferenças podem estar relacionadas às técnicas empregadas no manejo e a intensidade de corte.

As espécies com maior densidade absoluta, antes e pós colheita, foram: *Pouteria cladantha*, *Eschweilera* sp., *Rinorea guianensis*, *Duguetia* sp1, *Inga heterophylla*, *Anomalocalyx uleanus*, *Protium cf. heptaphyllum*, *Tetragastris altissima* e *Inga ingoides*, que juntas representaram 37,9% da densidade total.

Distribuição diamétrica

A distribuição do número de árvores por classe diamétrica, com amplitude de 10 cm, seguiu o padrão característico das florestas inequiâneas, isto é, distribuição exponencial negativa, na forma de “J” invertido, que segundo Amaral et al. (2000), Lima Filho et al. (2001) e Oliveira e Amaral (2004) é o comportamento típico de florestas de terra firme da Amazônia Oriental (Figura 2).

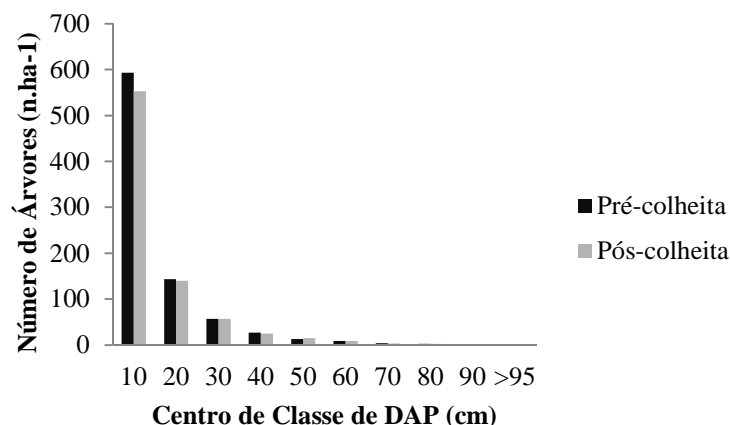


FIGURA 2: Distribuição do número de árvores por hectare e por classe diamétrica antes e após a colheita, Floresta Nacional do Tapajós, Município de Belterra, Estado do Pará.

FIGURE 2: Distribution of individuals.ha⁻¹ and by diameter class before and after the harvest in the Tapajós National Forest, Municipality of Belterra, Pará State.

Dominância das espécies

A área basal, antes e depois da colheita, foi de 26,1 m².ha⁻¹ e 23,8 m².ha⁻¹, respectivamente. Sendo que houve redução de 8,81% (2,3 m².ha⁻¹) em que está foi causada pela colheita de árvores de grande porte e pela mortalidade de outras árvores ocasionada pela derruba e arraste. Contudo, os dados não foram estatisticamente significativos pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

As 10 espécies de maior dominância absoluta, antes da colheita, foram: *Pouteria cladanta*, *Eschweilera* sp., *Rinorea guianensis*, *Protium cf. heptaphyllum*, *Nectandra* sp., *Eschweilera parviflora*, *Carapa guianensis*, *Geissospermum sericeum*, *Manilkara huberi* e *Xylopia benthami*, que juntas, representaram 35,7% da dominância total.

Após a colheita as espécies que apresentaram maior dominância absoluta, foram *Pouteria cladanta*, *Eschweilera* sp, *Rinorea guianensis*, *Protium cf. heptaphyllum*, *Carapa guianensis*, *Geissospermum sericeum*, *Nectandra* sp, *Manilkara huberi*, *Eschweilera parviflora* e *Sclerolobium* sp2., que juntas, contribuíram com 36,4% da dominância total.

Volume das espécies

O volume total de fuste verificado antes da colheita foi de 298,6 m³.ha⁻¹, onde sete espécies representaram 31,9% de todo o volume, sendo elas *Eschweilera* sp., *Pouteria cladanta*, *Manilkara huberi*, *Carapa guianensis*, *Eschweilera parviflora*, *Anomalocalyx uleanus* e *Aniba burchellii*. E após a colheita, o

estoque total de volume de fuste remanescente foi de 265,4 m³.ha⁻¹, onde as mesmas setes espécies citadas acima, perfizeram juntas 33,2% do volume total, sendo com a seguinte sequência: *Pouteria cladanta*, *Eschweilera* sp., *Manilkara huberi*, *Carapa guianensis*, *Alexa grandiflora*, *Rinorea guianensis* e *Eschweilera parviflora*. O volume de estoque antes e após a colheita foi de 138,5 m³.ha⁻¹ e 113,1 m³.ha⁻¹ respectivamente, com redução de 18,3%.

Os resultados, portanto, permitem concluir que, após nove meses decorridos da atividade exploratória, houve uma redução 11,1% do volume total em relação à floresta antes da colheita. Valor este que não diferiu estaticamente pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Valor de importância

As 10 espécies mais importantes na comunidade florestal estudada, antes da colheita, foram *Pouteria cladanta*, *Eschweilera* sp, *Rinorea guianensis*, *Protium cf. heptaphyllum*, *Duguetia* sp1, *Inga heterophylla*, *Nectandra* sp., *Anomalocalyx uleanus*, *Eschweilera parviflora* e *Inga ingoides*; que juntas representaram 30,36% do valor de importância. Almeida (2010) ao analisar a estrutura considerando indivíduos com DAP ≥ 10 cm de uma floresta de terra firme no oeste do Pará obteve *Rinorea guianensis* e *Protium decandrum* como as espécies de maior importância. Destas, apenas *Rinorea guianensis* foi considerada a segunda espécie de maior importância antes da colheita.

A análise do índice de valor de importância demonstrou que *Pouteria cladanta* foi considerada a principal espécie entre as 10 com valor de importância estudado; sendo assim, detectou-se que a mesma apresenta maior domínio no habitat que as demais espécies, considerada a mais importante antes e após a colheita. Francez et al (2009) ao avaliar uma floresta não-explorada na região de Paragominas, PA encontrou *Pouteria cladanta* entre as 10 espécies de maior importância considerando indivíduos com DAP ≥ 10 cm.

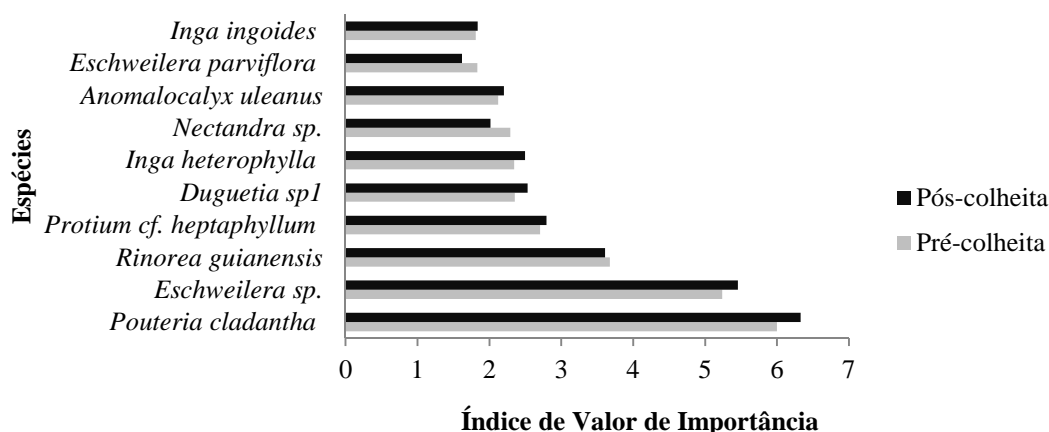


FIGURA 1: Mudanças ocorridas no valor de importância das dez espécies mais importantes (VI > 1,8), antes e depois da colheita, Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, PA.

FIGURE 1: Occurred changes in the value index of importance of the ten most important species (VI > 1.8), before and after harvest, Tapajós National Forest, Belterra, PA.

Na Tabela 2 é possível observar um reduzido número de espécies (20) mais importantes que representam grande parte do valor de importância, conforme Mori et al. (1989) em floresta tropical normalmente um número pequeno de espécies abrangem a maior parte do valor de importância. Após a colheita as mesmas espécies se mantiveram entre as 10 mais importantes na área, porém observou-se que *Pouteria cladanta*, *Eschweilera* sp, , *Protium cf. heptaphyllum*, *Duguetia* sp1, *Inga heterophylla*, *Anomalocalyx uleanus* e *Inga ingoides* apresentaram um acréscimo no valor de importância.

Danos

A colheita da floresta, mesmo que seja cuidadosamente planejada e executada, produzirá dano às árvores remanescentes, com a intensidade variando de acordo com o método de colheita utilizado (GAMA, 2005). Mediante análise dos tipos de danos observou-se que 88,7% dos indivíduos não apresentaram danos, 9,1% tiveram morte ocasionada pela colheita florestal, 0,9% exibiram danos no fuste e copa, 0,4% danos apenas na copa e 0,1% dos indivíduos estavam tombados (ação decorrente da colheita). Os danos foram presentes em 11,3% dos indivíduos na área. Segundo Hendrinson (1989), mesmo em uma colheita planejada para produção de madeira, pelo menos 20% das árvores do povoamento sofrem algum tipo de injúria.

CONCLUSÃO

A colheita florestal não danificou de forma significativa a estrutura da floresta remanescente, portanto a mesma foi considerada de baixo impacto.

AGRADECIMENTOS

Ao Projeto COPAN por ter fornecido apoio logístico e financeiro para a coleta dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L.S. **Produtos florestais não madeireiros em área manejada: análise de uma comunidade na região de influência da BR 163, Santarém, Estado do Pará. 2010.** 128f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- AMARAL, I.L.; MATOS, D.A.; LIMA, J. Composição florística e parâmetros estruturais de um hectare de floresta densa de terra firme no rio Utumã, Amazônia, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 30, n. 3, p.377-392, 2000.
- ALVES, J.C.Z.O.; MIRANDA, I.S. Análise da estrutura de comunidades arbóreas de uma floresta amazônica de terra firme aplicada ao manejo florestal. *Acta Amazonica*, Manaus v.38, n.4, p.657-666, 2008.
- BARROS, A.V.; BARROS, P.L.C.; SILVA, L.C.B. Análise fitossociológica de uma floresta situada em Curuá-Una – Pará. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 34 n.1, p. 9 – 36, 2000.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola.** Jaboticabal: Universidade Estadual de São Paulo. 1989. 247p.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H. **Field and laboratory methods for general ecology.** Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, p.226, 1984.
- CAIN, S.A.; CASTRO, G.M.O., PIRES, J.N.; SILVA, N.T. Application of some phytosociological techniques of Brazilian Rain Forest. *Amer. J. Bot.* v. 7, n. 2, p.91-106, 1956.
- CARVALHO, J.O.P. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no estado do Pará.** 1982. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CARVALHO, J.O.P. **Structure and dynamics of a logged over Brazilian Amazonian rain forest.** D. Phil. Thesis – University of Oxford, Oxford, 215pp. 1992.
- ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; SHIMABUKURO, Y.E.; ARAGÃO, L.E.O.C.; MACHADO, E.L.M. Análise da composição florística e fitossociológica da floresta nacional do tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. *Acta Amazonica*. v. 35, n. 2, p. 255-173, 2005.
- FINOL, H. Nuevos parâmetros a considerar-se en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*, Merida, v. 14, n. 21, p. 24-42, 1971.
- FINOL U.H. La silvicultura en la Orinoquia Venezolana. *Revista Forestal Venezolana*, v.18, n.25, p.37-114, 1975.
- FRANCEZ, L.M.B.; CARVALHO, J.O.P.; JARDIM, F.C. S. Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da colheita florestal em uma área de floresta de Terra firme na região de Paragominas, PA. *Acta Amazonica*, v.37, n.2, 2007.
- FRANCEZ, L.M.B.; CARVALHO, J.O.P.; JARDIM, F.C.S.; PINHEIRO, K.A.O. Efeito de duas intensidades de colheita de madeira na estrutura de uma floresta natural na região de Paragominas, Pará. *Acta Amazonica*, Manaus, v.39, n.4, p.857 -864, 2009.
- GAMA, J.R.V **Manejo florestal em faixas alternadas para floresta ombrófila aberta no município de Codó, Estado do Maranhão.** 2005. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- HENDRINSON, J. Damage: controlled logging in managed tropical rain forests in Suriname. Wageningen: Agricultural University, 1989. 204p.
- HEINSDIJK, D.; BASTOS, A.M. **Inventários florestais na Amazônia.** Boletim do Setor de Inventário Florestal, v.6, p.1-10, 1963.

- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Floresta Nacional do Tapajós - Plano de Manejo**. Belterra: IBAMA, 2004. 373p.
- JARDIM, F.C.S.; HOSOKAWA, R.T. Estrutura da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. **Acta Amazonica**, Manaus, v.16, p.41-508. 1987.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description analyses**. Behaven Press, London. 363pp. 1992.
- KNIGHT, D.H. A phytosociological analysis of species-rich tropical forest on Barro, Colorado Island, Panama. **Ecological Monographs**, v.45, p.259-28, 1975.
- LAURANCE, W.F.M.A.; COCHRANE, S.; BERGEN, P.M.; FEARN-SIDE, P.; DELAMÔNICA, C.; BARBER, S.; D'ANGELO, P.; FERNANDES, T. The future of the Brazilian Amazon: development trends and deforestation. **Science**, v.291, p.438 – 439, 2001.
- LIMA FILHO, D.A.; MATOS, F.D.A.; AMARAL, I.L.; REVILLA, J.; COÊLHO, L.S.; RAMOS, J.F.; SANTOS, J.L. Inventário florístico de floresta ombrófila densa de terra firme, na região do Rio Uruçu-Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v.31, n.1, p.565-579. 2001.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New york: John Wiley & Sons, 547 p. 1974.
- NASCIMENTO, A.R.T.; LONGHI, S.J.; BRENA, D.A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p. 105-119, 2001.
- OLIVEIRA, A.N.; AMARAL, I.L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 34, n.1, p. 21-24, 2004.
- OLIVEIRA, L.C.; COUTO, H.T.Z.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. Efeito da colheita de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.69, p.62-76, 2005.
- PINTO, A.C.M.; SOUZA, A.L.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C.; MINETTE, L.J.; VALE, A.B. Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentado na Amazônia Ocidental. **Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.459-466, 2002.
- SALOMÃO, R.P.; VIEIRA, I.C.G.; SUEMITSU, C.; ROSA, N.A.; ALMEIDA, S.S.; AMARAL, D.D.; MENEZES, M.P.M. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, v. 2, n. 3, p. 57-153, set-dez. 2007.
- SOUZA, D.R.; SOUZA, A.L.; LEITE, H.G.; YARED J.A.G.; Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **Árvore**, Viçosa, v.30, n.1, p.75-87, 2006.
- SOUZA, R.G.C.V.; RIBAS, L.A.; OLIVEIRA, M.V.N. Fitossociologia de uma floresta tropical, submetida ao manejo sustentável, na Amazônia Ocidental. In: III CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ECOLOGIA, 2009, **Anais...** São Lourenço: SEB, 2009. CD-ROM.
- VELOSO H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p.123, 1991.
- VIEIRA, D.S.; GAMA, J.R.V. Análise estrutural de floresta manejada e não manejada na Comunidade Santo Antônio, Estado do Pará. In: I SEMINÁRIO DE PESQUISA PÓS-GRADUAÇÃO E I SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2011, **Anais...** Santarém: Universidade Federal do Oeste do Pará, 2011, CD-ROM.

CARACTERIZAÇÃO DA *Carapaguianensis* Aubl. (ANDIROBA) EM FLORESTA DE TERRA FIRME, PORTO GRANDE-AP, BRASIL

CHARACTERIZATION OF *Carapaguianensis* Aubl. (ANDIROBA) IN UPLAND FOREST, PORTO GRANDE-AP, BRAZIL

Marciane Furtado Freitas¹; Perseu da Silva Aparício²; Wegliane Campelo da Silva Aparício³; Eleneide Doff Sotta⁴; Marcelino Carneiro Guedes⁴; Lana Patrícia dos Santos Oliveira⁵

RESUMO

A andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) pertence à família Meliaceae e possui ampla distribuição na bacia Amazônica brasileira, principalmente nas várzeas próximas ao leito de rios e faixas alagáveis ao longo dos cursos d'água, sendo encontrada também em Terra Firme. Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo verificar se a estrutura da *Carapa guianensis* é capaz de garantir o manejo da espécie na área de estudo. O trabalho foi desenvolvido numa Floresta de Terra Firme localizada na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), situada no município de Porto Grande/Amapá. A vegetação é, predominantemente, de Floresta Ombrófila Densa de Baixo Platô e clima do tipo Ami. Os dados dendrométricos foram adquiridos em unidades amostrais que compõem 3 conglomerados. Os conglomerados foram compostos de 5 parcelas permanentes cada (100x100 m) totalizando 15ha amostrados. Dentro de cada parcela foram mensurados todos os indivíduos de *Carapa guianensis* com DAP (Diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo ≥ 10 cm). Foram analisadas a distribuição diamétrica, espacial (índice de Morisita), qualidade do fuste e presença de cipós. A análise da distribuição diamétrica foi elaborada por meio de histograma com intervalo de 10cm. Foram quantificados 43 indivíduos da *Carapa guianensis* Aubl. A distribuição diamétrica dos indivíduos de *Carapa guianensis* apresentou distribuição irregular dos indivíduos, mas com predominância na classe inicial o padrão de distribuição espacial foi agregado. Assim, A *Carapa guianensis* Aubl. apresenta potencial para manejo florestal, com distribuição diamétrica capaz de ser submetida a cortes seletivos.

Palavras-chave: Manejo Florestal; Floresta Ombrófila Densa; Volumetria.

ABSTRACT

Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) belongs to the family Meliaceae and has wide distribution in the Brazilian Amazon basin, mainly in the lowlands, near the beds of rivers and flooded tracks along the streams, being found also in the upland. Given the above, this study has objective to verify that the structure of *Carapaguianensis* is able to ensure the management of the species in the study area. The study was conducted in an upland forest located in the State Forest Amapá (FLOTA /AP), located in the municipality of Porto Grande/Amapá. The vegetation is predominantly Tropical Rain Forest Low Plateau type climate and Ami. The dendrometric data were acquired in sample units comprising three clusters. The groups were composed of five permanent plot each (100x100 m) the all 15ha sampled. Within each plot were measured for all individuals with *Carapaguianensis* DBH (diameter at breast height) to 1,30m soil > 10 cm. Were analyzed the diameter distribution, spatial (Morisita index), quality of the trunk and the presence of lianas. The analysis of the diameter distribution was prepared by means of histogram with an interval of 15cm. Were quantified 43 individuals of *Carapaguianensis* Aubl. The diameter distribution of individuals of *Carapaguianensis* showed uneven distribution of individuals, but predominantly in the initial class and pattern of spatial distribution was aggregated. Thus, the *Carapaguianensis* Aubl. has the potential for forest management, with the diameter distribution can be subjected to selective cuts.

Keywords: Forest management; Tropical Rain Forest; Volumetry.

¹ Acadêmica de Engenharia Florestal, Bolsista PIBIC/CNPq. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Rodovia Salvador Diniz, 1957, CEP 68925-000, Santana (AP). ciane_mar@hotmail.com

² Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

³ Engenheira Florestal, Dr., Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellaparicio@unifap.br

⁴ Engenheiro (a) Florestal, Dr. (a), Pesquisador (a) da Embrapa/AP, Professor do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. Rodovia JK quilômetro 5, CEP: 68900-000, Macapá (AP). mcguedes@cpafap.embrapa.br; esotta@cpafap.embrapa.br

⁵ Bióloga, Msc, Gerente do Núcleo de Serviços Ambientais, Instituto Estadual de Florestas – IEF/AP. Avenida Procópio Rola, 90, CEP: 68900-000, Macapá (AP). lana_p_oliveira@hotmail.com

INTRODUÇÃO

As espécies florestais predominantes na Amazônia representam uma fonte importante de recursos naturais para as populações tradicionais e desenvolvimento da região (BOUFLEUER, 2004). Entre esses recursos, podemos citar a andiroba, castanha-do-Brasil, açaí, etc, com potencial extrativista.

Há muitos produtos não madeireiros na floresta amazônica que, além de garantirem melhor qualidade de vida a quem nela habita e produz, podem ser vendidos e gerar renda. Diferentemente da madeira coletada de modo predatório, que será vendida uma única vez (CLAY, 2002).

No Amapá, extremo norte do Brasil, podemos citar a andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) como espécie não madeireira de reconhecido valor regional. Pertence a família Meliaceae e possui ampla distribuição no Neotropical e Alotrópico (LEITE, 1997). Ocorre no sul da América Central, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana Francesa, Peru, Paraguai e Brasil. No Brasil, ocorre na bacia Amazônica, principalmente nas várzeas próximas ao leito de rios e faixas alagáveis ao longo dos cursos d'água, sendo encontrada também em terra firme. No Estado do Amapá, a espécie ocorre em maior concentração ao longo do rio Amazonas e, na região costeira do Amapá, se estendendo do rio Jarí até o arquipélago do Bailique (RABELO et al., 2002).

A *Carapa guianensis* Aubl. é uma árvore de grande porte, chega a atingir 30 metros de altura, comum nas várzeas da Amazônia. A casca é cinzenta e grossa, tem sabor amargo e desprende-se facilmente em grandes placas. Copa de tamanho médio e bastante ramosa. Folhas grandes compostas, com pecíolos longos, alternas, com 30-60 cm de comprimento e até 50 cm de largura. As flores pequenas têm cor creme e o fruto é uma cápsula ovóide que se abre quando cai no chão, liberando um número variável de sementes vermelhas de onde produz óleo amargo e espesso de coloração amarelo escuro, conhecida também como "azeite de andiroba". Praticamente inatacável por cupins e fungos (LORENZI, 2002).

O uso múltiplo desta espécie faz crescer a valoração ecológica e econômica. Segundo Ferraz et al. (2002) sua madeira e óleo extraído de suas sementes são os produtos mais importantes. Os autores ainda afirmam que a espécie é considerada promissora para o enriquecer capoeiras, Florestas, sistemas agroflorestais e recuperação de áreas úmidas degradadas.

Ao mesmo tempo em que torna-se urgente buscar a diversificação e comercialização de novos produtos oriundos da Amazônia, para promover a valorização da floresta em pé, é importante salientar que o reduzido conhecimento sobre a auto-ecologia das espécies dificulta o manejo sustentável da floresta. Outra dificuldade para implementar práticas de manejo não madeireiro é a carência de dados sobre a produção das espécies e sobre os estoques disponíveis (GOMES, 2010).

Portanto, é importante estudar a estrutura florestal, visando conhecer o seu potencial de crescimento. Para introduzir práticas de uso sustentável dos produtos que a floresta pode oferecer. Machado (2008) relata que a Floresta Amazonica necessita de modelos de desenvolvimento com atividades que não presumam o desmatamento exagerado. O manejo de recursos florestais, dadas as características e potencialidades da região, se coloca com um dos principais caminhos para se alcançar um desenvolvimento com bases realmente sustentáveis.

Para o manejo florestal a distribuição espacial, diamétrica e volumétrica são capazes de representar significativamente a espécie *Carapa guianensis* Aubl. na área de estudo?

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo verificar se a estrutura da *Carapa guianensis* é capaz de garantir o manejo da espécie na área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em 15 ha de Floresta de Terra Firme no limite do módulo II da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), situada no município de Porto Grande do Estado do Amapá, Extremo norte do Brasil. A vegetação é predominantemente de Floresta de Terra Firme Densa de Baixos Platôs e Submontana. Os solos são do tipo Latossolo vermelho-amarelo (ZEE/AP, 2008).

O clima é do tipo Am, compreendendo estações de clima quente e úmido segundo Köppen. A precipitação é muito elevada, em torno de 3.000mm e a temperatura oscila entre 22,0°C e 35,5°C (SUDAM, 1984).

Coleta de Dados

O trabalho foi realizado com dados dendrométricos adquiridos em unidades amostrais que compõem 3 conglomerados, equidistantes em média a 3 km. Cada conglomerado foi composto de 5 parcelas permanentes quadradas, com dimensões de 100x100 m (1ha/ cada).

Os indivíduos mensurados foram os que apresentaram DAP (diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo) ≥ 10 cm. Das árvores inventariadas foram coletadas as seguintes variáveis: nome vulgar, CAP (circunferência a altura do peito a 1,30 m do solo), altura total e qualidade de fuste e Presença de cipó.

Com relação a qualidade do fuste foram consideradas: Fuste 1 – reto, excelente aproveitamento

comercial; Fuste 2 - tortuoso, bom aproveitamento comercial; Fuste 3 - tortuosidade acentuada e sem valor comercial.

A identificação taxonômica da espécie foi realizada com um levantamento prévio em campo por especialistas e os nomes botânicos foram conferidos com na página da WEB do Missouri Botanical Garden <http://mobot.bobot.org/WT3/Search/vas.html>, segundo o sistema APG II (2003).

Analise de Dados

O estudo da distribuição diamétrica foi realizado com a conversão do CAP para o DAP. O número de classes utilizadas foi de seis, com amplitude de 10 cm. A primeira classe diamétrica contemplou indivíduos $10 \leq \text{DAP} < 20$ cm e a última com $\text{DAP} \geq 60$ cm.

Nas classes diamétricas propostas foram calculados os volumes cilíndricos (multiplicado pelo fator de forma 0,7) por hectare, e distribuídos segundo a qualidade de fuste e presença de cipós.

O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita (Id), conforme recomendações de Brower e Zar (1977).

$$Id = \frac{n * \sum X^2 - N}{N * (N - 1)}$$

Em que: Id: índice de Morisita; n: número total de parcelas amostradas; N: número total de indivíduos por espécies, contidos em n parcelas; X²: quadrado do número dos indivíduos por parcela; s: número de espécies amostradas

A significância dos valores calculados para índice de Morisita (Id) foi obtida mediante o teste do qui-quadrado (χ^2), a um nível de significância de 0,05 de probabilidade de erro:

$$\chi^2 = \frac{n * \sum X^2}{N} - N$$

Em que: X²: valor do qui-quadrado; N, X² e n: já definidos;

A interpretação do índice de morisita foi baseada no seguinte critério: se não houver significância o (Id) não difere significativamente de 1, e a espécie apresentará um padrão de distribuição aleatório. Porém, se o valor for significativo a espécie tenderá a um padrão de distribuição agregada, se (Id > 1), ou uniforme, (Id < 1).

Todas as análises foram realizadas com auxílio do Microsoft Excel 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontrados 43 indivíduos da espécie *Carapa guianensis*, distribuídos em 12 parcelas, ou seja, 80 % da área amostral.

A distribuição diamétrica dos indivíduos de *Carapa guianensis* apresentou distribuição irregular dos indivíduos, mas com predominância na classe inicial (Figura 1), não seguindo um padrão característico de florestas nativas. Pode-se observar que 37% indivíduos inventariados com DAP entre 10 e 20 cm, seguida da quinta classe com 23,25 %. Uma das razões é ao grande número de plântulas, com elevada taxa de mortalidade nos estágios iniciais de sucessão, havendo competição por luz, nutrientes, disponibilidade de água e outros fatores que influenciam na sobrevivência das espécies.

Esta variação pode ser entendida pela escolha da amplitude das classes, a qual pode influenciar diretamente na distribuição da espécie. Ou ainda, pelo fato da floresta está balanceada, pois uma floresta madura tende a ocorrer uma distribuição maior nas classes subsequentes (FREITAS, 2011).

Segundo Oliveira (2011), trabalhando com Acapu na Floresta Estadual do Amapá na mesma região deste estudo, verificou que o grande número de indivíduos nas maiores classes diamétricas pode ser explicado por a área está inserida numa região onde a exploração não é evidenciada em grande escala. Em contraposto, Silva (2011) comenta que é possível a floresta esteja em uma fase sucessional próximas a primária, contendo muitos indivíduos velhos com um dossel bem fechado. Impedindo a regeneração das espécies.

Foram encontrados 33 indivíduos com qualidade do fuste reto (76,74 %), indicando que estão em condições ideais para manejo, seja madeireiro ou não madeireiro. Não foram observados indivíduos com qualidade de fuste tortuoso. Este fato pode ser uma característica da própria espécie.

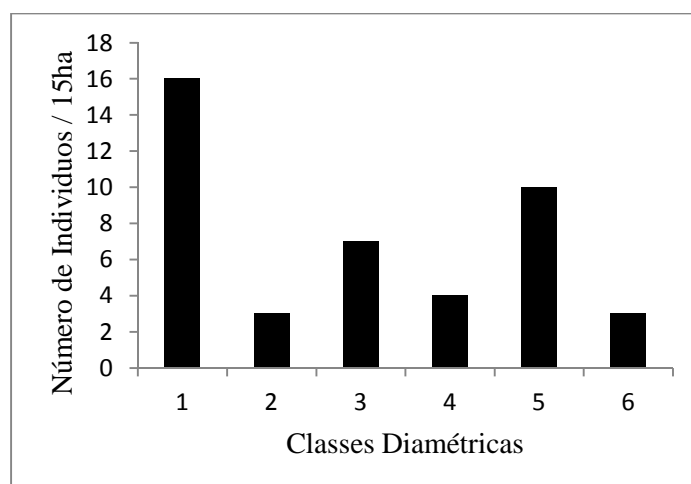


FIGURA 1: Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Carapa guianensis* amostrados em Floresta de Terra Firme na Floresta do Estadual do Amapá, Brasil. Onde: 1 - $10 \leq \text{DAP} < 20$ cm; 2 - $20 \leq \text{DAP} < 30$ cm; 3 - $30 \leq \text{DAP} < 40$ cm; 4 - $40 \leq \text{DAP} < 50$ cm; 5 - $50 \leq \text{DAP} < 60$ cm; 6 - $\text{DAP} \geq 60$ cm.

FIGURE 1: Distribution diametric of the individuals of *Carapa guianensis* found in upland forest in the Forest State of Amapá, Brazil. Where: 1 - $10 \leq \text{DBH} < 20$ cm; 2 - $20 \leq \text{DBH} < 30$ cm; 3 - $30 \leq \text{DBH} < 40$ cm; 4 - $40 \leq \text{DBH} < 50$ cm; 5 - $50 \leq \text{DBH} < 60$ cm; 6 - $\text{DBH} \geq 60$ cm.

Dos indivíduos amostrados, 18 apresentaram cipós e 25 foram ausentes. No entanto, a maioria dos indivíduos com cipós foram da qualidade do fuste 1 (15), com predominância nas classes 1, 5 e 6. Vidal et al. (1998) afirmou que a exploração de madeira nas florestas tropicais é freqüentemente dificultada pela presença de cipós. Derrubar árvores interligadas por cipós pode resultar em danos para as árvores vizinhas e criação de grandes clareiras. Além disso, muitas espécies de cipós desenvolvem mecanismos para sobreviver a sérios danos em seu caule.

Segundo Matos (2002), a qualidade do fuste depende de vários fatores. Dentre eles, podem-se citar as características genéticas da planta, a exposição á luminosidade, a competição por espaço, a incidência de ventos, entre outros, que moldam a forma da copa e também do tronco de uma árvore. A luminosidade exerce grande influência quanto á tortuosidade, pois as árvores tendem a procurá-la quando estão localizadas no interior da floresta e submetidas ás concorrências.

Com relação à distribuição de volume, a classe 5 obteve maior volume (1,8679 m³/ha), seguida da 4 e 6, com valores de 0,7054 e 0,6052 m³/ha, respectivamente. É importante salientar que os indivíduos classificados com qualidade do fuste reto, ou seja, ótima comercialmente, apresentaram 3,4734 m³/ha, seja com presença ou ausência de cipós (Tabela 1).

TABELA 1: Volumetria da *Carapa guianensis* distribuída por presença de cipó (PC) e qualidade de fuste (QF) nas classes diamétricas propostas. Onde: PC (0 - ausência de cipó; 1 - presença de cipó); QF (1 - Reto; 2 - Pouco tortuoso); CD (1 - $10 \leq \text{DAP} < 20$ cm; 2 - $20 \leq \text{DAP} < 30$ cm; 3 - $30 \leq \text{DAP} < 40$ cm; 4 - $40 \leq \text{DAP} < 50$ cm; 5 - $50 \leq \text{DAP} < 60$ cm; 6 - $\text{DAP} \geq 60$ cm).

TABLE 1: Volumetry of the *Carapa guianensis* distributed per presence of liana (PL) and quality of trunk (QT) in the classes diametric proposed. Where: PC (0 -absence of liana; 1 - presence of liana); QF (1 - straight; 2 - A littlecrooked); CD (1 - $10 \leq \text{DBH} < 20$ cm; 2 - $20 \leq \text{DBH} < 30$ cm; 3 - $30 \leq \text{DBH} < 40$ cm; 4 - $40 \leq \text{DBH} < 50$ cm; 5 - $50 \leq \text{DBH} < 60$ cm; 6 - $\text{DBH} \geq 60$ cm).

CD	PC				Subtotal	Subtotal	Total	
	0		Subtotal	1				
	1	2		1				2
1	0,0407	0,0532	0,0939	0,0460	0,0042	0,0502	0,1440	
2	0,0272		0,0272	0,0178	0,0135	0,0313	0,0584	
3	0,2352	0,1155	0,3507	0,1057	0,0458	0,1515	0,5022	
4	0,5278	0,1776	0,7054	-	-	-	0,7054	
5	0,8847	-	0,8847	0,9832	-	0,9832	1,8679	
6	-	-	-	0,6052	-	0,6052	0,6052	
Total	1,7156	0,3463	2,0618	1,7578	0,0635	1,8213	3,8831	

Silva (2010) em estudos realizados com a espécie *Manilkara huberi* na FLOTA/AP encontrou um volume de 1.799 m³, sendo 2,9 m³/ha a média obtida por hectare. Santos (2011) trabalhando com a espécie *Virola* na FLOTA/AP encontrou um volume de 1,7105 m³/ha. Em comparação com outras espécies encontradas na FLOTA/AP, A espécie *Carapa guianensis* apresenta um grande número de indivíduos com potencial volumétrico.

A distribuição espacial da espécie foi considerada agregada, com valor de 2,07, e significativa ao teste X². Esta distribuição pode ser explicada pelos fatores que influenciam no ciclo da espécie, como dispersão de sementes, restrita em algumas áreas, e germinação.

Segundo Carvalho et al. (2009) o padrão de distribuição espacial agregada parece estar relacionado ao fato da espécie ser predominantemente barocórica (dispersão dos diásporos por gravidade), resultando em uma maior concentração de indivíduos nas proximidades das matrizes.

O padrão agregado pode ser resultante da heterogeneidade ambiental, onde existem microambientes favoráveis ao estabelecimento das espécies, ao padrão de dispersão das sementes e da probabilidade de sobrevivência das plântulas. Fatores abióticos como disponibilidade de água, intensidade de luz e bióticos como ação de predadores ou patógenos e a dispersão de sementes apresentam grande influência na distribuição dos indivíduos (OLIVEIRA et al., 2000).

CONCLUSÃO

A *Carapa guianensis* Aubl. apresenta potencial para manejo florestal, com distribuição diamétrica capaz de ser submetida a cortes seletivos;

O padrão agregado da *Carapa guianensis* propicia um planejamento mais pontual em possíveis ações de uso, seja madeireiro ou não madeireiro;

O volume da *Carapa guianensis* habilita a espécie a ser submetida ao manejo madeireiro, no entanto, o histórico de uso dos produtos não madeireiros devem ser levados em consideração na fase pré-exploratória.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUFLEUER, N. T. **Aspectos ecológicos de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet., MELIACEAE), como subsídio ao manejo e conservação.** 2004. Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Acre, Acre.

BROWER, J.E.; ZAR, J.H. *Field and laboratory methods for general ecology.* W.C. Brown Company Publishers, Iowa. 1977.

CARVALHO, F. A; JACOBSON, T. K. B; COSTA, A. F; SANTOS, A. A. B; HAY, J. D. V. **Estrutura e distribuição espacial do Barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum*) em uma área de cerrado no sudeste de Goiás.** 2009. 20f. *Revista Tropica – Ciencias Agrarias e Biologicas*,

CLAY, A. A. **Desenvolvimento sustentável.** Brasília / São Paulo: Instituto Internacional de Educação do Brasil, Peirópolis, 2002. 89p.

FREITAS, D. M. **Estrutura Espacial da Espécie *Carapa guianensis* Aubl. (ANDIROBA) na Floresta Estadual do Amapá- FLOTA.** 2011. 52f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Amapá, Amapá.

FERRAZ, I. D.K; CAMARGO, J. L. C; SAMPAIO, P. T.B. Sementes e Plântulas De Andiroba (*Carapa Guianensis* Aubl. E *Carapa Procera* D. C.):Aspectos Botânicos, Ecológicos e Tecnológicos. **ACTA AMAZONICA.** INPA, Manaus, 2002.

GOMES, H. S. R. **Estrutura populacional e produção de andiroba em Terra Firme e Várzea no Sul do Amapá.** 2010. 72f. Dissertação (Pós Graduação em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Amapá.

LEITE, A. M. C. **Ecologia de *Carapa guianensis* Aubl. Meliaceae ‘andiroba’.** 1997. 180 f. Tese (Doutorado em Biologia Ambiental) - Universidade Federal do Pará e do Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil.** São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. 352. p.

MACHADO, F. S. **Manejo de Produtos Florestais Não Madeireiros: um manual com sugestões para manejo participativo em comunidades da Amazônia.** Rio Branco, Acre: PESACRE e CIFOR, 2008. 105p.

MATTOS, R. B. **Características qualitativas e possibilidades de ganho de fuste em espécie**

euxilóforas nativa da Região Central do Rio Grande do Sul, Santa Catarina. 2002. 91f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

OLIVEIRA, A. F. **Padrão Espacial e Volumétrica da Espécie madeireira Vouacapoua americana Aubl. (ACAPU), em uma área de conservação no Estado do Amapá**. 2011. 50f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Amapá, Amapá.

OLIVEIRA, A.F. **Estrutura genética de populações naturais de *Copaifera Langsdorffii* Desf. a partir de isoenzimas**, 2000, 145 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RABELO, B. V. (Coord.) **Macrodiagnóstico do estado do Amapá primeira aproximação do ZEE**. 1º ed, Amapá, Editora AMApaz Comunicação & Marketing. 2002. 140 p.

SANTOS, S. E. **Estrutura do gênero *Virola* na Floresta Estadual do Amapá**. 2011. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) - Universidade do Estado do Amapá, Amapá. 58p.

SILVA, E. B. **Potencial Madeireiro e Distribuição Espacial da Espécie *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier (MAÇARANDUBA) na Floresta Estadual do Amapá**. 2011. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) - Universidade do Estado do Amapá, Amapá. 60p.

SUDAM, PROJETO DE HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA DA AMAZÔNIA, **Atlas climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém: SUDAM, 125p. 1984.

VIDAL, E.; JOHNS, J.; GERWING, J.; BARRETO, P.; UHL, C. **Manejo de Cipós para a Redução do Impacto da Exploração Madeireira na Amazônia Oriental**. Série Amazônia N° 13 - Belém: Imazon, 1998. 22 p.

ZEE. Zoneamento Ecologico Economico: **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá**: primeira aproximação do ZEE/Equipe Técnica do ZEE-AP. Macapá, 2008.

**DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE ÁRVORES SINGULARES DE
*Araucariaangustifolia***

DETERMINATION OF NATURAL TREE PRODUCTIVITY *Araucariaangustifolia*

Mateus Basso¹; Jonathan W. Trautenmüller¹; Tiago F. da Silva¹; Felipe Turchetto¹; Catiane Casarin¹;
Fabiano de Oliveira Fortes²

RESUMO

Este estudo avaliou qualitativa e quantitativamente um povoamento de *Araucaria angustifolia* com 65 anos de idade, no município de São Francisco de Paula, estado do Rio Grande do Sul. Para o levantamento foram alocadas sete parcelas circulares de 400m², distribuídas de forma aleatória. Em cada amostra mensurou-se as seguintes variáveis: CAP de todas as árvores integrantes da parcela, altura do fuste, altura total, raios de copa e posição sociológica. Posteriormente a isso estimou-se algumas variáveis morfométricas visando descrever as relações dimensionais das árvores amostras e fazer inferência sobre o crescimento destas. Após a compilação dos dados pode-se perceber que o número de parcelas utilizadas foi suficiente, neste caso o inventário piloto passa a ser o inventário definitivo. Os índices calculados, principalmente o de proporção de copa, auxiliaram na determinação das árvores a serem retiradas no desbaste. Este tem como objetivo principal abrir o dossel de modo a permitir que os indivíduos remanescentes obtenham um maior crescimento, tendo em vista que a quantidade de radiação solar incidente aumentará, bem como a concorrência por espaço e nutrientes tornar-se-á reduzida.

Palavras-chave: Simulação de desbaste; projeção de copa; variáveis morfométricas.

ABSTRACT

This study evaluated quantitatively and qualitatively a population of *Araucaria angustifolia* with 65 years of age in the city of São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul State. To the survey have been allocated seven circular plots of 400m² distributed randomly. For each sample was measured the following variables: CAP members of all trees of the plot, the stem height, total height, radii of the canopies and sociological position. Subsequent to that it was estimated some morphometric relationships in order to describe the dimensional tree samples and make inferences about their growth. After compilation of the data may be realized that the number of plots used was sufficient, in this case the pilot inventory becomes the definitive inventory. The calculated indices, especially the proportion of the canopies, helped determine the trees to be removed in the thinning. The main objective is open the canopy in order to allow individuals to obtain a greater remaining growth, considering that the amount of incident solar radiation will increase, as well as competition for space and nutrients will become reduced.

Keywords: Simulation of thinning; tree projection, morphometric.

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da história o ser humano utiliza os produtos de base florestal das mais variadas formas, sempre de maneira a atender suas necessidades básicas de sobrevivência e também de conforto. As florestas fornecem produtos de importância fundamental à manutenção do bem-estar humano, englobando uma variada gama de utilidades indispensáveis, porém, com o tempo percebeu-se a importância de preservar as florestas.

A partir disto, teve início a criação de Unidades de Conservação (UCs), atualmente muito conhecidas e difundidas, onde segundo a legislação brasileira, fica definido como sendo o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

As Florestas Nacionais (FLONAS), definidas pela LEI do SNUC, pertencentes à categoria das Unidades de Conservação de Uso Sustentado, têm como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais e contam com uma área total de 19.590.157 ha. Na Região Sul dez unidades totalizam uma área de 15.147 ha (0,08%).

A Floresta Nacional (FLONA) de São Francisco de Paula, está sob a responsabilidade do ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), localizada no Rincão dos Kroeff, a 27 Km da sede do município, sob as coordenadas 29°23' e 29°27' de latitude Sul e 50°25' e 50° e 25' de longitude Oeste, sendo que esta é uma zona de transição, entre a Floresta Ombrófila Densa e Floresta

¹Aluno, Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, UFSM-CESNORS, Frederico Westphalen, RS

²Professor Adjunto do curso de Engenharia Florestal, UFSM-CESNORS, Frederico Westphalen, RS

Ombrófila Mista.

A área total é de 1.606 hectares, com altitudes próximas a 900 metros apresentando uma variação de 300 metros. Existem 347 hectares de floresta Araucaria, 222 hectares de floresta de *Pinus elliotti* e *Pinus taeda*, 34 hectares de *Eucalyptus* spp e mais de 900 hectares de florestas nativas, sendo o restante ocupado por banhados e campos nativos.

O clima da área de estudo, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo “Cfb”, mesotérmico médio (Moreno, 1961), sendo que esse clima domina as cotas altimétricas entre 1.000 e 1.100 m no norte do Rio Grande do Sul.

A vegetação do local do estudo pertence a uma zona de transição entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Mista, possuindo assim, espécies endêmicas.

O predomínio é de *Araucaria angustifolia* povoando baixadas, encostas, até platôs, sendo que a mata Atlântica, faz parte dessa transição, povoando vales e cânions da área, contribuindo com as espécies que consigam dispersar-se pela mata de araucária.

O relevo é ondulado com altitudes de 930 m na parte norte, já na parte sul o terreno é mais acidentado, formando cânions com mais de 100 m de profundidade, característico da área onde foi realizado o estudo (IBAMA, 2000).

Os solos segundo IBAMA (2000), são classificados em Cambisol Húmico Álico, os solos minerais da região são descritos como não-hidromórficos, com drenagem variando de acentuada até imperfeita, com horizonte A seguido de B incipiente, de textura franco arenosa ou mais fina (Oliveira, 1992).

A *Araucaria angustifolia* é uma conífera típica do Brasil, onde a mesma apresenta uma grande área de distribuição natural que compreende a Região Sul e parte dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Também é conhecida popularmente pelos nomes de Pinheiro do Paraná, Pinheiro brasileiro, Pinho e Araucária. Consiste em uma espécie pioneira e heliófila, que se estende sobre os campos e assim forma novos capoeirões. Apresenta tronco reto e cilíndrico com casca grossa e rugosa, sendo uma árvore de grande porte, variando entre 10 a 35 metros de altura e Diâmetro a Altura do Peito (DAP) entre 50 e 120 centímetros quando adulta. É uma planta dióica (existem árvores femininas e masculinas), onde o número de indivíduos masculinos é maior. A polinização é feita pelo vento, ocorrendo durante todo o ano nas plantas femininas e entre os meses de agosto a janeiro nas masculinas. Devido as suas ótimas características madeireiras a espécie sofreu uma exploração indiscriminada, o que levou a mesma a contar na lista de espécies ameaçadas de extinção.

A araucária pode originar dois tipos principais de produtos, que são o pinhão e a madeira. O pinhão é a semente da planta que se encontra dentro da pinha. A planta começa a produzir o pinhão a partir dos 15 a 20 anos de idade em condições naturais, quando plantada a produção ocorre a partir dos 20 anos em povoamentos e, dos 10 a 15 anos quando se encontram isoladas. A madeira da Araucária é moderadamente densa (0,50 a 0,61g/cm³) a 15% de umidade e apresenta uma massa específica básica (densidade) de 0,42 a 0,48g/cm³. Possui cheiro agradável, uma coloração branco-amarelada e uma superfície lisa ao tato e medianamente lustrosa. É uma madeira fácil de ser trabalhada com ferramentas manuais ou máquinas, aceitando bem acabamentos superficiais. Outra característica interessante da madeira é a facilidade de realizar uma colagem. A madeira é indicada para várias finalidades, podendo ser utilizada para caixotaria, movelaria, laminados, tábuas para forro, ripas, caibros, lápis, carpintaria, palitos de fósforos, formas para concreto, marcenaria, compensados, pranchas, postes e mastros de navios.

Este estudo teve como objetivo geral fazer uma caracterização geral de um povoamento de *Araucaria angustifolia* com 65 anos de idade.

Objetivos específicos

- Determinar a produtividade do povoamento;
- Verificar a suficiência amostral para o talhão por hectare;
- Fazer uma simulação de desbaste, através do dimensionamento espacial das árvores.

METODOLOGIA

Coleta dos dados

Variáveis mensuradas

O levantamento foi realizado em uma área de 6,6 hectares, sendo que para a coleta dos dados foram alocadas sete parcelas circulares de 400m², distribuídas de forma aleatória. Sendo que dentro de cada amostra foram levantados as seguintes variáveis:

- Circunferência a altura do peito de todas as árvores: medida com fita métrica, em centímetros;
- Altura do fuste: medida com clinômetro, em metros, considerando a distância do solo até o ponto de inserção da copa;

- Altura total: medida com clinômetro, em metros;
- Raios de copa: medidos com auxílio do GPS e trena, em 04 direções fixas: norte, sul, leste e oeste (Fig. 1);
- Posição sociológica: compreendendo a posição vertical da árvore em relação as árvores vizinhas. Sendo o indivíduo classificado em: (1) dominante, (2) co-dominante e (3) dominado e/ou suprimido.

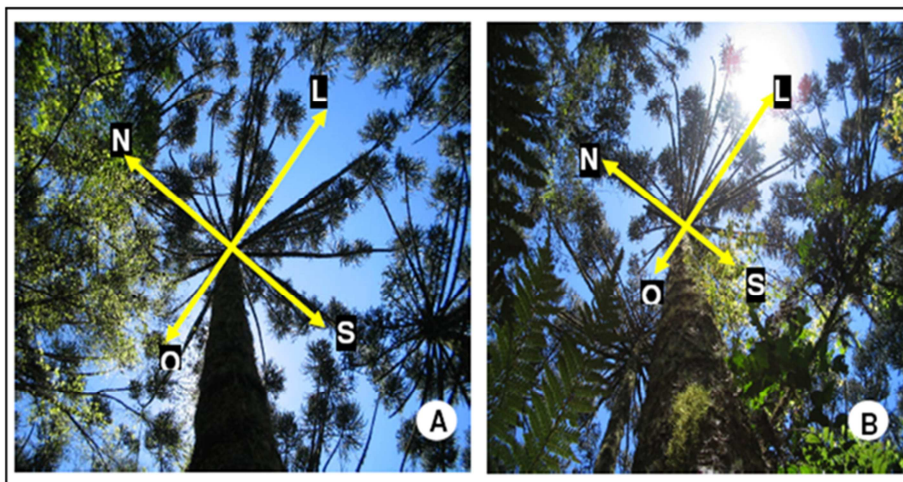


FIGURA 1: Medição dos raios das copas das árvores de *Araucaria angustifolia* (A) indivíduo com copa bem distribuída (B) indivíduo com copa mal distribuída. FLNA, São Francisco de Paula, RS.
 FIGURE 1: Measurement of the canopy of the trees of *Araucaria angustifolia* (A) individual with well-distributed canopy (B) individual with poorly distributed canopy. FLNA, San Francisco de Paula, RS.

Variáveis morfométricas

As variáveis morfométricas foram estimadas visando a descrever as relações dimensionais das árvores amostradas e fazer inferência sobre o crescimento destas. Sendo mensurados:

- 1) Lc: comprimento da copa, em metros
- 2) Dc: diâmetro da copa, em metros;
- 3) h/d: relação altura pelo diâmetro, em que;

$$h/d = \frac{h}{d}$$

Sendo: h= altura total em metros; diâmetro à altura do peito, em centímetros.

- 4) Índice de saliência (is), em que:

$$is = \frac{dc}{d}$$

Sendo: dc= diâmetro de copa, em metros; d= diâmetro a altura do peito, em centímetros.

- 5) Índice de abrangência (ia), em valor absoluto, em que:

$$ia = \frac{h}{dc}$$

Sendo: h= altura total em metros; dc= diâmetro de copa, em centímetro.

- 6) Formal de copa (fc), em valor absoluto, em que:

$$fc = \frac{dc}{Lc}$$

Sendo: dc= diâmetro de copa, em metros; Lc= comprimento de copa em metros

Após obtidos os dados de diâmetro, altura e projeção da copa, deu-se início ao processo de

compilação dos dados, com o auxílio dos *softwares*, Microsoft Excel 2007 e AutoCAD. Através do qual foram realizadas as seguintes atividades:

- ✓ Realização dos cálculos de média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, erro padrão (absoluto e relativo) e intensidade de amostragem.
- ✓ Realização dos cálculos de peso de desbaste, por meio da análise de sobreposição das copas.

Intensidade amostral

Considerando os resultados da análise da variância, foi estimada a intensidade amostral necessária admitindo-se um erro de estimação de 10% da média estimada, com 95% de probabilidade de confiança, com correção para população finita. Assim, o valor de n foi estimado pela seguinte expressão:

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot s_x^2}{N \cdot E^2 + t^2 \cdot s_x^2}$$

Em que t é o valor da tabela t de Student ($\alpha=5\%$ de probabilidade de erro bilateral); S_x^2 é a estimativa da variância; $E = LE \cdot m/100$; LE é o limite de erro de estimação; e N é o número total de parcelas que pode ser instalada na área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Intensidade amostral

Ao ser analisado a intensidade amostral, que é o número de repetições de parcelas por hectare para um dado limite de erro na amostragem admitido em relação a média, verificou-se que o número de parcelas instaladas (sete parcelas) foi suficiente para um limite de erro de 10%, probabilisticamente o erro estimado (9,56 %) foi menor que o limite fixado. Neste caso o inventário definitivo é constituído pelo próprio inventário piloto cuja intensidade de amostragem foi suficiente, sendo que com os cálculos do inventário piloto obteve-se os seguintes resultados.

- Média: 24,03 m³/400m²
- Variância: 6,68m³/400m²
- Desvio Padrão: 2,58 m³/400m²
- Coeficiente de variação: 10,75%
- Erro padrão da estimativa: 0,95m³/400m²
- Erro absoluto: 6,32m³/400m²
- Erro relativo: 9,71%
- Intervalo de confiança para a média: IC=17,70084 m³/0,06 ha ≤ 24,02563 ≥ 30,35041 m³/0,06 ha
- Total estimado: 3964,63m³
- Intensidade de amostragem: 7 u.a

Quando analisamos o número de árvores por hectare pode-se constatar que apenas duas parcelas destoaram das demais, a parcela 4 e a parcela 6 (Fig. 2), fato que pode ser explicado por estas estarem situadas uma região com pouca regeneração natural, estando presente nestas duas parcelas árvores do estrato dominante e apenas uma árvore do extrato co-dominante não se fazendo presente nenhum indivíduo do extrato co-dominante.

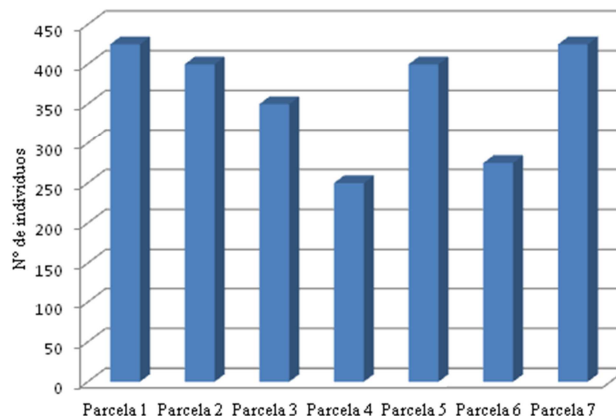


FIGURA 2: Gráfico da distribuição dos indivíduos por hectare por parcela amostrada.
FIGURE2: Graph of distribution of individual sampled per plot per hectare.

Incremento médio das árvores singulares

Foram relacionadas às 102 árvores amostras nas sete parcelas instaladas, sendo as mesmas classificadas quanto à dimensões do CAP, altura total e do fuste, a classe de vitalidade, distribuição de copa, comprimento da copa e posição sociológica.

Das 102 árvores amostradas, 54 se apresentavam na posição sociológica dominante; 27 apresentavam-se na posição sociológica co-dominante e 20 indivíduos apresentavam-se na classe das dominadas e/ou suprimidas, resultado semelhante ao encontrado por Zanon (2007), que também encontrou a maior quantidade de árvores no extrato dominante.

Nas árvores amostradas o diâmetro a altura do peito médio foi de 30,9 cm a altura total média foi de 21,14 m (Fig. 3), a altura média do fuste foi 16,43 m e o comprimento médio da copa foi de 4,72 m.

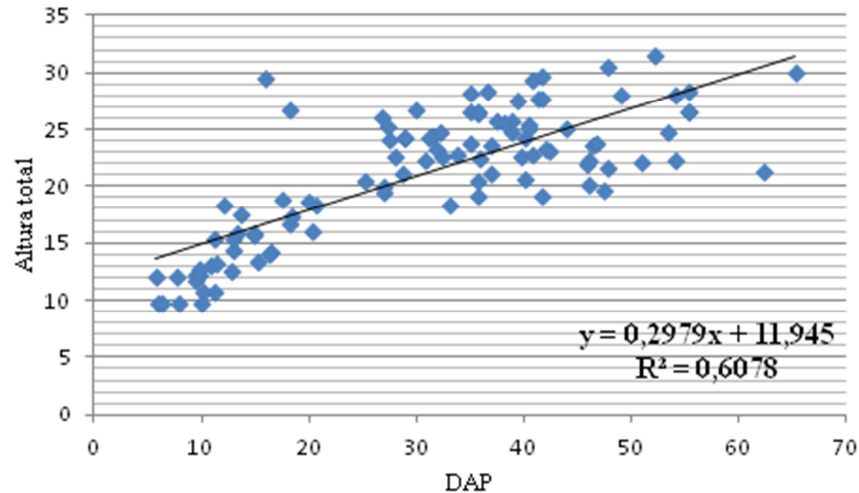


FIGURA 3: Gráfico da distribuição de resíduos em função do diâmetro a altura do peito e da altura.
FIGURE3: Graph of the distribution of waste by diameter at breast height and height.

Caracterizando a distribuição dos galhos no eixo central da árvore (disposição), observou-se que 62 árvores apresentavam copa bem distribuída em todos os quadrantes; 15 apresentavam copa distribuída em três quadrantes; e apenas seis indivíduos apresentavam-se com copa distribuída em um ou dois quadrantes.

Variáveis morfométricas

A relação do diâmetro da copa e altura total (índice de abrangência) variou de 0,1404 até 0,7042. O diâmetro de copa médio variou de 1,65m até 15m (Figura 4).

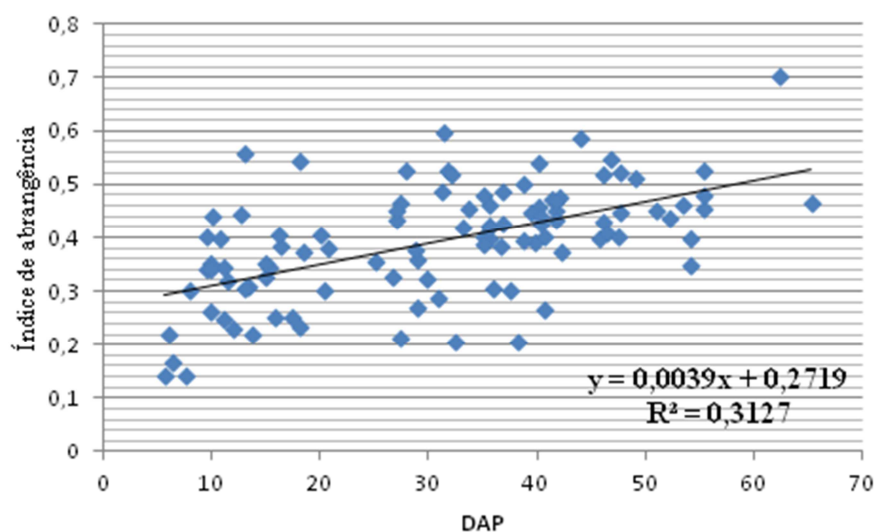


FIGURA 4: Gráfico dos resíduos do índice de abrangência em função do DAP.
FIGURE4: Graph of waste coverage indexes as a function of DBH.

O formal de copa (f_c), expresso pela relação do diâmetro de copa sobre o seu comprimento, fornece uma idéia de seu volume e variou entre 0,56 a 6,86 (Figura 5). Esse resultado mostra que, entre

duas árvores do mesmo diâmetro, a mais produtiva é àquela com menor formal de copa. Assim, quanto mais longa a copa, mais produtiva tende a ser a árvore, para o mesmo diâmetro a altura do peito. A área ocupada pela copa variou entre o mínimo de 2,13m², árvore de número 5, e 176m² na árvore 35, ratificando Zanon (2007), que também encontrou esta distribuição.

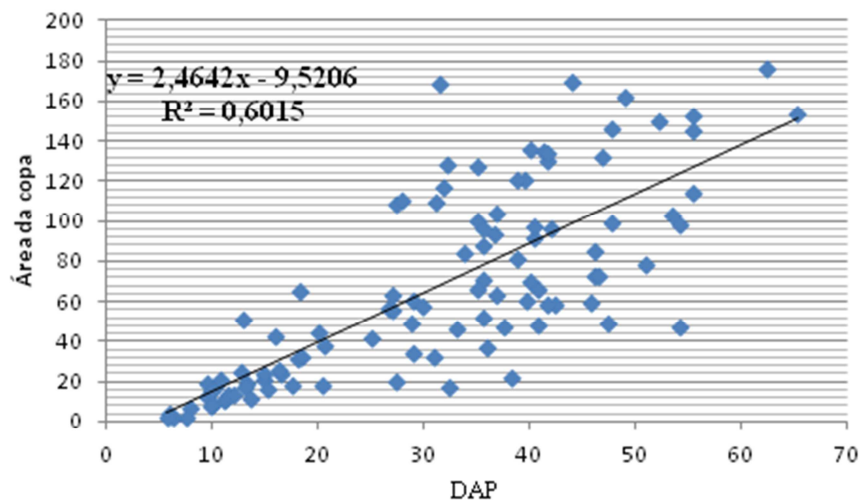


FIGURA 5: Gráfico dos resíduos da área da copa em função do DAP.

FIGURE5: Graph of the crown area of the waste according to the DAP.

Simulação de desbaste

A simulação de desbaste foi baseada em índices matemáticos, principalmente o formal de copa, índice de esbeltez e índice de saliência, uma vez que estes estão relacionados diretamente com o DAP e o diâmetro das copas. Os indivíduos em que estes índices são altos serão retirados pela simulação do desbaste.

Outro fator analisado é a proporção de copa das araucárias, no caso de indivíduos com diâmetro igual serão desbastados aqueles com copa maior. Desta forma aumentando a entrada de luz solar no povoamento. Também vai ocorrer a diminuição da concorrência entre plantas tanto por espaço e nutrientes. A remoção dos indivíduos se dará de maneira a proporcionar que os menores indivíduos se desenvolvam.

Durante a mensuração das parcelas ocorreu à representação espacial das árvores de Araucária em cinco parcelas. Através da visualização espacial, constatou-se que as Araucárias presentes estão em forte concorrência, sendo necessária a realização de desbaste. Dessa forma, a recomendação referente ao desbaste é de que seja retirado algumas árvores de araucárias.

A Tabela 1 informa o número e porcentagem de Araucárias em cada parcela antes e depois de ser realizado o desbaste. Pode-se verificar que em todas as parcelas houve a necessidade de retirar alguns indivíduos. O número de Araucárias restantes em cada parcela oscilou entre 150 a 250 indivíduos.

TABELA 1: Números de árvores por parcela, antes e depois do desbaste e peso do desbaste.

TABLE1: Numbers of trees per plot, before and after thinning and pruning weight.

Parcela	Nº de árvores/ha antes do desbaste	Nº de árvores/ha depois do desbaste	Peso do desbaste (%)
1	420	250	40,4
2	400	200	50
3	350	200	42,8
4	250	150	40
5	400	250	37,5
6	275	175	36,4
7	425	225	47

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O número de parcelas instaladas para o desenvolvimento deste estudo foi suficiente, estando dentro do limite de erro estipulado, logo este inventário piloto pode ser transformado em definitivo. Os índices utilizados auxiliaram na determinação das árvores a serem retiradas durante o desbaste. A variável

que teve papel fundamental na determinação das árvores a serem retiradas foi a proporção de copa, deu-se preferência por retirar as árvores de maior diâmetro e com maior proporção de copa, tendo em vista que no momento que as copas das árvores se tocam fechando o dossel, impedem que a luz passe para os estratos inferiores da floresta, dessa forma não ocorre o desenvolvimento das árvores presentes nestes estratos. Por esta razão o desbaste a ser realizado tem como intuito abrir o dossel de maneira a permitir que os indivíduos que restaram tenham um maior crescimento, uma vez que aumentará a quantidade de radiação solar, e será reduzida a concorrência tanto por espaço como por nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBAMA. **Floresta Nacional de São Francisco de Paula – FLONA/RS**. Brasília: 2000, 6p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura –RS, 1961. 41p.

OLIVEIRA, J.B.; et al. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2 ED. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p

ZANON, B.M. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioicéia**. Tese de doutorado; Santa Maria, 2007.

ESTIMATIVA DE VOLUME EM MADEIRA DE *Schinus terebinthifolius* PARA A REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO, BRASIL

EQUATION TO ESTIMATE THE WOOD VOLUME OF *Schinus terebinthifolius* FOR THE LOWER SÃO FRANCISCO REGION, SERGIPE, BRAZIL

Vitor Dressano Domene¹; Andreia Taborda dos Santos²; Patrícia Póvoa de Mattos³; Evaldo Muñoz Braz⁴; Anabel Aparecida Mello⁵

RESUMO

Schinus terebinthifolius Raddi tem se mostrado muito promissora sob condições de plantio ou para exploração utilizando sistema de manejo em áreas naturais, considerando seus diversos fins econômicos. Apesar da importância da espécie, ainda existem lacunas para o seu manejo sustentável. As equações de volume são fundamentais na tomada de decisão para o manejo florestal. O objetivo desse trabalho foi ajustar um modelo matemático para a estimativa de volume de *Schinus terebinthifolius* da região do Baixo São Francisco. Foram testados três modelos de simples entrada (utilizam somente o DAP como variável independente), e cinco de dupla entrada (usam DAP e altura). As melhores equações para estimativa do volume do povoamento foram a de Meyer, de dupla entrada, e a de Hohenald e Krenn, de simples entrada.

Palavras-chave: manejo florestal; equação de volume; aroeira

ABSTRACT

Schinus terebinthifolius Raddi is a very promising species, in plantations or under forest management of natural areas, considering its different economic purposes. Despite the importance of the species, there are still gaps for its sustainable management. The volume equations are fundamental in decision making for forest management. The objective of this work was to adjust a mathematical model for estimating the volume of *Schinus terebinthifolius* in the region of the Lower São Francisco River. Three models of single entry (using only DBH as independent variable), and 5 double entry (using DBH and height) were tested. The best equations for estimating the volume of the individual trees were Meyer, of double entry, and the Hohenald and Krenn, of single entry.

Keywords: sustainable forest management; volume equation; aroeira

INTRODUÇÃO

Devido a séculos de destruição ambiental, o bioma Mata Atlântica e seus ecossistemas associados foi reduzido a menos de 8% de sua extensão original e hoje é caracterizado pela alta fragmentação dos seus habitats e pela perda de sua biodiversidade. Todavia, a Mata Atlântica ainda abriga uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil, ao mesmo tempo em que se observa um elevado número de espécies ameaçadas de extinção.

A aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma espécie pioneira, arbustiva-arbórea, heliófita, com produção de sementes conhecidas como pimenta rosa. Ocorre em quase todo o território brasileiro, com relatos de ocorrência na região nordeste associada à vegetação ripária, em restingas ou em fragmentos da floresta Atlântica, como verificado em trabalhos de Almeida Jr. et al. (2007; 2009); Queiroz (2007); Costa Jr. et al. (2007; 2008); Pessoa et al. (2009), dentre outros.

A aroeira é relatada para uso medicinal (BOSCOLO; VALLE, 2008; FONSECA-KRUEL et al., 2009; MOREIRA et al., 2002), mas também é usada para outros usos, como por exemplo para lenha, carvão, moirões, forrageira (BAGGIO, 1988; LUSTOSA, 2008; GANDOLFO; HANAZAKI, 2011), ornamental, cercas vivas, sistemas agroflorestais (BAGGIO, 1988), recuperação de áreas degradadas

¹Graduando de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900 - Jardim Botânico - Campus III80210-170 - Curitiba - Paraná - Brasil. andreiataborda@yahoo.com.br. vitordressanodomene.d2@gmail.com.

²mestranda de engenharia florestal, Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 - Jardim Botânico - Campus III80210-170 - Curitiba - Paraná - Brasil. andreiataborda@yahoo.com.br

³Engenheira Agrônoma, Dr^a., Pesquisadora da Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira Km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo (PR). povoa@cnpf.embrapa.br.

⁴Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319, CEP: 83411.000, Colombo (PR). evaldo@cnpf.embrapa.br.

⁵Engenheira Florestal, Dra., Professora da Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n, Campus Universitário, DCF/DEA, CEP: 49100-000, Roza Elze, São Cristóvão (SE). anabel_mello@yahoo.com.br

(FERREIRA et al., 2007; PINHEIRO et al., 2009; HOLANDA et al., 2010) ou em arborização urbana (DANTAS; SOUZA, 2004).

A espécie tem se mostrado muito promissora sob condições de plantio ou para exploração utilizando sistema de manejo em áreas naturais, considerando seus diversos fins econômicos. No entanto, devido ao manejo inadequado ou a mudança do uso do solo, a presença da aroeira está se tornando rara, como observado em alguns trechos do Baixo São Francisco. Apesar da importância da espécie, ainda existem lacunas para o seu manejo sustentável.

As equações de volume são fundamentais na tomada de decisão para o manejo florestal. Por isso, várias equações matemáticas foram desenvolvidas para se estimar o volume de madeira em florestas naturais e plantadas. No entanto, não foram encontradas referências de modelos para estimativa de volume de madeira de aroeira.

O objetivo desse trabalho foi ajustar um modelo matemático para a estimativa de volume de *Schinus terebinthifolius* da região do Baixo São Francisco.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados foram coletados de árvores de *Schinus terebinthifolius* da região do Baixo São Francisco (Figura 1), no estado de Sergipe. Por se tratar de espécie da Mata Atlântica com corte restrito, foram cortados apenas 10 indivíduos para o desenvolvimento da equação de volume, sob a autorização SISBIO 23079-1, emitida em fevereiro de 2010. Foram utilizadas duas árvores de teste de plantio estabelecido em 2002, e oito árvores em ocorrência natural.

Foi efetuada a cubagem rigorosa de cada uma das árvores até 6,0 cm de diâmetro com casca, estabelecido como o limite de diâmetro comercial. Com a medida dos diâmetros e o comprimento de cada segmento calculou-se o volume total de cada indivíduo.

Por se tratarem de árvores bifurcadas, foram somadas as áreas transversais dos fustes de cada árvore, sendo posteriormente convertido em diâmetro equivalente para os diâmetros à altura de 1,30 m (DAP) e à altura da base (DB), respectivamente (Tabela 1).

TABELA 1: Altura total, diâmetro a 1,30 m de altura (DAP) e à altura da base (DB) das árvores estudadas, no Baixo São Francisco, SE.

TABLE 1: Total height, diameter at 1.30m(DBH) and by the base (DB) of the studied trees, from the Lower San Francisco River, SE.

Árvore	Altura (m)	DAP (cm)	DB (cm)	Ano de Plantio
1	6,6	5,57	6,88	2003
2	5,5	6,68	7,64	2003
3	7,2	18,43	23,75	-
4	5,2	10,65	19,1	-
5	4,8	7,99	14,07	-
6	6,5	11,17	19,23	-
7	5,75	9,95	13,05	-
8	5,4	7,13	11,87	-
9	4,9	7,48	14,32	-
10	4,75	7,48	9,87	-

Ajuste de modelos para estimativa do volume

Para estimativa dos volumes individuais com casca dos arbustos de *Schinus terebinthifolius*, foram ajustados sete modelos matemáticos (Tabela 2). Os modelos 1 a 3 são equações de simples entrada (utilizam somente o DAP como variável independente), enquanto que os demais modelos (4 a 8) são de dupla entrada (usam DAP e altura).

Os modelos matemáticos utilizam como variáveis independentes a altura do fuste (h) e o diâmetro. Por se tratar de árvores pequenas e bifurcadas foram testados os diâmetros do DAP e da base. Após o desenvolvimento dos modelos, esses foram avaliados quanto à precisão da estimativa de volume, usando as variáveis independentes das árvores trabalhadas.

TABELA 2: Modelos matemáticos testados para estimativa do volume de *Schinus therebinthifolius* no Baixo São Francisco, SE.TABLE 2: Mathematical modelstested forestimating the volumeof *Schinustherebinthifolius*in the Lower SãoFrancisco River, SE.

	Modelo	Designação - Autor
1	$vol = \beta_0 + \beta_1 d^2$	Kopezky-Gehrrart
2	$vol = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	Hohenald e Krenn
3	$\ln vol = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Husch
4	$vol = \beta_0 + \beta_1(d^2h) + \beta_2h$	Spurr Modificado
5	$vol = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2(d^2h) + \beta_3(dh^2) + \beta_4h^2$	Naslund
6	$vol = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 h + \beta_3 d^2 + \beta_4(d^2h) + \beta_5(dh)$	Meyer
7	$\ln vol = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 \ln h$	Schumacher-Hall
8	$\ln vol = \beta_0 + \beta_1 \ln(d^2h)$	Spurr

Sendo: vol = volume da árvore; d = diâmetro a altura do peito (1,30 m de altura) da árvore ou diâmetro na base; h = altura total da árvore; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = coeficientes do modelo.

Critérios para seleção da melhor equação

Os critérios utilizados para a seleção da melhor equação foi o coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado), coeficiente de variação em percentagem (CV%), valor de F calculado (Fcal,) e a análise gráfica de resíduos.

Nos modelos onde a variável dependente sofreu transformação logarítmica foi necessário recalcular os valores de volume estimados. Utilizando a equação (1) calculou-se o fator de correção de Meyer e logo após foi feita a correção da discrepância logarítmica pela multiplicação do volume estimado para cada arbusto pelo fator calculado. Na sequência foram determinados o R^2 , o R^2 ajustado, S_{yx} e $S_{yx}\%$ com base nos volumes recalculados.

$$\text{Fator de Meyer} = e^{0,5 \cdot S_{yx}^2} \quad (1)$$

Sendo: $e = 2,718281828$; S_{yx} = erro padrão da estimativa.

Para a escolha do melhor modelo, o valor ponderado foi determinado atribuindo-se valores aos parâmetros estatísticos calculados. Os parâmetros foram ordenados de acordo com sua eficiência, sendo atribuído para cada parâmetro, pesos entre 1 e 8, sendo 1 para a melhor equação em determinado parâmetro e 8 para a pior, sendo somados os valores finais para cada equação. O modelo que apresentar o menor valor ponderado e a melhor distribuição dos resíduos será considerado o melhor para se estimar o volume.

Análise gráfica dos resíduos

A distribuição de resíduos é um indicador importante e muito utilizado para avaliar a qualidade do ajuste da equação. A tendência de super ou subestimar as estimativas pode ser determinada pela distribuição não uniforme dos dados ao longo da reta que corresponde ao resíduo zero. Esta análise é feita levando em consideração a equação (2), utilizada para obter os valores dos resíduos em sua forma relativa:

$$e\% = \left(\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right) * 100 \quad (2)$$

Sendo: $e\%$ = resíduo; Y_i = valores reais observados; \hat{Y}_i = valores estimados pela equação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos testados com os valores de diâmetro à altura do peito apresentaram parâmetros estatísticos insatisfatórios, com baixo coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e alto erro da estimativa (S_{yx}). Por esse motivo, optou-se por usar apenas o diâmetro da base.

Os parâmetros estatísticos obtidos para a estimativa de volume de *Schinus therebinthifolius* para os oito modelos testados, usando o diâmetro da base, estão apresentados na tabela 3. Os modelos apresentaram coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), com valores variando de 0,77 a 0,90. O coeficiente de variação (CV%) foi de 7,04% a 444,87%, para um F calculado (F_{est}) variando de 14,85 a 51,46.

O erro da estimativa apresentou valores elevados, considerando a irregularidade dos troncos e o pequeno número de árvores estudadas. Erro elevado em função da forma dos troncos também foi observado por Rezende et al. (2006), que desenvolveram estudos para ajuste de equações de volume em áreas de cerrado. Esses autores observaram que a variabilidade natural existente na estrutura da vegetação e nas formas dos troncos das espécies lenhosas desse bioma influenciou o erro médio absoluto.

TABELA 3: Parâmetros estatísticos obtidos para o ajuste dos modelos para estimativa do volume de madeira de *Schinus therebinthifolius*, no Baixo São Francisco, SE.

TABLE3: Statistical parameters obtained for the adjust of the model to estimate the wood volume of *Schinus therebinthifolius* in the Lower San Francisco River, SE.

Eq.	Coeficientes					R^2_{aj}	Syx	CV%	Fcal	
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4					β_5
1	-0,01310	0,00020716				0,77	0,01802	9,95	31,9989	
2	0,07006	-0,012239	0,000604			0,86	0,01436	7,93	27,9885	
3	-9,3308708	2,13590706				0,67	0,02180	444,8	35,8231	
4	-0,0152175	0,00002935	0,0016635			0,83	0,01855	8,66	22,9083	
5	0,03442815	-0,0005392	0,00019856	-0,0003	0,00119	0,86	0,01419	7,84	14,8585	
6	-0,4211586	0,07041876	0,077965	-0,0024	0,00047	-0,01317	0,89	0,01276	7,05	15,1563
7	-11,713198	2,01793486	1,55772946				0,90	0,01599	212,9	23,7433
8	-11,006314	1,04382452					0,81	0,01652	203,7	51,4673

Onde: $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = coeficientes do modelo; R^2_{aj} - coeficiente de determinação ajustado; Syx - erro padrão da estimativa; CV% - coeficiente de variação em percentagem; Fcal - valor de F da análise de variância.

O modelo que teve menor escore foi o modelo 06 (Meyer – dupla entrada), seguido do modelo 02 (Hohenald e Krenn – simples entrada), sendo os mesmos os melhores entre os modelos analisados nesse estudo.

Os valores ponderados para os oito modelos estão representados na tabela 4. Entre as equações de dupla entrada (diâmetro e altura) a equação de Meyer apresentou o menor valor na ponderação e entre as de simples entrada, a com menor valor foi a de Hohenald e Krenn.

TABELA 4: Valores ponderados para os oito modelos testados para estimativa de volume de *Schinus therebinthifolius*, no Baixo São Francisco, SE.

TABLE4: Weighted values for the eight models tested for estimating the volume of *Schinus therebinthifolius* in the Lower San Francisco River, SE.

Equação	Coeficientes			Valor Ponderado
	R^2 ajustado	CV%	Fest	
Kopezky-Gehart	0,7750	9,95	32,00	15
Hohenald e Krenn	0,8571	7,93	27,99	11
Husch	0,6707	444,88	35,82	18
Spurr Modificado	0,8296	8,66	22,91	15
Naslund	0,8603	7,84	14,86	13
Meyer	0,8872	7,05	15,16	10
Schumacher-Hall	0,9031	212,90	23,74	13
Spurr	0,8107	203,79	51,47	13

Onde: R^2_{aj} - coeficiente de determinação ajustado; coeficiente de variação em percentagem (CV%); Fcal - valor de F da análise de variância.

R^2_{aj} – adjusted coefficient of determination; CV% - variation coefficient in percentage; Fcal - F value from variance analysis.

Os gráficos de resíduos não devem ser observados isoladamente, mas sim aliados aos dados do R^2_{aj} e do CV%, de forma a verificar o comportamento do modelo matemático em toda a linha de regressão. Os gráficos dos resíduos dos dois modelos com os melhores escores podem ser visualizados na figura 1. As duas equações apresentaram distribuição de resíduos não aleatória ao longo da reta. No entanto, devem-se observar com cautela esses resultados, em função do pequeno número de árvores

estudadas.

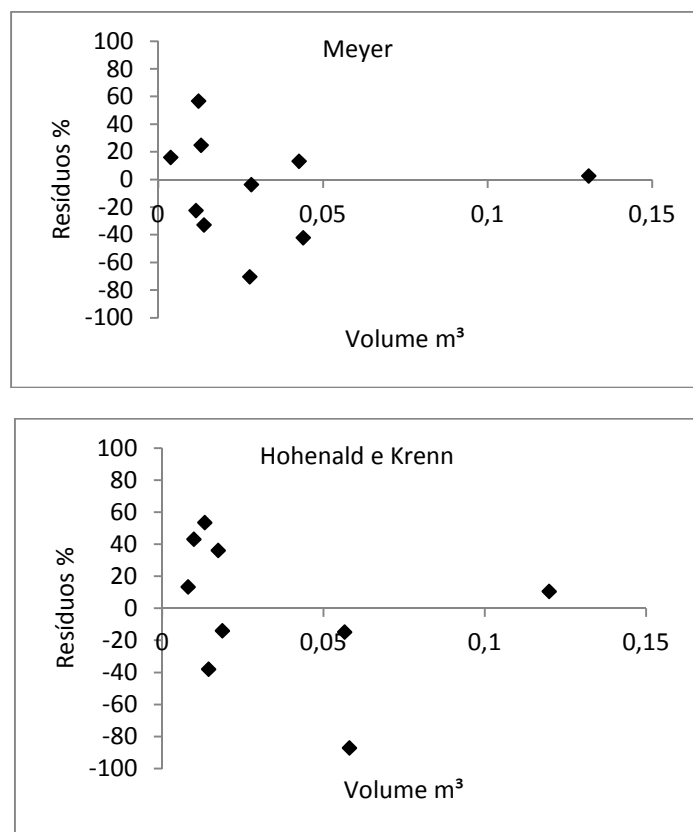


FIGURA 1: Gráfico de distribuição de resíduos para as equações de Meyer e Hohenald e Krenn.
FIGURE1:Residuesdistributionapplying Meyer andHohenaldandKrenn equations.

O volume total calculado para as 10 árvores foi 0.328026913 m³, Para avaliar a precisão da estimativa, foram calculados os volumes, aplicando-se as duas equações selecionadas (tabela 5).

TABELA 5: Volume estimado para as árvores amostradas de *Schinus therebinthifolius*, aplicando-se as equações selecionadas para o Baixo São Francisco, SE.

TABLE5:Estimated volumefor thesampled treesof *Schinustherebinthifolius*, applying theequations selectedto the LowerSan Francisco River, SE.

Designação - Autor	Equação Ajustada	Volumeestimado(m ³)
Meyer	$V = -0,42115866 + 0,070418764d + 0,077965h - 0,002414d^2 + 0,0004761(d^2h) - 0,01317973(d*h)$	0.328026913
Hohenald e Krenn	$V = 0,07006 - 0,012239d + 0,000604d^2$	0.328026913

Sendo: V = volume da árvore; d = diâmetro da base; h = altura total da árvore.

Os dois modelos (Meyer e Hohenald e Krenn) coincidentemente apresentaram a estimativa do volume total igual ao volume total calculado, apesar de terem sido observadas diferenças na estimativa individual das árvores. Considerando que o modelo de Hohenald e Krenn é de simples entrada, ou seja, não utiliza a variável altura, seria o mais indicado quando houver necessidade de otimizar as atividades de campo e o de Meyer, quando for necessária maior precisão da estimativa. Veiga et.al, (2000) trabalhando com *Acacia mangium Willd* na região de Botucatu – SP, testaram sete modelos de equações de volume e concluíram que a melhor equação foi a de Meyer modificada. Imaña-Encinas et al. (2007) observaram resultados semelhantes para a equação de Meyer testada, apesar de terem selecionado a equação desenvolvida por Rezende et al. (2006), de dupla entrada, por apresentar melhores resultados para estimativa de volume de vegetação de Cerrado.

Assumpção Filho (2008) testou 12 modelos para ajuste de equação de volume em remanescente florestal no estado do Rio de Janeiro, selecionando a de Husch como a melhor equação de simples entrada, para a estimativa do volume. No entanto, para a estimativa de volume de *S. terebinthifolius* no Baixo São Francisco essa equação foi desconsiderada, pois o coeficiente de determinação foi o mais

baixo entre os modelos testados e o coeficiente de variação foi muito elevado. De forma semelhante, as equações de Schumacher e Hall e de Spurr, de dupla entrada foram descartadas em função do elevado coeficiente de variação, diferindo dos resultados obtidos por Scolforo et al. (2004), que recomenda a de Schumacher e Hall para estimativa de volume de madeira para candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) e Rufini et al. (2010), que recomendam Schumacher e Hall e de Spurr para área de Cerrado.

CONCLUSÃO

As melhores equações para estimativa do volume do povoamento foram a de Meyer: $(V = -0,42115866 + 0,070418764d + 0,077965h - 0,002414d^2 + 0,0004761(d^2h) - 0,01317973(d*h))$, de dupla entrada, e a de Hohenald e Krenn $(v = 0,07006 - 0,012239d + 0,000604d^2)$, de simples entrada, sendo essa a mais indicada pela facilidade de coleta de dados no C

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA JR., E. B.; OLIVO, M. A.; ARAÚJO, E. L.; ZICKEL, C. S. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracaípe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. **Acta Botânica Brasilica**, v. 23, n. 1, p.36-48, 2009.

ALMEIDA JR., E. B.; PIMENTEL, R. M. M.; ZICKEL, C. S. Flora e formas de vida em uma área de restinga no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, no 1, p.19-34, jan/abr. 2007.

ASSUMPCÃO FILHO, L. I. Equação de volume para vegetação arbórea remanescente na área do complexo petroquímico do Rio de Janeiro, Comperj. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2008. 38p.

BAGGIO, A. J. Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 17, p.25-32, dez. 1988.

BOSCOLO, O. H.; VALLE, L. S. Plantas de uso medicinal em Quissamã, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia**, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 263-277, jul./dez. 2008.

COSTA JÚNIOR, R. F.; FERREIRA, R. L. C.; RODAL, M. J. N.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; SILVA, WEGLIANE C. Florística arbórea de um fragmento de Floresta Atlântica em Catende, Pernambuco -Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.4, p.297-302, 2007.

COSTA JÚNIOR, R. F.; FERREIRA, R. L. C.; RODAL, M. J. N.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; SILVA, WEGLIANE C. Estrutura fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa na mata sul de Pernambuco, nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 173-183, abr.-jun., 2008.

DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande – PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 2004, 19p.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na usina hidrelétrica de Camargos, MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.177-185, 2007.

FONSECA-KRUEL, V. S.; ARAUJO, D. S. D.; SÁ, C. F. C.; PEIXOTO, A. L. Quantitative ethnobotany of a restinga forest fragment in Rio de Janeiro, Brazil. **Rodriguésia**, v. 60, n.1, p. 187-202. 2009

GANDOLFO, E. S.; HANAZAKI, N. Etnobotânica e urbanização: conhecimento e utilização de plantas de restinga pela comunidade nativa do distrito do Campeche (Florianópolis, SC). **Acta Botanica Brasilica**, v.25, n.1, p.168-177, 2011.

HOLANDA, F. S. R.; GOMES, L. G. N.; ROCHA, I. P.; SANTOS, T. T.; ARAÚJO FILHO, R. N.; VIEIRA, T. R. S.; MESQUITA, J. B. Crescimento inicial de espécies florestais na recomposição da mata ciliar em taludes submetidos à técnica da bioengenharia de solos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 157-166, jan.-mar., 2010.

IMANÃ-ENCINAS, J.; SANTANA, O. A.; PAULA, J. E. de; IMANÃ, C. R. Equações de volume de madeira para o cerrado de Planaltina de Goiás. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 107-116, jan./mar. 2009.

LUSTOSA, A. A. S. SISTEMA SILVIPASTORIL – PROPOSTAS E DESAFIOS. **Revista Eletrônica Lato Sensu** – Ano 3, nº1, p.1-22, março de 2008.

MOREIRA, R. C. T.; COSTA, L. C. B.; COSTA, R. C. S.; ROCHA, E. A. Abordagem Etnobotânica acerca do Uso de Plantas Medicinais na Vila Cachoeira, Ilhéus, Bahia, Brasil. **Acta Farm. Bonaerense**, v.21, n.3, p.205-211, 2002.

PESSOA, L. M.; PINHEIRO, T. S.; ALVES, M. C. J. L.; PIMENTEL, R. M. M.; ZICKEL, C. S. Flora lenhosa em um fragmento urbano de Floresta Atlântica em Pernambuco. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 26, n. 3, 247-262, set/dez., 2009.

PINHEIRO, C. Q.; CORREA, R.S.; SILVEIRA, I. M.; JESUS, R. S.; JORGE, R. R. A. análise fitossociológica do estrato arbóreo de uma cascalheira revegetada no Distrito Federal. **Cerne**, V.15, n.2, p. 205-214, abril-junio, 2009

QUEIROZ, E. P. Levantamento florístico e georreferenciamento das espécies com potencial econômico e ecológico em restinga de Mata de São João, Bahia, Brasil. **Biotemas**, v.20, n.4, p.41-47, dezembro, 2007.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T. do; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n. 71, p. 65-76, ago. 2006.

RUFINI, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, J. M. de Equações volumétricas para o cerrado Sensu stricto, em Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 1-11, jan./mar. 2010.
SCOLFORO, J. R. S.; PÉREZ, J. F. M.; MELLO, J. M. de; OLIVEIRA, A. D. de; CAMOLESI, J. F.; BORGES, L. F. R.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p.87-102, jan./jun. 2004.

VEIGA, R.A. de A.; CARVALHO, C. M.; BRASIL, M.A.M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium*. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p.103-107, 2000.

DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA, ESPACIAL E VOLUMETRIA DE *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (CUMARU) NA FLORESTAL ESTADUAL DO AMAPÁ – FLOTA – AP

DIAMETER DISTRIBUTION, SPACIAL AND VOLUMETRIC OF *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (CUMARU) IN STATE FOREST AMAPÁ- FLOTA- AP

Raianny Nayara de Souza¹; Perseu da Silva Aparício²; Wegliane Campelo da Silva Aparício³; Eleneide Doff Sotta⁴; Marcelino Carneiro Guedes⁴; Lana Patrícia dos Santos Oliveira⁵

RESUMO

Dipteryx odorata (Aubl.) Willd, é uma espécie arbórea conhecida popularmente como cumaru, cumaru-ferro, cumaru-amazonas. Pertencente a família Fabaceae, subfamília Faboideae sendo uma árvore elegante e frondosa, geralmente encontrada no interior da mata primária de terra firme e nas matas de várzea. É frequente em toda a região Amazônica, desde o Estado do Acre até o Maranhão, podendo ser vista também em países que fazem fronteira com o Brasil, como a Venezuela e a Guianas. Levando em consideração o fato de a *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru) ter um grande potencial tanto madeireiro quanto não madeireiro, vale enfatizar a grande importância da exploração de forma racional e sustentável dessa espécie, sendo necessário conhecer o seu comportamento florestal por meio do estudo da distribuição espacial e diamétrica. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi determinar a distribuição diamétrica, espacial e volumetria de indivíduos da espécie *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru), visando subsidiar a formulação do plano de manejo para sua exploração, madeireira e não madeireira, de forma sustentável. O trabalho foi desenvolvido no entorno do módulo II da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), no assentamento Nova Canaã, situada no km 142 do município de Porto Grande, Amapá. Os limites são os municípios: Macapá, Ferreira Gomes, Mazagão, Pedra Branca do Amapari e Santana. O presente estudo foi realizado em uma área de 15 hectares, no qual foram locados três conglomerados quadrados em três diferentes áreas. Os conglomerados estão locados sistematicamente, equidistantes em média de 3 km. Dentro de cada conglomerado foram implantadas cinco parcelas de 100 x 100 m, distantes 200 m entre si. Foram medidos todos os indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru) com diâmetro a altura do peito (DAP) ≥ 10 cm e também foi estimada a altura comercial dos indivíduos. Os dados da estrutura diamétrica foram divididas em seis classes com intervalo de 20cm. A análise da volumetria foi realizada com o volume dos indivíduos (m^3/ha) dividido em classes, representados por centro de classe de diâmetro. E o padrão de distribuição espacial foi estimado por meio do índice de Morisita. No levantamento de dados foram encontrados 34 indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. A distribuição diamétrica tendeu ao “J” invertido, o que demonstra que a população dos indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru) é estável e auto-regenerativa, com balanço entre nascimento e mortalidade de indivíduos. O volume total dos indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd de 124,97 m^3 e a distribuição volumétrica mostrou que há um crescimento gradativo do volume conforme as classes de diamétrica aumentam. O padrão de distribuição espacial foi aleatório, o que pode ser preocupante para o desenvolvimento do plano de manejo florestal, mas para a exploração convencional essa característica pode representar a sustentabilidade ecológica da espécie.

Palavras-chave: caracterização estrutural; potencial volumétrico; manejo florestal,

ABSTRACT

Dipteryx odorata (Aubl.) Willd is a tree known as cumaru, cumaru-ferro, cumaru-amazonas. It is belonged to Fabaceae. The tree is usually found inside primary forest in upland and floodplain. It is common throughout Amazon region, since Acre from Maranhão. It can be also seen in countries next to Brazil, like Venezuela and Guianas. Account the fact that *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd have great

¹ Acadêmica de Engenharia Florestal, Bolsista PIBIC/CNPq, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Travessa seis, 65, CEP 68925-000, Santana (AP). raiannyayara@hotmail.com

² Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

³ Engenheira Florestal, Dr., Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellaparicio@unifap.br

⁴ Engenheiro (a) Florestal, Dr. (a), Pesquisador (a) da Embrapa/AP, Professor do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. Rodovia JK quilômetro 5, CEP: 68900-000, Macapá (AP). mcguedes@cpafap.embrapa.br; esotta@cpafap.embrapa.br

⁵ Bióloga, Msc, Gerente do Núcleo de Serviços Ambientais, Instituto Estadual de Florestas – IEF/AP. Avenida Procópio Rola, 90, CEP: 68900-000, Macapá (AP). lana_p_oliveira@hotmail.com

potential, both timber and non timber. It is importance of focus in a rational exploitation and sustainable development. Thus, the aim was to determine the diameter distribution, spatial and volume of individuals of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd to support management plan for exploration, timber and non timber. The work was developed around the module II of Amapá State Forest (FLOTA / AP), situated 142 km in Porto Grande, Amapá. This study was conducted in an area of 15 hectares, which were leased three clusters in different areas. The clusters are systematically located (3 km). Within each cluster were established five plots of 100 x 100 m. We measured all individuals of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd with diameter at breast height (DBH) ≥ 10 cm and also estimated the height. The diameter structure were divided into six classes with an interval of 20 cm. The volumetric analysis was performed with the volume of individuals (m³/ha) by diameter class center. Spatial distribution was estimated by Morisita index. The survey found 34 individuals of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. The diameter distribution tended to "J" reversed, which shows that population of individuals *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd is stable and self-healing, with the balance between birth and death of individuals. The total volume of individuals *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd of 124.97 m³ and volumetric distribution showed that there is gradual increase in volume according to diameter classes. Spatial distribution was random, which difficult to development forest management plan, but to exploit this characteristic may represent conventional ecological sustainability.

Keywords: structural characterization, potential volume, forest management,

INTRODUÇÃO

Dipteryx odorata (Aubl.) Willd é conhecida popularmente como cumaru, cumaru-ferro, cumaru-amazonas, camaru-ferro, baru, sapucaia, emburama-brava, entre outros. Pertencente a família Fabaceae e subfamília Faboideae, é uma espécie arbórea, onde segundo Silva (2006), é considerada uma árvore elegante e frondosa, geralmente encontrada no interior da mata primária de terra firme e nas matas de várzea. É frequente em toda a região Amazônica, desde o Estado do Acre até o Maranhão, podendo ser vista também em países que fazem fronteira com o Brasil, como a Venezuela e a Guianas. O cumaru pode atingir até 30 m de altura, com diâmetro de 60 cm, podendo chegar a 1m. Possui tronco reto e cilíndrico; casca lisa e avermelhada; folhas grandes, com folíolos alternados, sistema radicular forte, com muitas raízes secundárias.

É reconhecida como uma excelente alternativa para o reflorestamento e sistema agroflorestais (SANTOS, 2002). Sua madeira muito densa (0,95 a 1,00 g/cm³) é considerada como uma das melhores madeiras para dormentes, não apenas pela durabilidade, como também por não exalar odor desagradável quando exposta ao sol (LOUREIRO et al. 1979). É utilizada para construção civil e naval, marcos de portas, lambris, cruzetas, dormentes, móveis especiais, cabos e objetos torneados, postes e pilares, laminados decorativos, implementos agrícolas e carpintaria. Seus frutos e sementes têm utilidades medicinais e cosméticas (SILVA, 2006).

Levando em consideração o fato de a *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru) ter um grande potencial tanto madeireiro quanto não madeireiro, vale enfatizar a grande importância da exploração de forma racional e sustentável dessa espécie, sendo necessário conhecer a sua estrutura florestal por meio do estudo da distribuição espacial e diamétrica.

Segundo Silva et al. (2008), a distribuição espacial revela como os indivíduos se encontram organizados horizontalmente no ambiente. Essa organização é resultado da combinação de fatores bióticos e abióticos, que regem a dinâmica dos processos ecológicos da espécie dentro da floresta.

Nesse sentido, fica evidente que o conhecimento do padrão de distribuição espacial da espécie *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru) é imprescindível, pois pode subsidiar atividades silviculturais e o manejo florestal, uma vez que está relacionada diretamente com a adaptação da espécie a área, processos de dispersão e fatores ecológicos, como competição.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi determinar a distribuição diamétrica, espacial e volumetria de indivíduos da espécie *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru), no módulo II da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA – AP), próximo ao assentamento Nova Canaã, visando subsidiar a formulação do plano de manejo para sua exploração, madeireira e não madeireira, de forma sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O trabalho foi desenvolvido no módulo II da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), localizada no centro-sul do estado, entre os municípios de Mazagão, Porto Grande e Pedra Branca. O maior eixo de circulação no município de Porto Grande estende-se, no sentido transversal, do leste onde se concentram as principais atividades humanas do Assentamento. O acesso à face oeste é muito dificultado pela condição topográfica desfavorável, caracterizada por forte movimentação do relevo.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é quente-úmido, do tipo Af, podendo ocorrer chuvas em todas as estações do ano. Porém o período de julho a novembro registra os

menores índices de chuvas, sendo os meses de setembro, outubro e novembro os mais secos. Com uma temperatura média em torno de 25 °C. Sua precipitação média anual é em torno de 2.284 mm (SUDAM, 1984).

A vegetação é predominante de Floresta de Terra Firme, os solos são do tipo Latossolo vermelho-amarelo ligado a variações amplas de relevo, com destaque para classe ondulada (ZEE/AP, 2008).

Coleta de dados

O presente estudo foi realizado em uma área de 15 hectares, no qual foram locados três conglomerados quadrados em três diferentes áreas. Os conglomerados estão locados sistematicamente, equidistantes em média de 3 km. Dentro de cada conglomerado foram implantadas cinco parcelas de 100 x 100 m, distantes 200 m entre si. Foram medidos todos os indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru) com diâmetro a altura do peito (DAP) ≥ 10 cm, sendo também estimada a altura comercial. Além disso, todos os indivíduos da espécie na área foram mensurados, plaqueados e identificados.

Análise dos dados

Distribuição diamétrica

Para a análise da estrutura diamétrica os indivíduos foram divididos em classes e para o cálculo desse número de classes foi utilizado a fórmula, que considera: $n \text{ classes} = 1 + 3,33 \log N$ (N=número de dados), ajustando o intervalo conforme o número de classes e número de indivíduos por centro de classe, esta análise foi iniciada pelo DAP mínimo de inclusão de 10cm.

Volumetria

A análise da volumetria foi realizada com o volume dos indivíduos (m^3/ha) por centro de classe de diâmetro e para o cálculo do volume utilizou-se a expressão:

$$V = G * Hc * F$$

Onde: V= volume; G= área basimétrica da espécie; Hc= altura comercial da árvore; F= fator de forma = 0,7.

Distribuição espacial

Para estabelecer o padrão de distribuição espacial dos indivíduos da espécie *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd, será utilizado o Índice de Morisita, no qual valores menores que 1,0 indicam uma distribuição uniforme, valores iguais a 1,0 indicam distribuição aleatória e valores maiores que 1,0 indicam distribuição agregada. Optou-se pela utilização do Índice para análise da distribuição espacial pelo fato de o tamanho da área amostral não influenciar e categorizar melhor a dispersão dos indivíduos da espécie na área.

O cálculo do Índice de Morisita é efetuado pela fórmula a seguir:

$$Id = n * \frac{\sum x^2 - N}{N * (N - 1)}$$

Onde: Id: índice de Morisita; n: número total de parcelas amostradas; N: número total de indivíduos por espécies, contidos em n parcelas; X²: quadrado do número dos indivíduos por parcela; s: número de espécies amostradas

Para verificar a significância do Índice de Morisita, terá que ser usado o teste qui-quadrado (5%), de acordo com a fórmula a seguir:

$$X^2 = n * \frac{\sum x^2}{N} - N$$

Onde: X²: valor do qui-quadrado; N, X² e n: já definidos anteriormente;

Neste método, para a interpretação do valor de qui-quadrado será baseado no seguinte critério: a espécie apresentará um padrão de distribuição espacial aleatória quando o valor calculado for menor que o valor tabelado, isto é, o Id não difere significativamente de 1; entretanto, a espécie apresentará um padrão de distribuição agregado quando o valor calculado do qui-quadrado for maior que o valor tabelado e se a espécie apresentar um Id > 1 ou Id < 1, é considerado uniforme.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição diamétrica

Foram identificadas nas parcelas amostradas 34 indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru), com DAP variando entre 11,78 a 127,39 cm, sendo a densidade encontrada de 2,27 indivíduos/ha. Essa densidade pode ser considerada significativa e favorável ao manejo sustentável da espécie, quando comparado a Resolução nº 406, de 02 de fevereiro de 2009, que estabelece a “manutenção de pelo menos 10% do número de árvores por espécie, na área de efetiva exploração da UPA, que atendam aos critérios de seleção para corte indicados no PMFS, respeitados o limite mínimo de manutenção de três árvores por espécie por 100 ha (cem hectares), em cada UT”.

O resultado dessa densidade corrobora com o estudo feito por Schwartz et al. (2008), no Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha no município de Nova Ipixuna – Pará – Brasil, onde a *Carapa guianensis* Aubl. (andiroba) apresentou uma densidade de 2,76 indivíduos/ha, sendo também considerada indicada para o manejo visando a produção comercial de produtos florestais.

Ao analisar a distribuição diamétrica desses indivíduos, pode-se observar que a distribuição obedeceu ao “J” invertido, apresentando o maior número de indivíduos nas primeiras classes, sendo que a primeira classe (centro de classe 21,78 cm) apresentou 13 indivíduos, totalizando 38,24% da população amostrada e conseqüentemente as classes posteriores decresceram conforme a curva da distribuição diamétrica assemelhando-se ao “J” invertido (Figura 1). Entretanto, na segunda classe (centro de classe 41,78 cm) ocorreram 3 indivíduos, o que corresponde apenas a 8,82% da amostra, o que causou um decréscimo muito grande apresentando uma irregularidade na curva. Essa irregularidade apresentada na segunda classe provavelmente é resultado de um processo natural de dinâmica da floresta, tendo em vista os indivíduos contemplados nas classes posteriores com diâmetros maiores que 60 cm.

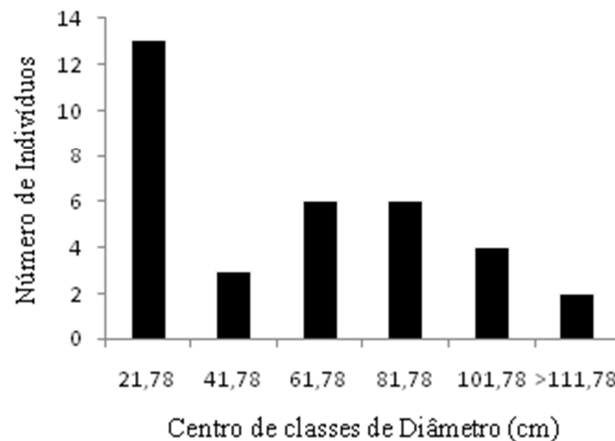


FIGURA 1: Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd no módulo II da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA – AP)

FIGURE 1: Diameter distribution of individuals *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd in module II, Amapá State Forest (FLOTA – AP)

Entretanto, segundo Silva (2010), essa variação ainda pode ser entendida pela escolha da amplitude de classe que pode influenciar na distribuição da espécie ou pelo fato da floresta está bastante equilibrada e madura, visto que provavelmente a área apresente pouco indício de antropização.

O resultado da distribuição diamétrica em “J” invertido para os indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru) demonstra que essa população é estável e auto-regenerativa, com balanço entre nascimento e mortalidade de indivíduos.

Volumetria

O volume total dos indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd na área estudada foi de 124,97 m³. A distribuição volumétrica mostrou que há um crescimento gradativo do volume conforme as classes de diamétrica aumentam (Figura 2). No entanto, na quinta classe (centro de classe 101,78 cm) houve um decréscimo, e em seguida houve um crescimento no último centro de classe. A primeira classe apresentou o menor volume, o que corresponde a 3,36 m³, e a quarta classe apresentou o maior volume, o que corresponde a 38,06 m³, totalizando 30,46% do volume total. O volume por hectare dos indivíduos estudados foi de 8,33 m³/ha, reafirmando juntamente com os dados de densidade por hectare para a espécie, que é possível realizar o manejo sustentável da mesma, desde que esta, seja explorada juntamente com outras espécies.

A volumetria está diretamente ligada à distribuição diamétrica e a altura, sendo esse um fator que pode explicar o baixo potencial volumétrico da primeira classe, pois embora essa classe tenha apresentado a maior concentração de indivíduos, ela possui menores alturas e está enquadrada na menor classe de diâmetro.

A queda que houve na quinta classe pode ser explicável por essa classe apresentar apenas quatro indivíduos e embora esteja enquadrada em um centro de diâmetro igual a 101,78 cm, ela apresenta uma altura mediana, sendo sua média igual a 12,2 m, gerando assim um decréscimo no potencial volumétrico.

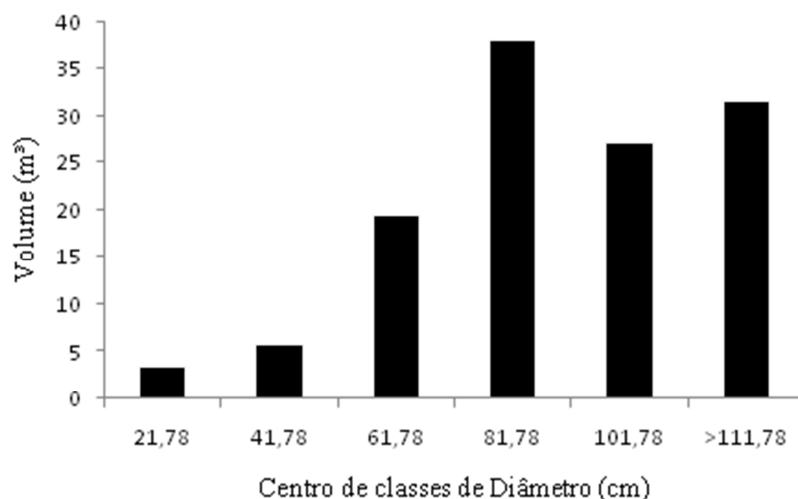


FIGURA 2: Distribuição volumétrica dos indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd no módulo II da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA – AP)

FIGURE 2: Volumetric Distribution of individuals of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd in module II, Amapá State Forest (FLOT – AP)

Distribuição espacial

A avaliação do padrão de distribuição espacial dos 43 indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru) revelou que a espécie apresentou um padrão de distribuição aleatória na área, pois o valor calculado de qui-quadrado (23,53) foi menor que o valor tabelado (47,4), à significância 0,05 e o Índice de Morisita ($I_d=1,28$) não difere significativamente de 1.

Segundo Ricklefs e Miller (2000), quando não há pressões antagônicas ou restrições de distribuição de progênies, então a distribuição espacial tende a ser aleatória. Sendo assim, essa afirmação corrobora com os resultados encontrados neste trabalho, visto que o padrão de distribuição encontrado foi aleatório e a área de estudo tem um baixo índice de antropização.

Outro fator que poder ter influenciado para o resultado da distribuição ter sido aleatória é que a propagação da *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru), embora possa ser por fruto ao invés de semente, possui o percentual de germinação normalmente baixo (SANTOS, 2002), o que dificulta a distribuição agregada.

Já em um estudo feito por Barroso et al. (2007), da Estrutura populacional e distribuição espacial *Aspidosperma Vargasii* (Apocynaceae) e *Dipteryx odorata* (Fabaceae) em uma floresta ombrófila aberta com bambu no estado do Acre, mostrou o valor do Índice de Morisita ($I_d=1,87$) revelando um padrão de distribuição agregada. Esse resultado contraditório pode ser explicado pelo fato da tipologia nos dois estudos serem diferentes, fazendo com que haja outros tipos de dispersores.

O padrão de distribuição aleatório pode ser preocupante para o desenvolvimento do plano de manejo florestal, pois a unidade de amostras se dá de maneira aleatória, ou seja, não se sabe ao certo onde os indivíduos estão localizados na área, havendo maior dificuldade de locomoção e posterior arraste dos mesmos, demandando estudos mais precisos de implementação de ramais minimizando os custos operacionais. Porém, segundo Rodrigues (2011), para a exploração convencional, essa característica pode representar a sustentabilidade ecológica da espécie.

CONCLUSÃO

A densidade encontrada de 2,27 indivíduos/ha é significativa para o manejo, visando o potencial de exploração de produtos florestais tanto madeireiros quanto não madeireiros, conforme a resolução vigente para planos de manejo florestal sustentável, onde deve haver no mínimo 3 indivíduos da espécie em uma área de 100 ha.

A análise de distribuição diamétrica dos indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumaru),

no módulo II da Florestal Estadual do Amapá (FLOTA – AP), apresentou distribuição diamétrica tendendo ao “J” invertido, representando uma população que está se perpetuando e com balanço equilibrado entre mortalidade e recrutamento.

O volume por hectares dos indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd foi de 8,33 m³/ha, denotando que a espécie apresenta boas condições de manejo se for explorada sustentavelmente com outras espécies.

Os indivíduos de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd apresentaram o comportamento de distribuição espacial aleatório, no contexto da exploração florestal essa característica pode ser mais preocupante, pois mal planejado pode elevar o custo, porém para a exploração convencional essa característica pode favorecer a sua perpetuação e ampliar a sustentabilidade ecológica da espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROSO, J. G. et al. **Estrutura populacional e distribuição espacial de *Aspidosperma vargasii* (Apocynaceae) e *Dipteryx odorata* (Fabaceae) em uma floresta ombrofila aberta com bambu no estado do Acre.** Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007. Caxambu – MG.
- LOUREIRO, A.; SILVA, M. F. da; ALENCAR, J. C. **Essências Madeireiras da Amazônia.** Manaus: Instituto de Pesquisas da Amazônia. 1979, v. 1, p.138-141.
- RICKLEFS, R. E; MILLER, G.L. 2000. **Ecology.** 4th. Edition. W.H. Freeman and company. New York.
- RODRIGUES, E. G. **Distribuição diamétrica, espacial e volumetria de *Couratari guianensis* Aubl. (tauari) na Floresta Estadual do Amapá – FLOTA.** 2011. 51 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado do Amapá, Macapá.
- SANTOS, S. H. M. dos. **Cumarú *Dipteryx odorata* Wild. Família Leguminosae.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 4p. (Recomendações Técnicas).
- SHWARTZ, G. et al. **Estrutura populacional de espécies de interesse florestal não-madeireiro no sudeste do Pará, Brasil.** Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v. 4, n. 7. 2008.
- SILVA, E. B. **Potencial madeireiro e distribuição espacial da espécie *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier (maçaranduba) na Floresta Estadual do Amapá.** 2010. 50 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado do Amapá, Macapá.
- SILVA, M. A. et al. **Análise da distribuição espacial da Candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) sujeita ao sistema de manejo poarta-sementes.** Universidade Federal de Lavras, 2008.
- SILVESTRE, S. **Árvores da Amazônia.** São Paulo: Empresa das Artes, 2006. 248p.
- SUDAM - Projeto de hidrologia e climatologia da Amazônia. Atlas climatológico da Amazônia brasileira. Belém: SUDAM, 1984. 125p
- ZEE. Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: Primeira aproximação do ZEE/Equipe Técnica do ZEE-AP. Macapá, 2008.

DINÂMICA DA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DO BANCO DE PLÂNTULAS EM REMANESCENTE DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL¹

DYNAMICS OF STRUCTURE AND FLORISTIC BANK OF SEEDLINGS IN REMAINING DECIDUOUS FOREST

Raquel Helena Felberg Jacobsen²; Marta Volpato Scoti³; Ana Shaura Oliveira Pinheiro²; Maristela Machado Araujo⁴; Thaíse da Silva Tonetto⁵; Fernando Cunha da Silva⁵; Solon Jonas Longhi⁴

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar as mudanças na composição florística e estrutura do banco de plântulas em remanescente de Floresta Estacional Decidua, Santa Maria, RS. O banco de plântulas foi inventariado utilizando 70 subparcelas de 2 x 2 m, sorteadas aleatoriamente dentro de 14 parcelas permanentes de 20 x 100 m que se encontram distribuídas em 4 faixas de forma sistemática na floresta. Foram identificados e medidos todos os indivíduos com altura $h \geq 30$ cm e CAP $< 3,14$ cm, sendo realizadas três avaliações, a primeira em 2008, segunda em 2009 e a última em 2010. A análise da estrutura do banco de plântulas foi feita a partir dos parâmetros fitossociológicos determinados através do programa Fitopac 2, além disso, calculou-se os índices de diversidade de Shannon e de Equitabilidade para cada ano de avaliação. Durante o período de estudo verificou-se aumento na diversidade de espécies e uma pequena redução no número de indivíduos. O grupo ecológico que predominou foi o das secundárias iniciais e tardias, com abundância das espécies *Gymnanthes concolor*, *Eugenia rostrifolia* e *Sorocea bonplandii*. O banco de plântulas se mostra um mecanismo eficiente na regeneração natural do remanescente, pois está representado por todos os grupos ecológicos.

Palavras-chave: Sucessão ecológica; grupos ecológicos; fitossociologia.

ABSTRACT

This study aimed to analyze changes in floristic composition and structure of the seedling bank in forest remnant deciduous, Santa Maria, RS. The seedling bank was inventoried using 70 subplots of 2 x 2 m, randomly selected within 14 permanent plots of 20 x 100 m which are distributed in 4 bands in a systematic way in the forest. Were identified and measured all individuals ≥ 30 cm height h and CAP < 3.14 cm, and made three assessments, the first in 2008, second in 2009 and the last in 2010. Analysis of the structure of the seedling bank was made from the phytosociological parameters determined by the program FITOPAC 2 also calculated the indices of diversity and Shannon Equitability for each assessment year. During the study period there was an increase in diversity of species and a small reduction in the number of individuals. The environmental group pattern was that of early secondary and late, with species abundance *Gymnanthes concolor*, and *Eugenia rostrifolia* *Sorocea bonplandii*. The seedling bank is shown an efficient mechanism in the natural regeneration of the remnant, as it is represented by all environmental groups.

Keywords: Ecological succession; ecological groups; phytosociological

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que apresenta maior potencial de biodiversidade, devido as suas extensas áreas de florestas tropicais, que são ecossistemas de grande variedade biológica. Porém, apesar da importância desses ecossistemas, esses ainda sofrem muito com os processos de exploração resultando na fragmentação de grandes áreas de floresta.

Segundo Townsend et al. (2006) a fragmentação pode provocar mudanças no microclima da floresta, aumento do efeito de borda, competição entre espécies, intensidade de predação, entre outros, passando esses habitats, por modificações profundas no seu funcionamento e estrutura que afetam

¹Projeto inicialmente financiado pelo CNPq.

²Engenheiras Florestais, Graduandas, Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Campus Rolim de Moura, RO, raquelfelberg@hotmail.com, shaura_lip@hotmail.com.

³Engenheira Florestal, Doutoranda pelo PPGEF/UFMSM, Professora da Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Engenharia Florestal, UNIR, Rolim de Moura, RO, martascoti@yahoo.com.br.

⁴Engenheiros Florestais, Doutores, Professores da Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Ciências Florestais, Av. Roraima nº 1000, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria/RS, araujo.maristela@gmail.com; longhi.solon@gmail.com.

⁵Engenheiros Florestais, Graduandos, Bolsistas do Lab. de Silvicultura, Universidade Federal de Santa Maria - DCFL/UFMSM, Av. Roraima nº 1000, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria/RS, thaisetnetto@hotmail.com, fernando_berasm@yahoo.com.

diretamente a riqueza de espécies.

Assim, estudos voltados para a conservação e recuperação das florestas são fundamentais para dar continuidade e manutenção desses ecossistemas. Para Fuhro et al. (2005), os levantamentos florísticos e os inventários florestais, auxiliam no conhecimento da biodiversidade regional, avaliação correta do valor de um ecossistema, sua conservação e gerenciamento.

Além disso, estudos relacionados à estrutura fitossociológica e dinâmica da vegetação adulta e regeneração natural são ferramentas importantes para compreensão dos processos ecológicos em florestas, servindo de base para realização de planos de manejo e tratamentos silviculturais.

Desta forma, o estudo da dinâmica da vegetação permite a curto, médio e longo prazo, verificar as mudanças na estrutura e composição florística ao longo do tempo, bem como determinar o processo sucessional, no qual uma determinada área encontra-se após um distúrbio natural e antrópico.

O banco de plântulas é uma estratégia de regeneração natural que a floresta tem para recompor ou manter a sua diversidade de espécies, para isso, esse mecanismo de regeneração natural é formado por espécies pioneiras, secundárias iniciais, tardias e clímax (VENTUROLI et al., 2007; CHAMI et al., 2011; RAYOL et al., 2006; FUSHITA et al., 2007), permitindo assim, a floresta manter a sua multiplicidade de espécies ou se refazer em qualquer situação de distúrbio.

Segundo Martins (2010), a quantificação da regeneração natural, quando associada à classificação sucessional das espécies, compõe um indicador extremamente útil das condições de recuperação e de sustentabilidade da floresta. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar as mudanças na composição florística, estrutura e grupo ecológico das espécies no banco de plântulas de um remanescente de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS, durante três anos de avaliação.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no Campo de Instrução de Santa Maria (CISM) no município de Santa Maria, RS, nas coordenadas 53°52'O e 29° 46'S, apresenta aproximadamente 560 ha. A região fitogeográfica pertence à Floresta Estacional Decidual, considerada uma vegetação quase que exclusiva das bacias dos rios Ibicuí, Jacuí, Santa Maria e Uruguai (VELOSO et al., 1991).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, com temperatura média de 17,9 a 19,2 °C e precipitação média anual entre 1400 e 1760 mm (LEMOS et al., 1973).

As principais classes de solo da região pertencem à Unidade de Mapeamento Santa Maria, denominado Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico e Argissolo Amarelo Alítico típico, originados de siltitos e arenito, que ocorrem em duas situações de paisagem: uma dominando o relevo suavemente ondulado e, outra, ocupando áreas de coxilhas em cotas intermediárias entre Argissolos Vermelhos (Unidade São Pedro) em cotas mais altas (STRECK et al., 2008).

A amostragem foi realizada a partir de 70 unidades amostrais de 2 x 2 m sorteadas dentro de 14 parcelas permanentes de 20 x 10 m que encontram-se distribuídas de forma sistemática na área (ALMEIDA, 2010). Para acompanhar as mudanças na vegetação realizou três inventários, o primeiro entre Dezembro de 2008 e Janeiro de 2009, o segundo de Janeiro de 2010 a Fevereiro de 2010 e o terceiro Dezembro de 2010 a Janeiro de 2011.

O banco de plântulas foi representado pelos indivíduos com altura (h) \geq 30 cm e Diâmetro à Altura do Peito (DAP) <1 cm., o quais foram georreferenciados e tiveram suas alturas medidas em cada ano de avaliação.

A análise estrutural foi realizada a partir dos parâmetros fitossociológicos, Densidade Absoluta (DA) e Frequência Absoluta (FA) (FELFILI e VENTUROLI, 2000).

Utilizou-se o programa Fitopac 2 (SHEPHERD, 1995. UNICAMP) para o cálculo da Densidade e Frequência em cada ano de estudo.

Para avaliação de diversidade foi utilizado o índice de Shannon (FELFILI e VENTUROLI, 2000; TOWNSEND et al., 2006) que caracteriza uma comunidade de espécies levando em consideração a riqueza específica e a abundância relativa das espécies amostradas e, o Índice de Equabilidade que analisa a distribuição de indivíduos entre as espécies (BEGON et al., 2008).

De acordo com Begon et al. (2008) um aspecto importante da estrutura de comunidades é completamente ignorado quando a composição da comunidade é descrita simplesmente em termos de número de espécies, não informando que algumas destas são raras e outras comuns. Sendo assim, a análise da composição florística a partir dos dois índices permite avaliar esse comportamento das espécies.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra a variação na estrutura da composição florística, bem como a diversidade florística durante as três avaliações.

Durante os três períodos de avaliação observou-se aumento esporádico no número de espécies na área. Em 2008 foram amostradas 47 espécies distribuídas em 27 famílias sendo que destas, três espécies não foram identificadas. Em 2009, foram observadas 49 espécies, 40 gêneros e 29 famílias e, no ano de 2010, 50 espécies, 41 gêneros e 30 famílias (Tabela 1).

TABELA 1: Variações na composição florística e índices de diversidade observados no banco de plântulas em remanescente de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS.

TABLE 1: Variations in floristic composition and diversity indices observed in the seedling bank in forest remnant deciduous, Santa Maria, RS.

Ano	Nº de indivíduos	Nº de Famílias	Nº de Espécies	Índice de Shannon(H')	Equabilidade(J')
2008	561	27	47	2,311	0,604
2009	569	29	49	2.388	0.617
2010	566	30	50	2.439	0.627

O Índice de diversidade de Shannon variou de 2,311 a 2,439 e o Índice de Equabilidade 0,604 a 0,627 (Tabela 1). O valor do Índice de Shannon para a área de estudo foi superior ao encontrado no inventário florestal contínuo do estado do Rio Grande do Sul, 1,627 para regeneração natural nessa mesma tipologia florestal (RIO GRANDE DO SUL, 2011).

Araujo (2002) observou valores maiores de diversidade e equabilidade em banco de plântulas de três sub-formações em Floresta Estacional Decidual ripária, variando de 2,57 a 2,95 e 0,79 a 0,83 respectivamente.

Para Machado (2005) a ocorrência de valores muito baixos para esses índices, indica o predomínio em número ou massa de poucas espécies o que pode acabar resultando em um fenômeno conhecido como dominância ecológica. Por outro lado, considerando que a análise se refere a regeneração natural, esses valores estão de acordo com outros descritos na região Sul do Brasil.

As famílias que apresentaram maior número de espécies foram Myrtaceae com 7 espécies, Sapindaceae com 4, Rutaceae e Meliaceae com 3 espécies cada (Tabela 2).

A família Myrtaceae também se destacou em número de espécies em outros estudos feitos na Floresta Estacional Decidual (FARIAS et al., 1994; VACCARO et al., 1999; LONGHI, et al., 2000; ARAUJO et al., 2004; LONGHI et al., 2008) e na Floresta Ombrófila Mista (KEGLER, 2004; CALLEGARO et al., 2008; CHAMI, 2008), demonstrando a adaptabilidade e importância desta família na composição florística dos remanescentes no estado do Rio Grande do Sul.

As espécies com maior valor de densidade absoluta foram *Gymnanthes concolor* (2008 = 10.000; 2009 = 9.607; 2010 = 9.286 ind.ha⁻¹), *Eugenia rostrifolia* (2008 = 1.071; 2009 = 1.250; 2010 = 1.250 ind.ha⁻¹) e *Sorocea bonplandii* (2008 = 1.035; 2009 = 1.107; 2010 = 1.143 ind.ha⁻¹) (Tabela 2).

Farias et al., (1994), observaram na mesma área de estudo, predominância das espécies *Gymnanthes concolor*, *Cupania vernalis* e *Syagrus romanzoffiana*, no estrato inferior e intermediário da floresta. Desta forma, observa-se que no decorrer de 16 anos a área apresentou substituição de espécies de grupo ecológico inicial para espécies tardias, como no caso de *Eugenia rostrifolia* e *Sorocea bonplandii*, indicando o avanço da sucessão ecológica na área de estudo.

Gymnanthes concolor apresentou durante o período de estudo redução na ordem de 7,14% para os valores de densidade, esse diminuição pode estar associada principalmente pela competição entre os indivíduos na floresta. Já, as espécies *Eugenia rostrifolia* e *Sorocea bonplandii* apresentaram comportamento inverso, com aumento de 16,68 e 10,36%, respectivamente.

Gymnanthes concolor é uma arvoreta característica da Floresta Estacional Decidual, no Rio Grande do Sul, frequente no sub-bosque (LONGHI, et al. 2000; ARAUJO et al., 2004; LONGHI et al., 2008; FARIAS et al., 1994), sendo uma espécie adaptada a ambientes sombreados (REITZ et al., 1983). Na área de estudo a espécie apresentou ampla dispersão ocorrendo em mais de 70% das parcelas amostradas durante os três anos de estudo (Tabela 2), mostrando a boa adaptabilidade da espécie às variações do ambiente.

Já as espécies *Eugenia rostrifolia*, *Sorocea bonplandii* e *Parapiptadenia rigida* apresentaram padrão de distribuição agrupado ocorrendo em cerca de 30% das parcelas avaliadas em todas as observações.

Sorocea bonplandii compreende uma planta perenifólia, esciófila ou de luz difusa, seletiva higrófila, primária, característica e exclusiva dos sub-bosques das matas primárias do solo do país, exclusiva da mata pluvial da encosta Atlântica. Planta indiferente quanto às condições do solo, pode ser encontrada também no interior de capoeirões em estágio sucessional adiantado, bem como nos sub-bosques das matas de altitude (LORENZI, 2002).

TABELA 2: Diversidade Florística e parâmetros fitossociológicos do banco de plântulas observada durante três períodos em Remanescente de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS.

TABLE 2: Floristic and phytosociological parameters Diversity Database seedlings observed during three periods in remnants of deciduous seasonal forest, Santa Maria, RS.

Família	Espécies	2008		2009		2010		GE
		DA	FA	DA	FA	DA	FA	
Acanthaceae	<i>Ruelia</i> sp,	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	-
Annonaceae	<i>Rollinia salicifolia</i> Schldtl,	142,9	1,43	178,6	1,43	214,3	1,43	P
Asteraceae	<i>Dasyphyllum spinescens</i> (Less.)	250,0	5,71	250	5,71	250	5,71	CL
Boraginaceae	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.E, Mill,	35,7	1,43	71,4	2,86	142,9	5,71	SI
Desconhecida 3	Desconhecida 3	0	0	35,7	1,43	35,7	1,43	-
Desconhecida 1	Desconhecida 1	35,7	1,43	0	0	0	0	-
Desconhecida 2	Desconhecida 2	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	-
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes concolor</i> (Sprengel) Müll,Arg,	10.000	78,57	9.607	77,14	9.286	75,71	ST
	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L, B, Sm, & Downs	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	SI
Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	750,0	15,71	1036	18,57	1179	21,43	SI
	<i>Myrocarpus frondosus</i> Fr, All,	714,3	5,71	642,9	5,71	535,7	4,29	P
Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	642,9	12,86	571,4	11,43	464,3	10	ST
	<i>Ocotea</i> sp,	35,7	1,43	107,1	2,86	107,1	2,86	-
Melastomataceae	<i>Miconia cabucu</i> Hoehne	107,1	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	ST
	<i>Miconia hiemalis</i> A.St,-Hil, & Naudin ex Naudin	71,4	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	ST
Meliaceae	<i>Trichilia elegans</i> A,Jussieu subsp, Elegans	392,9	11,43	535,7	15,71	642,9	18,57	ST
	<i>Trichilia claussenii</i> C, DC,	214,3	5,71	285,7	8,57	285,7	8,57	ST
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell,	35,7	1,43	0	0	142,9	5,71	SI
Mimosaceae	<i>Acacia bonariensis</i> Gill, Ex Hook, et Arn	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	SI
Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Bail.) Burger, Lanj & Boer	1035,7	24,29	1107	27,14	1143	28,57	ST
Myrsinaceae	<i>Myrsine</i> sp,	107,1	2,86	107,1	2,86	71,4	2,86	-
	<i>Myrsine coriacea</i> (Swatz) R, B, Ex Roemer & Schultz	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	SI
Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i> DC,	178,6	7,14	178,6	7,14	142,9	5,71	ST
	<i>Myrcianthes pungens</i> (Berg) Legr,	321,4	10,00	285,7	10	250	10	ST
	<i>Campomanesia xantocarpa</i> O,Berg	214,3	7,14	285,7	8,57	321,4	10	ST
	<i>Eugenia rostrifolia</i> Legr,	1071,4	22,86	1250	22,86	1250	22,86	SI
	<i>Plinia rivularis</i> (Camb.)Rotman	321,4	10,00	321,4	10	321,4	10	SI
	<i>Eugenia uniflora</i> Linnaeus	178,6	4,29	214,3	5,71	214,3	5,71	SI
	<i>Eugenia uruguayensis</i> Cambess,	71,4	2,86	71,4	2,86	71,4	2,86	ST
Palmae (Arec.)	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	750,0	18,57	714,3	20	750	18,57	SI
Piperaceae	<i>Piper aduncum</i> L,	71,4	2,86	35,7	1,43	35,7	1,43	ST
Polygonaceae	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn,	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	SI
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urban	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	SI
Rubiaceae	<i>Chomelia obtusa</i> Cham, Et Schldtl,	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	SI
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	71,4	2,86	71,4	2,86	35,7	1,43	P
	<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem,	285,7	7,14	250	7,14	250	7,14	ST
	<i>Helietta apiculata</i> Benth,	71,4	2,86	71,4	2,86	71,4	2,86	SI
Salicaceae	<i>Banara tomentosa</i> Clos	35,7	1,43	35,7	1,43	0	0	SI
	<i>Casearia silvestris</i> Sw,	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	SI
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk,	71,4	2,86	35,7	1,43	35,7	1,43	ST
	<i>Allophylus edulis</i> (St, Hil,) Radlk,	107,1	2,86	107,1	4,29	142,9	5,71	SI
	<i>Cupania vernalis</i> Camb,	642,9	12,86	642,9	12,86	535,7	11,43	ST
	<i>Allophylus guaraniticus</i> Camb,	214,3	4,29	250	4,29	250	4,29	ST
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart,& Eich,) Engl,	107,1	2,86	107,1	2,86	107,1	2,86	ST
	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook, et Am,) Radlk,	178,6	5,71	142,9	5,71	71,4	2,86	ST
Solanaceae	<i>Solanum mauritianum</i> Scop,	0	0	71,4	2,86	178,6	5,71	P
	<i>Brunfelsia uniflora</i>	0	0	35,7	1,43	35,7	1,43	P
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb,	0	0	35,7	1,43	35,7	1,43	CL
Tiliaceae	<i>Luehea divaricata</i> Martius,	35,7	1,43	35,7	1,43	35,7	1,43	SI
Urticaceae	<i>Urera baciflora</i>	0	0	0	0	35,7	1,43	P
Violaceae	<i>Hybanthus bigibbosus</i> (St, Hil,) Hassl,	142,9	4,29	142,9	4,29	142,9	4,29	-

Onde: DA = Densidade Absoluta; FA = Frequência Absoluta; GE = Grupos Ecológicos; P= Pioneira; SI= Secundária Inicial;S= Secundária; ST= Secundária Tardia; CL= Clímax.

Parapiptadenia rigida consiste numa espécie decídua, heliófila, pioneira, indiferente às condições físicas do solo, característica e exclusiva da mata latifoliada das bacias do Paraná, Uruguai e afluentes até altitudes de 800 m, penetrando, portanto nas matas de pinhais. Nos três estados sulinos nas bacias do Alto Uruguai e Iguazu é a espécie de mais ampla e expressiva dispersão. É mais frequente nas

matas abertas e menos densas e, principalmente, nas associações secundárias mais evoluídas (LORENZI, 2002).

A Figura 1 mostra a distribuição das espécies por grupos ecológicos, observa-se que as espécies secundárias tardias e iniciais mantiveram a mesma porcentagem, isso pode ser considerado um bom indicativo para a regeneração natural, pois as espécies secundárias serão responsáveis pela manutenção da diversidade florística no sub-bosque e estrato médio da floresta, enquanto que as secundárias iniciais e pioneiras serão importantes na recomposição da diversidade florística em caso de algum distúrbio na floresta.

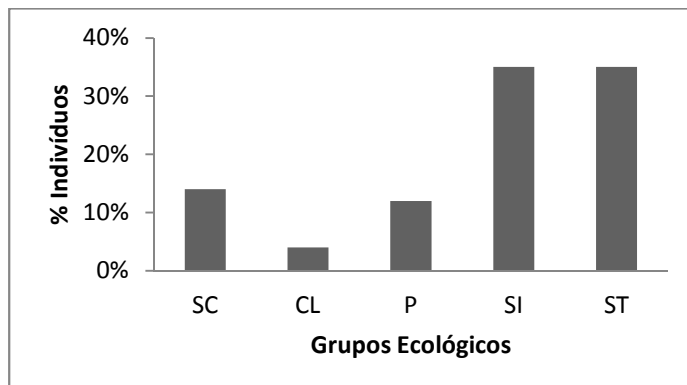


FIGURA 1: Composição dos grupos ecológicos no banco de plântulas de um Remanescente de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS. Onde: CL = clímax; P = pioneira; SC = sem classificação; SI = secundária inicial; ST = secundária tardia.

FIGURE 1. Composition of green seedlings on the bank of a Remnant of Deciduous Forest, Santa Maria, RS.

CONCLUSÕES

Durante o período avaliado o banco de plântulas apresentou aumento da riqueza florística, indicando o avanço do processo de sucessão na área de estudo.

As espécies *Gymnanthes concolor*, *Eugenia rostrifolia* e *Sorocea bonplandii* por sua elevada densidade provável, estão adaptadas, garantindo a auto-perpetuação no remanescente.

O banco de plântula está representado por espécies de todos os grupos ecológicos, desta forma mostrando-se um mecanismo de regeneração natural eficiente tanto na manutenção de espécies, assim como, diante da necessidade de responder a algum distúrbio na floresta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. M.; **Relação solo-fitosociologia em um remanescente de Floresta Estacional Decidual**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Santa Maria, 2010.

ARAUJO, M. M. et al. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decidual ripária Cachoeira do Sul, RS. **Scientia Forestalis**, nº 66, p. 128-141, dez, 2004.

ARAUJO, M. M. **Vegetação e Mecanismos de Regeneração em Fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Cachoeira Do Sul, RS, Brasil**. 2002. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BEGON, M. et al. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Tradução Adriano Sanches Melo et al.- 4 ed. Porto Alegre. Artmed, 2007. 752p.

CALLEGARO, R. M. et al. Composição florística e estrutura de um remanescente da Floresta Ombrófila Mista em São Francisco de Paula -RS. 4º Simpósio Latino-Americano de Manejo Florestal, Santa Maria -RS. p. 210-217, **Anais...** 2008.

CHAMI, L. B. et al. Mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes de remanescente de Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.2, p.251-259, fev, 2011.

CHAMI, L. B. **Vegetação e mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes da floresta ombrófila mista na Flona de São Francisco de Paula, RS**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

FARIAS, J. A. C. et al. Estrutura Fitossociológica de uma Floresta Estacional Decidual na Região de Santa Maria, RS. **Revista Ciência Florestal, Santa Maria**, v.4, n.1, p. 109-128, 1994.

FELFILI, J. M.; VENTUROLI, F. **Tópicos em análise da vegetação**. Brasília: Universidade de Brasília, 2000, 34 p.

FUHRO, D. et al. **Levantamento florístico das espécies herbáceas, arbustivas e lianas da floresta de encosta da ponta do cego, reserva biológica do Lami (RBL)**, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Botânica Pesquisas, São Leopoldo: Instituto Anchieta de pesquisas, v. , n. 56, p. 239-256, 2005.

FUSHITA, A. T. et al. Dinâmica da vegetação natural e das áreas de preservação permanente em função das ações desenvolvimentistas na paisagem. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3937-3944. **Anais...** 2007.

KEGLER, A. J. Aspectos florísticos e fitossociológicos de formações florestais em estágio sucessional secundário na Floresta Ombrófila Mista, município de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, RS. 3º Simpósio Latino-Americano de Manejo Florestal, Santa Maria, RS.p. 389-395, **Anais...** 2004.

LEMOS, R. C. et al. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife. Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuárias, Divisão de Pesquisas Pedagógicas, 1973. 431 p.

LONGHI, S. J. et al. Aspectos fitossociológicos de fragmento de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74, 2000.

LONGHI, S. T. ET AL. Caracterização fitossociológica do estrato arbóreo em um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, em Montenegro, RS. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria. v. 38, n.6, p.1630-1638, set, 2008.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. v. 1, Editora Plantarum, 2002.

MACHADO, E. L. M. ET AL. Análise da diversidade entre Sistemas Agroflorestais em assentamentos rurais no sul da Bahia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal Periodicidade Semestral** – 5º Ed. Janeiro de 2005.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: Ações em Áreas de Preservação Permanentes, Voçorocas, Tabulares Rodoviários e de Mineração**. 2 Ed. Viçosa – MG, Editora Aprenda Fácil, 2010.

RAYOL, B. P. et al. Dinâmica da Regeneração Natural de Florestas Secundárias no Município de Capitão Poço, PA, Brasil. **Revista Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 2, n. 3, jul/dez, 2006.

REITZ, P. et al. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. *Sellowia*. Itajaí: n. 34-35. 1983. 525p.

RIO GRANDE DO SUL – Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. 2001. Citation on computers documents. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ifcrs/frame.htm> > Acesso em: 24 de setembro de 2011.

SHEPHERD, G. J. **Manual de usuário FITOPAC 1**. Campinas, SP, 2010.

STRECK, E. D. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RSASCAR, 2008. 222 p.

TOWNSEND, C. R. et al. **Fundamentos em Ecologia**. 2. Ed. – Porto Alegre: Artmed, 2006.

VACCARO, S. et al. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três *Subseres* de uma Floresta Estacional Decidual, no Município de Santa Tereza - RS. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.1-18, 1999.

VELOSO, H. P. et al. **Classificação da Vegetação Brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, RJ: IBJE, CDDI, p. 124, 1991.

VENTUROLI, F. et al. Dinâmica de Regeneração Natural em Capoeira de Floresta Estacional Semidecidual sob Manejo Florestal de Baixo Impacto. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 435-437, jul. 2007.

AVALIAÇÃO DA CONJUNTURA DO MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NO ESTADO DO ACRE UTILIZANDO COMO FERRAMENTA A ANÁLISE SWOT

ASSESSMENT OF THE SITUATION OF SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN THE STATE OF ACRE USING A SWOT ANALYSIS AS A TOOL

Renato Cesar Gonçalves Robert¹; Karine Ramos da Rosa Bellon²; Adriana da Silva Santos³

RESUMO

O Estado do Acre vem sendo apontado como exemplo nas ações relacionadas ao manejo florestal sustentável (MFS). O termo SWOT significa: S de *Strengths* (Forças), W de *Weaknesses* (Fraquezas), O de *Opportunities* (Oportunidades) e T de *Threats* (Ameaças). Esta análise apresenta as situações de uma corporação, e, também caracteriza os fatores externos (oportunidades e ameaças) e os fatores internos (forças e fraquezas). O objetivo do estudo é avaliar a aplicação da análise SWOT na determinação de informações e dados referentes à conjuntura do MFS no Estado do Acre. Foram realizadas entrevistas do tipo *survey*, semi-estruturadas, seguindo os passos necessários para a aplicação da análise SWOT, nos meses de julho de 2009 e julho de 2010, com diferentes representantes da atividade, tais: empresas de laminação e madeireiras, órgãos governamentais estaduais e não-governamentais e instituições de pesquisa e ensino. A cada entrevistado foi apresentada a análise SWOT, e os mesmos foram instruídos a atribuir a cada ponto o grau de importância em que estes assumiriam, para o de maior importância grau 1, grau 2 para de segunda e assim subsequentemente. Dos resultados da análise, destacam-se: a) Forças - *A existência de floresta no Estado com capacidade de exploração privada e pública (estoque de floresta com madeira possível de ser manejada)*; b) Fraquezas - *Falta de consolidação da base fundiária das propriedades do Estado*; c) Oportunidades - *A Existência de campo de trabalho para realização de pesquisas científicas de aprimoramento do manejo florestal e da identificação de espécies florestais alternativas*; d) Ameaças - *Falta de estruturação de recursos humanos; Insegurança em futuras trocas de governo, e, Mudanças no código florestal*. A análise SWOT permitiu a verificação da dinâmica de evolução dos conceitos que caracterizam o estado da arte do manejo florestal do estado do Acre em um horizonte de um ano, proporcionando um melhor entendimento da atual conjuntura do cenário florestal estadual. Além disso, este estudo poderá balizar análises futuras relacionadas ao setor florestal acreano, de forma a observar possíveis variações nos próximos anos decorrentes da dinâmica inerente à atividade.

Palavras-chave: desempenho estratégico; amazônia; sustentabilidade.

ABSTRACT

The state of Acre has been pointed as an example in the actions related to sustainable forest management (SFM). The term SWOT means: S of Strengths, W of Weaknesses, O of Opportunities and T of Threats. This analysis shows the situations of a corporation, and also features external factors (opportunities and threats) and internal factors (strengths and weaknesses). The purpose of this study is to evaluate the application of SWOT analysis in the determination of information and data relating to SFM's situation in the state of Acre. Interviews were conducted survey-type, semi-structured, following the steps necessary for the application of SWOT analysis in July 2009 and July 2010 with representatives of different institutions such: lamination and timber companies, government agencies, state and non-governmental and research institutions and teaching. Each respondent was presented with the SWOT analysis, and they were instructed to assign to each point the degree of importance in which they assume, for the most important grade 1, grade 2 for second and 2 for second and so on. The results of the analysis are: a) Forces - *The existence of forest in the state capable of holding private and public (forest stock with wood can be handled)*; b) Weaknesses - *Lack consolidation base landholding properties State*; c) Opportunities - *The existence of field work to conduct scientific research to improve forest management and the identification of forest species alternatives*; d) Threats - *Lack of structuring human resource, insecurity in future exchanges of government, and changes in forest code*. SWOT analysis allowed the verification of the dynamic evolution of the concepts that characterize the state of the art of forest

¹Engenheiro Florestal, MSc., Professor do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba(PR), renatorobert@ufpr.br.

²Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba(PR). Bolsista do REUNI. kabellon@gmail.com.

³Engenheira Florestal, Mestre em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina. Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, Florianópolis(SC), anadris@gmail.com

management in the state of Acre in a horizon of one year, providing a better understanding of the current situation of forest scenery state. Furthermore, this study could mark out further analysis related to the forestry sector of Acre, in order to observe possible changes in the coming years due to the inherent dynamic activity.

Keywords: strategic performance; amazon; sustainability.

INTRODUÇÃO

O Estado do Acre vem sendo apontado como exemplo nas ações relacionadas ao manejo florestal sustentável (MFS) e ao desenvolvimento sustentável no Brasil, assumindo assim um expressivo volume de investimentos e estudos sobre estes temas nos últimos anos.

A aplicação de técnicas de desempenho estratégico sobre o setor florestal do Estado do Acre apresenta-se como uma fonte de informação importante e abrangente que desenha de forma simples o negócio florestal no Estado. O uso da análise SWOT será testado neste trabalho com o objetivo de apresentar, através de uma visão holística, a posição do Acre no cenário de mercado de produtos florestais, baseando-se no ponto de vista de atores importantes dentro da estrutura social, ambiental e econômica do Estado.

O objetivo deste trabalho é avaliar a aplicação da análise SWOT na determinação de informações e dados referentes à conjuntura do estado da arte do manejo florestal sustentável (MFS) no Estado do Acre.

O planejamento estratégico e a análise SWOT podem ter suas mútuas origens em trabalhos acadêmicos sobre política de negócios na *HarvardBusinessSchool* e outras escolas de negócios norte americanas a partir do ano de 1960 (MINTZBERG *et al.*, 2000; HILL; WESTBROOK, 1997). Mas, Tarapanoff (1995) essa idéia da análise SWOT já era utilizada há mais de três mil anos quando cita em uma epígrafe um conselho de Sun Tzu: “Concentre-se nos pontos fortes, reconheça as fraquezas, agarre as oportunidades e proteja-se contra as ameaças”.

O termo SWOT significa: S de *Strenghts* (Forças), W de *Weaknesses* (Fraquezas), O de *Opportunities* (Oportunidades) e T de *Treaths* (Ameaças). Esta ferramenta de planejamento também é conhecida como matriz FOFA. A idéia da técnica de avaliação do desempenho estratégico utilizando a análise SWOT, além de apresentar as situações de uma corporação e neste caso de um Estado, também caracteriza os fatores externos (oportunidades e ameaças) e os fatores internos (forças e fraquezas). O trabalho de Andrews (1971) foi especialmente influente para a popularização da idéia de que a boa estratégia significa a segurança no ajuste entre a situação externa que uma organização enfrenta e suas próprias qualidades internas ou características.

Para Maximiano, a sigla SWOT significa “(...) o símbolo do procedimento básico para o planejamento estratégico”. Segundo Pickton e Wright (1998), “a análise SWOT envolve a coleta e a interpretação de informações sobre fatores internos e externos, que tenham, ou possam vir a ter, um impacto sobre os negócios”.

De modo geral a análise SWOT é comumente aplicada nas grandes e médias corporações com o objetivo de apresentar os principais fatores de influência no negócio da empresa, sejam os fatores externos ou internos e/ou negativos ou positivos.

O modelo da análise SWOT normalmente é realizado usando um diagrama conforme abaixo, o que facilita a visualização sistêmica (visão do todo, e da interação entre as partes), e a relação entre cada um dos fatores (Tabela 1).

TABELA 1: Diagrama da Análise SWOT
TABLE1: Diagram of the SWOT Analysis

<p>Forças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Força 1 • Força 2 	<p>Fraquezas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fraqueza 1 • Fraqueza 2
<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oportunidade 1 • Oportunidade 2 	<p>Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ameaça 1 • Ameaça 2

Fonte: Kenneth Corrêa, 2007.

Segundo Machado (2005), a análise SWOT fornece uma orientação estratégica bastante significativa por permitir:

- a) Eliminar pontos fracos nas áreas pelas quais a empresa enfrenta ameaças graves da concorrência e tendências desfavoráveis perante o negócio;
- b) Compreender oportunidades descobertas a partir de seus pontos fortes;

c) Corrigir pontos fracos nas áreas em que a organização vislumbra oportunidades potenciais; Monitorar áreas onde a organização possui pontos fortes afim de não ser surpreendida futuramente por possíveis riscos e incertezas.

Basicamente, o fato de não existirem muitas publicações sobre a Análise SWOT, está relacionado ao fato de que dificilmente as corporações têm o interesse em apresentar dados cruciais de seus negócios que são levantados e caracterizados pela SWOT. Entretanto, Hill e Westbrook (1997) em seu estudo chegaram a conclusões que a aplicação da análise SWOT foi inefetiva no sentido de uma análise ou como parte de uma revisão estratégica corporativa, mas efetiva em ser um meio para descrever as características do negócio.

Deste modo sua aplicação neste trabalho pode proporcionar resultados importantes, visto a abrangência do mesmo e a característica do tema em ser composto por muitos fatores variáveis, gerando assim um meio de distinguir temas importantes e de influência na competitividade do negócio florestal do Acre. Muhana (2003) apresenta como vantagem da SWOT a adequação entre as capacidades internas e as possibilidades externas e como desvantagem o grau de certeza de força e fraqueza da organização que não é pré-avaliada. Na análise SWOT parte-se do pressuposto que os atores influentes na tomada de decisão da organização possuem um entendimento abrangente no que se refere à visão holística da organização.

Hitt (2000) apresenta os seguintes benefícios da análise SWOT:

- a) Simplicidade: pode ser conduzida sem treinamento ou habilidades técnicas extensivas;
- b) Custos menores: a simplicidade elimina a necessidade e as despesas envolvidas no treinamento formal;
- c) Flexibilidade: pode ser desempenhada com ou sem sistema de informações de marketing;
- d) Integração: habilidade de integrar e sintetizar tipos diversos de informações, quantitativas e qualitativas de várias áreas da empresa;
- e) Colaboração: tem a habilidade de estimular a colaboração entre as áreas funcionais da empresa que são interdependentes, mas com pouco contato entre si.

No mesmo trabalho de Hill e Westbrook (1997), muitos questionamentos são feitos quanto à eficiência e aplicação da SWOT nas corporações. É possível evidenciar que em muitos casos fatores considerados como forças, podem assumir outras caracterizações, sendo apontados também como fraquezas, oportunidades e ameaças, de acordo com variações ao longo do período de tempo ou de pontos de vista. Variações deste gênero podem ocorrer com a mudança de estruturas, diretrizes e políticas da organização. Um exemplo está na identificação de mão de obra desqualificada, que dependendo do ponto de vista pode ser considerada como um ponto fraco em uma avaliação, pois com mão de obra desqualificada a cadeia produtiva torna-se ineficiente, obsoleta e sem competitividade. Mas por outro lado a mão de obra desqualificada também pode ser considerada um ponto forte, pois diminui os custos de produção, diminuindo assim o preço do produto final, aumentando a competitividade.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas entrevistas do tipo *survey*, semi-estruturadas, seguindo os passos necessários para a aplicação da análise SWOT.

O levantamento de dados foi realizado durante os meses de julho de 2009 e julho de 2010 no Estado do Acre. As entrevistas visaram obter informações sobre a situação atual do MFS realizado no Estado e, para isso, foram entrevistados diferentes atores envolvidos com esta atividade, sendo estes representantes de: empresas de laminação e madeireiras, órgãos governamentais estaduais envolvidos na questão florestal, instituições de pesquisa e ensino e organizações não governamentais.

Antecedendo as entrevistas foi explicado aos entrevistados o objetivo do trabalho, bem como o que significa a análise SWOT, sua importância e principalmente os ambientes aos quais se referem: forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. A partir deste ponto, cada entrevistado colocou-se à disposição em contribuir com o trabalho, apontando no máximo seis caracterizações em cada tópico positivo e negativo de fatores externos e internos.

Em um primeiro momento foi realizada somente uma entrevista, que apresentou o propósito de balizar o início do estudo. Para sua realização, buscou-se um entrevistado que possuía um amplo conhecimento do cenário florestal acreano, possibilitando que fossem apontados os principais fatores para o detalhamento da análise SWOT do Estudo.

O entrevistado foi determinado por possuir mais de 15 anos de serviços prestados na área de manejo florestal, possuindo grande articulação com órgãos estaduais, federais, ONG's e com a iniciativa privada. Outro ponto considerado foi a receptividade e o interesse do entrevistado quanto ao estudo, garantindo o comprometimento de uma opinião de respeito e a seriedade necessária a esta primeira etapa do trabalho.

Um ano após a determinação da SWOT, deu-se início a segunda fase do estudo, onde foram realizadas entrevistas com tomadores de decisão, entre eles: presidentes de instituições, empresários, secretários de estado, pesquisadores e atores importantes no setor florestal do Acre (Tabela 2), onde estes ranquearam, por meio de graus de importância, os pontos fracos e fortes, ameaças e oportunidades da

Análise SWOT, gerando assim um *ranking* dentro dos elementos apontados.

TABELA 2: Relação das instituições e do número de entrevistados que participaram da segunda fase do estudo.

TABLE2: List of institutions and the number of respondents who participated in the second phase of the study.

Número de atores entrevistados por Instituição	
ONG's	2
Secretaria de Florestas	2
Instituto de Meio Ambiente	1
Setor empresarial	3
Embrapa	2
Universidade Federal do Acre	1
Fundação de Tecnologia do Acre	1
Secretaria de Meio Ambiente	1
Instituto de Terras	1

Fonte: Dados do estudo. Elaborada pelos autores

A cada entrevistado foi apresentada a análise SWOT, e os mesmos foram instruídos a atribuir a cada ponto o grau de importância em que estes assumiriam, segundo o ponto de vista do entrevistado. Para os primeiros lugares com relação à importância nos fatores internos e externos da SWOT, cada entrevistado foi instruído a colocar o número 1, seguindo o mesmo princípio para os outros pontos, ou seja, 2 para o segundo e assim por diante.

Durante a tabulação dos dados, os valores de importância e a porcentagem de repetição em que os mesmos foram citados para a primeira e segunda posição, foram inseridos entre parênteses no Quadro 1. Foram considerados para a discussão dos temas apresentados, somente os pontos que obtiveram porcentagem igual ou superior a 50% de repetição, sendo esta porcentagem o somatório das repetições para o primeiro e segundo lugares em grau de importância. Deste modo foi possível definir a inclusão, ou não, dos pontos a serem discutidos neste trabalho como por exemplo: *Falta de prestadoras de serviços qualificadas na exploração florestal* (2º, 64,3%). Estes valores indicam que o ponto foi 28,6% citado pelos entrevistados para assumir a segunda posição no *ranking*, sendo que para a primeira posição, este ponto obteve 35,7%, gerando um total de 64,7% sendo, portanto discutido neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta a análise SWOT, no qual o tema abordado foi a situação atual do MFS no Estado do Acre. Os resultados mostraram que dentro o espectro de porcentagem relacionada ao *ranking* dos itens da SWOT, os valores ficaram entre 100% e 0%.

Forças

Dentre as Forças apresentadas no Quadro 1, dois pontos puderam ser considerados relevantes após um ano, confirmado por meio de outros interlocutores. Os pontos *A existência de floresta no Estado com capacidade de exploração (estoque de floresta com madeira possível de ser manejada) privada e pública* e *Política do Governo do Estado voltada ao apoio ao MF* foram os que atingiram as maiores porcentagens, mostrando a importância da implantação de políticas públicas voltadas ao manejo florestal no Estado e ao Ecossistema Amazônico.

Aproximadamente 88% dos 164.220 km² do território acreano possuem sua cobertura florestal original (INPE, 2007, *apud* ACRE, 2008). Isto favorece o desenvolvimento de políticas setoriais que estimulam a produção sustentável em áreas privadas, públicas e comunitárias. Conseqüentemente garante o estoque de madeira passível de ser manejado.

De acordo com Araújo (2003), o Acre, em particular, o governo do Estado, sob o lema "governo da floresta" (período de 1999 a 2006), deu exemplo ao País quanto à disseminação da importância e das vantagens do uso da floresta como fonte sustentável de recursos econômicos.

Atualmente a estrutura do atual governo estadual e a legislação do estado, no que se refere ao manejo florestal, garante um bom desenvolvimento aos empreendimentos de base florestal.

O Estado do Acre possui dois cursos superiores de engenharia florestal da Universidade Federal do Acre, um na Capital Rio Branco e outro no município de Cruzeiro do Sul, que formam cerca de 20 engenheiros por semestre, além de possuir a Escola da Floresta, instituição pública estadual que forma técnicos agroflorestais e florestais.

QUADRO 1: Análise SWOT.

TABLE1: SWOT analysis.

Strengths (Forças)	Weaknesses (Fraquezas)
<ul style="list-style-type: none"> • A existência de floresta no Estado com capacidade de exploração (estoque de floresta com madeira possível de ser manejada) privada e pública (1º, 100%) • Política do Governo do Estado voltada ao apoio ao MF (2º, 78,6%) • A existência de mão de obra de engenharia florestal disponível no mercado (3º, 14,2%) • Instituições de pesquisa no Estado que dão suporte científico para as ações de MFS (4º, 7,1%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de consolidação da base fundiária das propriedades do Estado (dificulta o licenciamento ambiental e crédito junto às instituições financeiras). (1º, 64,3%) • Falta de prestadoras de serviço qualificadas na exploração florestal (2º, 64,3%) • Falta de mão de obra qualificada no apoio das atividades do MF (identificador botânico, técnico Florestal, operador de <i>Skidder</i> etc) (3º, 35,7%) • Infraestrutura de estradas e logística de transporte deficitária (4º, 21,4%) • Existência de moradores na floresta (seringueiros) que gera conflito pela posse da terra (posses antigas advindas de velhos seringueiros) (5º, 14,2%) • Desconhecimento tecnológico sobre a diversidade das florestas acreanas (6º, 0%)
Opportunities (Oportunidades)	Treaths (Ameaças)
<ul style="list-style-type: none"> • Diversificação da exploração dos recursos florestais no MF (1º, 64,3%) • Existência de campo de trabalho para realização de pesquisas científicas de aprimoramento do manejo florestal e da identificação de espécies florestais alternativas (2º, 57,1%) • Abertura de mercado para os produtos florestais acreanos. (3º, 42,9%) • Aumento do número de espécies a serem manejadas (4º, 35,7%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de estruturação de recursos humanos com contratação efetiva (eliminação de contratação temporária) (1º, 71,5%) • Insegurança em futuras trocas de governo (estadual e nacional) que não contemplem e tenham como foco o uso sustentável dos recursos naturais. (2º, 71,4%) • Possível mudança no código florestal e nas demais legislações ambientais. (3º, 57,1%)

Fonte: Dados do estudo. Elaborada pelos autores.

É considerável o número de instituições voltadas à pesquisa do MFS no estado, podendo ser citadas a Fundação de Tecnologia do Acre – FUNTAC, a Universidade Federal do Acre – UFAC, o Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre - Embrapa Acre e ONG's. Tais instituições possuem projetos e pesquisas que visam à melhoria do MFS.

Fraquezas

Dentre os seis pontos das fraquezas na SWOT, dois foram ressaltados por mais da metade dos entrevistados na segunda etapa do estudo. Ambos os itens assumiram o mesmo número de repetições para assumirem os dois primeiros lugares nas Fraquezas da SWOT, ambos com 64,3%.

O primeiro lugar ficou com o ponto *Falta de consolidação da base fundiária das propriedades do Estado (dificulta o licenciamento ambiental e crédito junto às instituições financeiras)* que obteve 50% de citações para ser o primeiro lugar e 14,3% para a segunda posição. A falta de regularização fundiária das propriedades rurais não somente do Acre, mas de toda a Amazônia, torna muito dificultoso e demorado o processo de licenciamento de operações como as de MFS nas propriedades. Além disso, esta falta de regularização impossibilita créditos para o financiamento das atividades.

Um dos motivos que dificulta a regularização das propriedades rurais é a existência de “posseiros” em grande parte das áreas. Com este impasse a relação proprietário-posseiro deve ser solucionada dentro de meios legais para que o processo de licenciamento avance e finalmente possa ser concluído.

O Estado do Acre caracteriza-se como um estado que possui um número pequeno de prestadores de serviço de qualidade para as operações florestais. Nas operações de arraste de toras, por exemplo, ainda usam-se *Skidders* com o tempo de vida útil ultrapassado. Para uma boa *performance* destas operações e conseqüentemente um melhor rendimento, verifica-se a necessidade de maior competitividade entre os prestadores de serviços, para que a qualidade dos serviços prestados pelos mesmos seja melhor. Junto a estes fatores, pode-se acrescentar a falta de identificadores botânicos bem capacitados e que possuam um padrão de classificação de espécies florestais, o que impediria a

divergência comum que ocorre entre o uso de nomes vulgares durante as etapas de inventário florestal.

Oportunidades

Com 64,3% a Diversificação da exploração dos recursos florestais no MF ficou com a maior porcentagem entre os entrevistados dentre as oportunidades. A maior diversidade aos produtos originários de manejo florestal, tanto no uso como em espécies com propriedades distintas e a possibilidade do uso de espécies alternativas nos planos de manejo. Segundo propõe Silva (2002) em seu trabalho, a utilização de espécies alternativas nas obras de governo (Federal, Estadual e Municipal), deve ser considerada como uma estratégia para introdução definitiva destas espécies no mercado.

A *Existência de campo de trabalho para realização de pesquisas científicas de aprimoramento do manejo florestal e da identificação de espécies florestais alternativas* foi citada por cerca de 57% dos entrevistados para assumir os dois primeiros lugares dentre as oportunidades. Entretanto, ao considerar a imensa diversidade de ecossistemas e habitats, pode-se afirmar que os esforços empreendidos na busca do conhecimento da biodiversidade no Acre são pouco representativos. Tal fato decorre principalmente da falta de incentivos para a fixação de pesquisadores e para a pesquisa sobre biodiversidade na região amazônica (SOUZA *et al.*, 2003).

Além disso, a aplicação e o uso de determinadas espécies catalogadas não são amplamente estudados, causando um *gap* entre o conhecimento botânico e o conhecimento tecnológico das mesmas.

Silva (2002), cita que a exploração intensiva de algumas espécies madeireiras pode ameaçar a utilização sustentável dos recursos florestais madeireiros, uma vez que coloca em risco a população natural dessas espécies, pois estas normalmente possuem estoques naturais baixos e atualmente são mais pressionadas pelo mercado, tais como o Cedro (*Cedrela odorata* L.), Cerejeira (*Toresea acreana* Ducke), Cumarú ferro (*Dipteryx odorata* (Aubl) Willd), Jatobá (*Humenaea courbaril* L.) e o Mogno (*Swietenia macrophylla* L.), de maneira ilegal.

As florestas do Acre são atualmente um grande laboratório florestal, devido às diferentes tipologias encontradas. Aliada ao número de situações de manejo de florestas e intervenções na floresta encontradas no Estado, esta característica pode se tornar uma grande ferramenta de dados e informações para aumentar e delinear a melhoria do manejo florestal em florestas tropicais, garantindo assim um maior destaque para o Acre em termos nacionais e internacionais.

Ameaças

Dentre as ameaças apresentadas na SWOT realizada em 2009, todas obtiveram mais da metade das indicações para assumirem os primeiros lugares.

Os principais sistemas de contrato de mão de obra no Acre não garantem a continuidade dos mesmos profissionais nas etapas seguintes do manejo florestal empresarial e comunitário. As variações ocorrem com a equipe que realiza o inventário e não é aproveitada na exploração, não sendo consequentemente reaproveitada no próximo inventário. Isto devido à rotatividade, pois muitos trabalhadores saem do Estado atrás de outras oportunidades de trabalho. Basicamente contrata-se uma equipe por “verão”, sempre na época de seca.

No início do então conhecido “governo da floresta” a proposta de uso sustentável dos recursos naturais do Acre e temas como desenvolvimento sustentável tornaram-se comuns para a população acreana. Esta política de governo ainda é bastante presente e possui destaque nacional, visto os resultados apresentados até hoje na gestão dos recursos naturais. A mudança da proposta de governo que vem sendo adotada há quase doze anos, pode ser uma ameaça para o manejo florestal acreano em função de uma visão política diferenciada do próximo governante.

As discussões na mudança do código florestal e possíveis alterações na legislação ambiental federal, estadual e municipais, podem incorrer no desvio de propostas e possibilidades do uso do solo, incentivando atividades agropecuárias, o que pode vir a gerar uma competição pelo espaço territorial e seu uso, desvalorizando ainda mais áreas com a predominância de formações florestais.

CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a análise SWOT mostrou-se uma importante ferramenta para a descrição e análise de vantagens do MFS no estado, a partir da ótica dos principais atores do setor florestal acreano.

A análise SWOT permitiu ainda a verificação da dinâmica de evolução dos conceitos que caracterizam o estado da arte do manejo florestal do estado do Acre em um horizonte de um ano, proporcionando um melhor entendimento da atual conjuntura do cenário florestal estadual.

Assim, este estudo poderá balizar análises futuras relacionadas ao setor florestal acreano, de forma a observar possíveis variações nos próximos anos decorrentes da dinâmica inerente à atividade e até mesmo da própria conjuntura política e econômica do estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACRE – Governo do Estado do Acre. **Política de Valorização do Ativo Florestal**. Manual Operativo. Rio Branco, 2008.
- ANDREWS, K. R. **The Concept of Corporate Strategy**. Irwin, Homewood, IL: Dow Jones- Irwin, 1971.
- ARAÚJO, H. J. B. **Manejo florestal: o embate entre as tendências e as barreiras**. CPFAC.EMBRAPA. 12/03/2003. Disponível em: <http://www.cpfac.embrapa.br/chefias/cna/artigos/manejohering.htm>. Acesso em: 07/02/2010
- CORRÊA, K. **Planejamento estratégico**. Disponível em <http://www.administracaoegestao.com.br>. Acesso em 06/10/2011.
- HILL, T.; WESTBROOK, R. **SWOT Analysis: It's Time for a Product Recall**. Long Range Planning, Vol. 30, No. 1, pp. 46 to 52, 1997. Elsevier Ltd.
- HITT, M. A. **Administração Estratégica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005. IOSCHPE, E. B. et al.. **3º setor: desenvolvimento nacional sustentado**. 2. Ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000.
- MACHADO, R. T. M. **Estratégia e competitividade em organizações agroindustriais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.
- MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006, p. 331.
- MINTZBERG, H; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J. **Safári de Estratégia: um roteiro pela selva do planejamento estratégico**. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- MUHANA, A. C. M. **Um método para identificação e priorização de oportunidades/ameaças e pontos fortes/fracos no planejamento estratégico, utilizando uma metodologia MCDA-Construtiva**. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2003.
- PICKTON, D. W.; WRIGHT, S. What's swot in strategic analysis? **Strategic Change**, p. 101-109, mar./abr. 1998, p. 103).
- SILVA, R. F. **Diagnóstico das espécies mais utilizadas e alternativas para utilização nas serrarias localizadas na regional do baixo Acre**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2002. 108p.
- SOUZA, M.B.; SILVEIRA, S.; LOPES, M.R.M.; VIEIRA, L.J.S.; GUILHERME, E.; CALOURO, A.M.; MORATO, E.F. **A Biodiversidade no Estado do Acre: Conhecimento Atual, Conservação e Perspectivas**. Revista T&C Amazônia, Ano 1, no 3, Dez de 2003.
- TARAPANOFF, K.; MIRANDA, D. M.; ARAÚJO Jr., R. H. de. **Técnicas para a tomada de decisão nos sistemas de informação**. Brasília: Thesaurus/UnB, 1995.

CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DE UMA FLORESTA DE VÁRZEASUBMETIDA À AÇÃO ANTRÓPICA EM MACAPÁ-AP

ECOLOGICAL CLASSIFICATION OF A FLOODPLAIN FOREST SUBJECT TO ANTHROPIC ACTION ON MACAPÁ-AP

Robson Carmo Lima¹; Perseu da Silva Aparício²; Wegliane Campelo da Silva Aparício³; Diego Armando Silva da Silva¹; Robson Borges de Lima¹; Vanessa Silva dos Santos¹

RESUMO

O estudo do comportamento ecológico sucessional das espécies de florestas de várzea pode subsidiar ações que visem o enriquecimento e conservação desse ambiente. O presente trabalho objetivou inferir sobre o estado de conservação de uma área de várzea por meio do estágio sucessional das espécies arbóreas e parâmetros fitossociológicos, agrupando as espécies de mesmo comportamento, subsidiando ações de enriquecimento. O estudo foi realizado no município de Macapá-Amapá em uma floresta de várzea denominada mata da "Gruta" banhada pelo igarapé da Fortaleza, onde foram revitalizadas vinte cinco parcelas permanentes de 10x25m, equidistantes em 25m, locadas sistematicamente ao longo do curso do rio. Foram realizadas análises fitossociológicas com dados provenientes das mensurações do ano de 2009, considerando os valores absolutos e relativos de Frequência, Densidade e Dominância. Com base no reconhecimento florístico, as espécies foram classificadas quanto ao comportamento ecológico, como: Tolerantes, Intolerantes e Indeterminadas. Com os resultados foi realizada a análise de componentes principais formando os escores representativos da vegetação. Os componentes foram inseridos numa análise de agrupamento Ward, utilizando a distância euclidiana, medida de dissimilaridade. Para verificação da pertença dos grupos realizou-se análise discriminante. As seguintes inferências foram evidenciadas: a maioria das espécies foram classificadas como tolerantes a sombra, a análise de agrupamento demonstrando a formação de três grupos ecológicos, independentes da classificação literária. Assim, as espécies arbóreas presentes na mata da "Gruta" possuem comportamentos distintos das várzeas conservadas do estado, sendo uma floresta em estágio secundário inicial dado o quantitativo de grupos ecológicos formados observados no término da pesquisa.

Palavras-chave: Análise multivariada; Parâmetros fitossociológicos; Sucessão

ABSTRACT

The study of ecological succession of species of lowland forests may support actions aimed at the enrichment and preservation of that environment. This study aimed to infer the state of conservation of a wetland through the successional stage of tree species and phytosociological parameters grouped the species of the same behavior, providing a foundation for enrichment. The study was conducted in the city of Macapa, Amapá floodplain forest in a forest called the "Grotto" bathed in the stream of the Fortress, where they were revitalized twenty five permanent plots of 10x25m, equidistant in 25m, leased systematically along the river course. Phytosociological analysis were performed with data from measurements of 2009, considering the absolute and relative frequency, density and dominance. Based on recognition of floristic species were classified according to environmental behavior, as tolerant, intolerant and Indeterminate. With the results was performed principal components analysis scores representative form of vegetation. The components were inserted in a Ward cluster analysis using the Euclidean distance dissimilarity measure. To check the groups belonged held discriminant analysis. The following inferences were found: the majority of species were classified as shadetolerant, cluster analysis showing the formation of three ecological groups, independent of literary classification. Thus, tree species present in the forest of the "Cave" have different behavior of preserved wetlands of the state, a secondary forest in the initial stage because the amount of ecological groups formed at the end of the study observed.

Keywords: Multivariate analysis; phytosociological parameters; Succession

INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira é a maior extensão de floresta tropical do mundo, com variedade dos

¹ Acadêmico de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Avenida Princesa Isabel, 3755, CEP 68925-000, Santana (AP). robsoncl91@hotmail.com; rbl_florestal@yahoo.com.br; d-armando-silva@hotmail.com

² Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em biodiversidade tropical, Universidade Federal do Amapá. 1ª Avenida da Universidade, 1523, CEP 68900-000, Macapá (AP). Perseu_aparicio@yahoo.com.br

³ Engenheira Florestal, Dr, Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amapá. 1ª Avenida da Universidade, 1523, CEP 68900-000, Macapá (AP). wellaparicio@unifap.br

recursos naturais em consequência das diferentes associações vegetais e fatores ambientais intrínsecos a cada ecossistema que forma esse bioma. Entre os ecossistemas, a várzea tem se destacado, desde sua colonização por sua importância ecológica e socioeconômica para a região, participando ativamente da vida das populações ribeirinhas que praticam agricultura, pesca, e extrativismo de madeira e produtos florestais não madeireiros (GAMA et al., 2003).

A vegetação de várzea estar associados às planícies de inundações dos rios e igarapés de água branca do estuário amazônico, submetidos a um ciclo diário de enchentes e vazantes por água doce represada pelas marés. Devido às inundações, são carreadas para essas áreas grandes quantidades de material sedimentar, o que lhe confere uma elevada fertilidade, por isso, os recursos naturais são tão diversificados, principalmente no que se refere à flora (XISTO, 2009).

Essa exuberância dar-se pelo fato da várzea apresentar auto grau de fertilidade, pois, a bacia amazônica é muito rica em termos de produtividade biológica, biodiversidade e recursos naturais. Apesar de sua capacidade produtiva e resiliência natural, o seu atual processo de desenvolvimento está levando à degradação progressiva dessas áreas. Segundo Costa Neto e Silva (2003), atividades agrícolas e extrativistas são fatores que contribuem para a destruição desses ambientes. Essa afirmação é ratificada em 2008 pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em sua proposta de projeto para o manejo de várzea, apresentado ao PPG7, na qual, aponta que o desmatamento, o assoreamento dos rios, a turvação das águas pela pecuária e a destruição das lagoas marginais em decorrência da expansão agrícola e urbana são os principais fatores de degradação da várzea.

A degradação desse ambiente representa uma grande perda para o mundo e a comunidade científica, Gama et al.,(2002), afirmaram, que as florestas de várzea correspondem a segunda maior formação vegetal da bacia amazônica, entretanto são poucos os estudos relacionados a regeneração, dinâmica, estágio sucessional e técnicas de manejo para esse ambiente comparados aos da florestas de terra firme. Dessa forma torna-se imprescindível a realização de estudos científicos que facilitem o possível conhecimento das características do ambiente da várzea, principalmente os que estão próximos de área urbanizadas e por isso são mais susceptíveis a pressão antrópica conforme Nascimento e Manzatto (1998).

Estudos sobre o estágio sucessional da mata de várzea, são essenciais para conservação desse ambiente, o mesmo pode ser compreendido por meio de estudos individuais das espécies de interesse, agrupando-as em grupos que indiquem o comportamento da espécie sob as influências edafoclimáticas da região. Hair et al., (2005), afirmaram que a técnica mais comumente usada para definições de grupos homogêneos é a análise de agrupamento. A idéia é maximizar a homogeneidade de objetos dentro de grupos, ao mesmo tempo em que se maximiza a heterogeneidade entre grupos.

Valentin (2000), em estudos ecológicos afirmou que existe a tendência normal em agrupar amostras de características bióticas e abióticas associar espécies em comunidades com o objetivo de trabalhar buscando descrever, de maneira mais clara e sintética possível, a estrutura de um ecossistema, determinando a composição e a extensão das suas unidades funcionais. Pode-se, ainda, procurar ordenar amostras em função de um critério, visando simplificar, condensar e representar sinteticamente vastos conjuntos de dados, na expectativa que as inter-relações ecológicas possam ser compreendidas. A necessidade do conhecimento dos padrões sucessionais de uma vegetação é um exemplo bem claro da tendência de simplificação das estruturas.

As espécies de uma área de várzea apresentam mesmo comportamento ecológico? As análises de componentes principais, agrupamento e discriminantes podem ser ferramentas úteis na definição do comportamento de espécies de várzea? Com o exposto acima, este trabalho objetivou inferir sobre o estado de conservação de uma área de várzea por meio do estágio sucessional das espécies arbóreas e parâmetros fitossociológicos agrupando as espécies de mesmo comportamento sussecional na área, subsidiando ações de enriquecimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

Este estudo foi conduzido no período de agosto de 2009 a julho de 2010, com dados do projeto originalmente denominado “Levantamento Fitossociológico, Regeneração Natural de Espécies Arbóreas e Mesofauna Edáfica em um trecho de Mata Ciliar no Município de Macapá – AP, desenvolvido pela Universidade do Estado do Amapá (UEAP), numa área de várzea denominada “Gruta” (Figura 1), localizada na zona sul da cidade de Macapá, Amapá. A floresta é limitada ao norte, sul e leste com o curso d’água do Igarapé da Fortaleza, afluente do rio Amazonas, e a oeste com uma área de ressaca sendo ainda influenciadas por moradores em seu entorno, as coordenadas são: (0°00’40,08”S; 51°06’15,07” O).

A vegetação contribui para formação de um mosaico contínuo de florestas ciliares, em condições de Várzea, com influências diretas das marés e cheias anuais do equinócio, que abrangem desde o Igarapé da Fortaleza à Lagoa dos Índios.

O clima na região é da categoria Ami, com precipitação excessiva durante alguns meses e um

período seco caracterizado por precipitações abaixo de 60 mm; de acordo com a classificação de Koppen. A precipitação média anual é de 2250 mm, e déficit hídrico de 353 a 470 mm/ano. A temperatura média gira em torno de 27°C e os valores da umidade relativa do ar máxima (87%) e mínima (78%) média mensal coincidem, respectivamente com as estações chuvosa e seca (NETO e RESENDE, 2001).

Histórico da área

O trabalho foi iniciado em 2007, com a realização do levantamento florístico e fitossociológico das espécies com CAP (circunferência acima do peito) ≥ 15 cm, sendo encontrados 536 indivíduos. Na ocasião foram registradas Altura total, CAP, DAP, Área Basimétrica, Nome vulgar e científico de cada indivíduo. As espécies mais representativas foram: *Euterpe oleracea*, *Pentaclethra macroloba*, *Mora paraensis*, *Guatteria amazônica* e *Virola venosa* (SANTOS et al, 2008). Paralelamente ocorreram estudos de regeneração natural com indivíduos de espécies arbóreas com CAP < 15cm e altura superior a 1m, onde foram inventariados 626 indivíduos, distribuídos em 27 famílias botânicas, 57 gêneros e 75 espécies, com 11 indeterminadas. As espécies mais representativas foram: *Moraparaensis*, *Virola venosa*, *Guatteria amazônica*, *Rinorea racemosa* e *Hevea brasiliensis* ABREU et al., (2008).

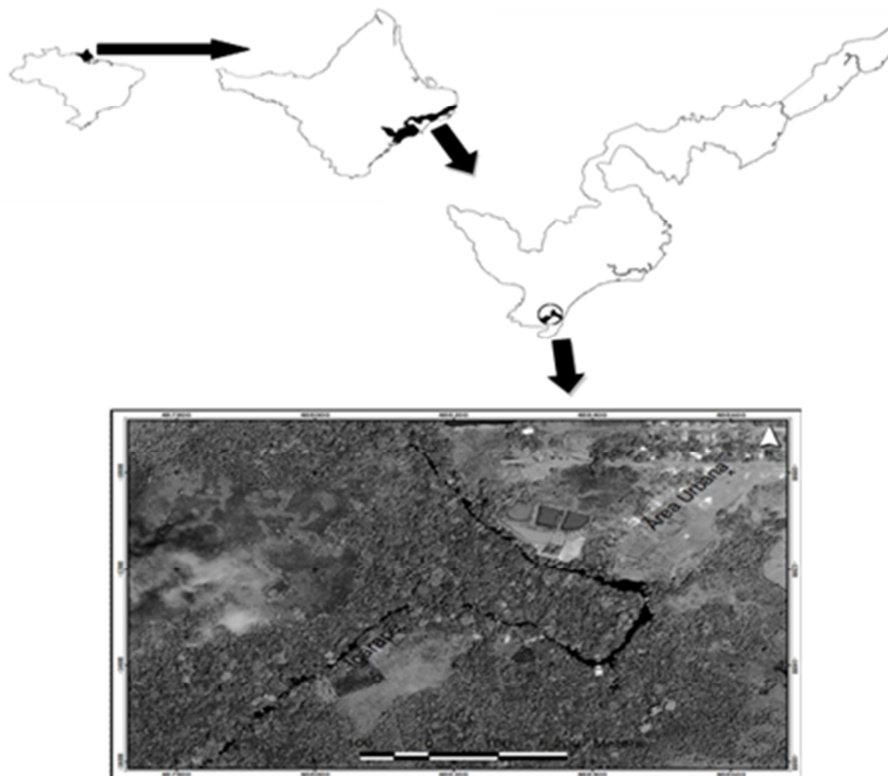


FIGURA 1: Área de realização de estudo, mata da Gruta Macapá Amapá.

FIGURE 1: Area of study completion, kills the Grotto Macapá Amapá.

Dentro os resultados encontrados foi observado que a área se encontra bastante antropizada, com inúmeras clareiras, sendo necessário enriquecer o banco de dados de informações da área, com intuito de possibilitar práticas silviculturais para o estabelecimento de espécies.

Sistema de amostragem

Foi realizado um inventário contínuo sobre as mesmas vinte cinco (25) unidades amostrais de 10x25m (250m²), distribuídas sistematicamente paralela ao curso d'água e equidistantes em 25m, utilizadas por Abreu et al. (2008), para estudo da fitossociologia arbórea adulta. Nessas unidades amostrais foram remensuradas todos os indivíduos arbóreos com CAP > 15 cm e tomados as alturas totais correspondentes.

Análise de componentes principais

Após, a coleta de dados em campo, procedeu-se a classificação e definição dos grupos ecológicos das espécies constatadas na área inventariada. Os resultados obtidos foram: a confecção da tabela matriz, formada por: códigos da espécie, família, nome científico, parâmetros fitossociológicos

(Densidade Absoluta e Relativa (DA, DR), Frequência Absoluta e Relativa (FA, FR), Dominância Absoluta e Relativa (DoA, DoR), Valor de Importância (VI), Valor de Cobertura (VC)) e classificação por Grupo Ecológico 1 e 2, (Tabela1), a qual foi realizada com base na literatura.

TABELA 1: Tabela contendo Código da espécie, Família, Nome Científico da espécie, Diâmetro Equivalente e parâmetros fitossociológicos. Densidade Absoluta e Relativa (DA, DR); Frequência Absoluta e Relativa (FA, FR); Dominância Absoluta e Relativa (DoA, DoR); Índice de Valor de Importância (IVI); Índice de Valor de Cobertura (IVC) Grupo Ecológico 1 (GE 1); Grupo Ecológico (2)

TABLE 1: Table containing code Species, Family, Scientific name of species, and parameters fitossociológicos Equivalent Diameter.Absolute and Relative Density (DA, DR), absolute and relative frequency (FA, FR); Dominance Absolute and Relative (DoA, DoR); Importance Value Index (IVI); Cover Value Index(CVI) Ecological Group 1(GE 1) Ecological Group (2)

O	FAMILIA	ESPÉCIE	DG	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVI	IVC	GE 1	GE 2
1	Apocinaceae	<i>Aspidosperma carapanauba</i> Benth	20,4	3,2	0,59	8	1,01	0,10	0,43	2,03	1,02	TS	P
2	Anonaceae	<i>Bocageopsis multiflora</i> And	23,6	28,8	5,34	44	5,56	1,21	4,93	15,83	10,27	TS	CL
3	Bombacaceae	<i>Bombax paraensis</i> Duck	21,4	16	2,97	32	4,04	0,48	1,97	8,98	4,94	TS	CL
4	Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	10,6	4,8	0,89	12	1,52	0,04	0,17	2,58	1,06	TS	CL
5	Meliaceae	<i>Carapa sp.</i>	28,1	22,4	4,15	28	3,54	1,31	5,32	13,01	9,48	TS	CL
6	Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i> Tree	21,0	3,2	0,59	8	1,01	0,11	0,45	2,06	1,05	IT	P
7	Cecropiaceae	<i>Cecropia sp.</i>	11,1	3,2	0,59	8	1,01	0,03	0,13	1,73	0,72	TS	ID
8	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	14,7	1,6	0,30	4	0,51	0,03	0,11	0,91	0,41	TS	S
9	Lauraceae	<i>Clinostemon mahuba</i> (A. Samp.) Kuhl. & A. Samp.	20,1	8	1,48	16	2,02	0,25	1,03	4,53	2,51	TS	S
10	Booragenaceae	<i>Cordia tetrandra</i> Aubl	25,6	3,2	0,59	4	0,51	0,17	0,67	1,77	1,27	ID	ID
11	Moraceae	<i>Ficus pulchella</i> Schott	10,5	4,8	0,89	12	1,52	0,04	0,17	2,58	1,06	TS	S
12	Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	14,2	3,2	0,59	8	1,01	0,05	0,21	1,81	0,80	TS	ID
13	Anonaceae	<i>Guatteria amazônica</i> R. E. Fr.	19,4	91,2	16,91	80	10,10	2,11	8,61	35,62	25,52	TS	P
14	Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	19,3	4,8	0,89	12	1,52	0,14	0,57	2,98	1,46	IT	CS
15	indet	indet 1	5,3	1,6	0,30	4	0,51	0,00	0,01	0,82	0,31	ID	ID
16	Indet.	Indet.2	7,3	1,6	0,30	4	0,51	0,01	0,03	0,83	0,32	ID	ID
17	Indet.	Indet.3	29,9	1,6	0,30	4	0,51	0,11	0,46	1,26	0,75	ID	ID
18	Mimosaceae	<i>ingá edulis</i> Mart	23,6	1,6	0,30	4	0,51	0,07	0,28	1,09	0,58	TS	CL
19	Mimosaceae	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	31,1	4,8	0,89	8	1,01	0,36	1,48	3,38	2,37	TS	CL
20	Mimosaceae	<i>Inga thibaudiana</i> DC.	14,8	1,6	0,30	4	0,51	0,03	0,11	0,91	0,41	TS	CL
21	Moraceae	<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C. Berg,	10,8	4,8	0,89	8	1,01	0,04	0,18	2,08	1,07	TS	ID
22	Fabaceae	<i>Matisia paraensis</i> Huber	23,5	3,2	0,59	4	0,51	0,14	0,56	1,66	1,16	TS	SI
23	Caesalpiniaceae	<i>Mora paraensis</i> Ducke	31,7	68,8	12,76	68	8,59	5,30	21,56	42,90	34,32	TS	CS
24	Mimosaceae	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	18,9	38,4	7,12	52	6,57	1,03	4,21	17,90	11,34	IT	CS
25	Clusiaceae	<i>Platonia insignis</i> Mart	14,6	3,2	0,59	8	1,01	0,05	0,22	1,82	0,81	IT	S
26	Fabaceae	<i>Platymiscium ulei</i> Harms	12,6	6,4	1,19	8	1,01	0,08	0,33	2,52	1,51	TS	S
27	Sapotaceae	<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	34,4	32	5,93	48	6,06	2,84	11,55	23,54	17,48	TS	S
28	Burseraceae	<i>Protium sagotianum</i> Marchand	22,4	22,4	4,15	40	5,05	0,88	3,60	12,80	7,75	TS	CS
29	Fabaceae	<i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber	32,8	1,6	0,30	4	0,51	0,14	0,55	1,35	0,85	TS	CL
30	Fabaceae	<i>Pterocarpus officinalis</i> Engler	15,9	4,8	0,89	12	1,52	0,10	0,39	2,79	1,28	TS	CL
31	Fabaceae	<i>erocarpus vernalis</i> Pittier	9,2	1,6	0,30	4	0,51	0,01	0,04	0,85	0,34	TS	ID
32	Vachysiaceae	<i>Qualea paraensis</i> Aubl.	22,0	1,6	0,30	4	0,51	0,06	0,25	1,05	0,54	TS	P
33	Bombacaceae	<i>Quararibea guianensis</i> Ducke	17,3	3,2	0,59	8	1,01	0,08	0,31	1,91	0,90	TS	CL
34	Violaceae); <i>Rinorea racemosa</i> Aubl.	44,9	11,2	2,08	20	2,53	1,77	7,21	11,81	9,28	TS	SI
35	Sapotaceae	<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (A DC.) Eyna	17,3	3,2	0,59	8	1,01	0,08	0,31	1,91	0,90	TS	CS
36	Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> Aubl.	28,7	6,4	1,19	12	1,52	0,41	1,68	4,38	2,87	IT	CL
37	Anacardeaceae	<i>Spondias lutea</i> L.	29,6	6,4	1,19	16	2,02	0,44	1,80	5,01	2,99	IT	S
38	Fabaceae	<i>Swartzia racemosa</i> Benth.	21,1	36,8	6,82	56	7,07	1,29	5,26	19,15	12,08	TS	S
39	Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	21,9	3,2	0,59	8	1,01	0,12	0,49	2,09	1,08	IT	CL
40	Caesalpiniaceae	<i>Tachigalia sp.</i>	16,0	1,6	0,30	4	0,51	0,03	0,13	0,93	0,43	TS	S
41	Humeriaceae	<i>Vantanea parviflora</i> Lam.	12,4	1,6	0,30	4	0,51	0,02	0,08	0,88	0,38	ID	CS
42	Fabaceae	<i>Vataireopsis speciosa</i> Lam.	70,7	1,6	0,30	4	0,51	0,63	2,55	3,36	2,85	TS	CL
43	Meristicaceae	<i>Virola sp.</i>	12,1	14,4	2,67	36	4,55	0,16	0,67	7,89	3,34	TS	CL
44	Meristicaceae	<i>Virola venosa</i> Benth	24,9	49,6	9,20	52	6,57	2,19	8,94	24,70	18,14	TS	CL
		Total geral	937,6	539,2	100	792	100	24,56	100	300	200	0	0

Para a classificação o Grupo Ecológico (GE) 1 foi adotada a classificação usada por Pinheiro et al.(2007) cuja as espécies são identificadas como:Tolerantes a Sombra (TS); Intolerante a Sombra (IT) e Indeterminada (ID); e para o GE 2 adotou-se a classificação sugerida por Gandolffi et al. (1995): Pioneiras – Espécies que ocorrem em locais dependentes de luz (P) Secundárias Iniciais – Espécies encontradas em sombreamento médio ou luminosidade não muito intensa(SI), Secundárias Tardias – espécies que se desenvolvem em condições de sombra leve ou densa e crescem até alcançar o dossel ou a condição de emergente (ST); Sem Caracterização- Espécies com carência de informação(ID).

Com a tabela fitossociológica criada no microsofit Exel XP 2007, e a utilização do programa STATISTIC TRIAL, definiu-se as componentes principais (Tabela 2), que foram usadas na análise de agrupamento e discriminantes, sendo que os três primeiros componentes foram suficientes para explicar a variância disponível sendo usados os respectivos escores associados a cada espécie estudada.

TABELA 2: Componentes principais, Proporção de Variância e Variâncian acumulada
TABLE 2: Major components, and Proportion of Variance Variance Accumulated

CP	Autovalor	P. Variância	Variância Acumulada
1	4,783902	68,34146	68,3415
2	1,072193	15,31704	83,6585
3	0,917743	13,11061	96,7691

Análise de agrupamento

A obtenção das componentes principais possibilitou a realização da análise de agrupamento utilizando o programa STATISTIC TRIAL e o método de Ward, e como medida de dissimilaridade a distancia Euclidiana, visto que esta é segundo SOUZA et al., (1997), normalmente preferível para variáveis padronizadas, sendo mais indicado trabalhar com unidades relativas.

A aplicação deste procedimento deu origem a um Dendrograma (Figura 2), que demonstrou a presença de três grupos sendo necessária a realização da análise discriminante para verificar a pertinência dos grupos formados, tendo em vista a má classificação dos grupos ecológicos. Sendo que essa é uma classificação subjetiva.

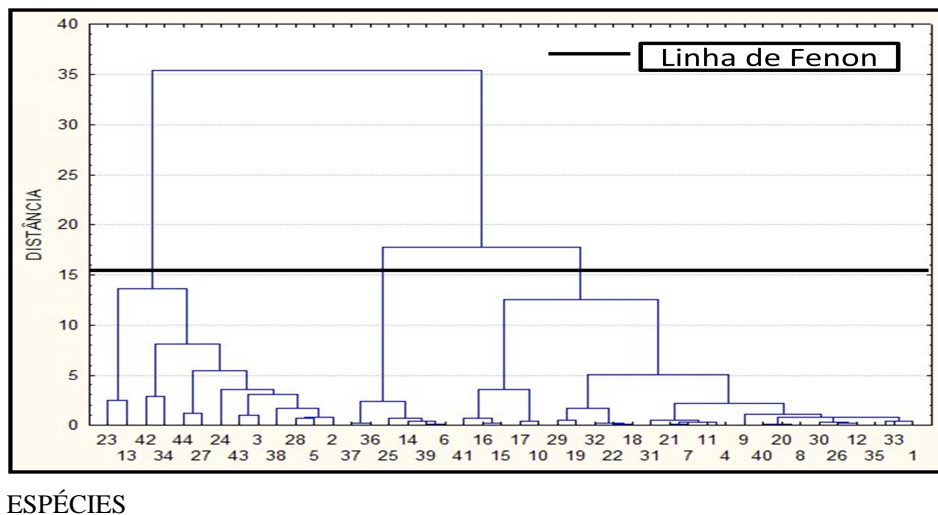


FIGURA 2: Dendrograma representativo do agrupamento das 44 espécies, obtidas pelo método de Ward, com base na distância euclidiana.

FIGURE 2: Dendrogram representing the clustering of 44 espécies obtained by the Ward method based on Euclidean distance.

A pertinência dos grupos formados com a análise de agrupamento foi verificada com a aplicação da análise discriminante (Tabela 3).

TABELA 3: Classificação a posteriore e número de espécie classificado por cada grupo.
 TABLE 3: Classification and the subsequent number of species classified by each group

Grupo aPosteriore	Classificação Correta (%)	Grupo		
		1	2	3
		Probabilidade de Classificação		
		0,15909	0,72727	0,11364
1	96,76	43	1	1
2	100	1	0	0
3	100	0	0	0
Total	96,76	44	1	1

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na mata da “Gruta” foram encontradas 23 famílias, 44 espécies e 337 indivíduos, analisando a tabela construída com esses dados, mais os parâmetros fitossociológicos (Densidade Absoluta e Relativa (DA, DR), Frequência Absoluta e Relativa (FA, FR), Dominância Absoluta e Relativa (DoA, DoR), Valor de Importância (VI), Valor de Cobertura (VC), é constatado que a espécie de maior densidade relativa e frequência relativa foi: *Gutteria amazônica* R. E. Fr., (13) com 16,91 indivíduos por hectare, a com maior, a que apresentou maior Dominância Relativa, maior Valor de Importância e o maior Valor de Cobertura foi *Mora paraensis* Ducke 21,56 para Dominância, 42,90 para Valor de Importância e 34,32 para Valor de Cobertura.

Na análise das componentes principais foi possível diminuir a quantidade de variáveis da 7º dimensão para a 3º dimensão simplificando assim a estrutura original dos dados, sendo que essas três primeiras componentes explicam 96,76% da variância total.

A análise de agrupamento utilizando as três componentes principais formou três grupos compostos com as seguintes espécies:

Grupo 1 *Bocageopsis multiflora* And, (2); *Bombax paraensis* Duck, (3); *Carapa SP.*(5); *Gutteria amazônica* R. E. Fr., (13); *Mora paraensis* Ducke, (23); *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze, (24); *Pouteria guianensis* Aubl.,(27); *Protium sagotianum* Marchand, (28); *Rinorea racemosa* Aubl.,(34); *Swartzia racemosa* Benth.,(38); *Vataireopsis speciosa* Lam.,(42); *Virola venosa* Benth, (44); *Virola sp.*(43).

Grupo 2 *Cecropia peltata* Tree,(6); *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.,(14); *Platonia insignis* Mar, (25); *Symphonia globulifera* L. f.,(39) *Spondias lutea* L.(37). *Schefflera morototoni* Aubl. (36).

Grupo 3 *Aspidosperma carapanauba* Benth,(1); *Carapa guianensis* Aubl.,(4); *Cecropia SP.*,(7); *Ceiba pentandra* (L.),(8); Gaertn., *Clinostemon mahuba* (A. Samp.), (Kuhl. & A. Samp., (9); *Cordia tetrandra* Aubl, (10); *Ficus pulchella* Schott, (11); *Inga laurina* (Sw.) Willd.,(19); *ingá edulis* Mart,(18); *Inga thibaudiana* DC.,(20); *Genipa americana* L.,(12); *indet 1*,(15); *indet 2*,(16); *indet 3*,(17); *Maquirasclerophylla* (Ducke) C.C. Berg,(21); *Matisia paraensis* Huber,(22); *Platymiscium ulei* Harms,(26); *Pterocarpus officinalis* Engler,(30); *Qualea paraensis* Aubl.,(32); *Pterocarpus amazonicus* Huber,(29); *Quararibea guianensis* Ducke,(33); *Vantanea parviflora* Lam.,(41); *Pterocarpus vernalis* Pittier,(31); *Sarcaulus brasiliensis* (A DC.) Eyna.(35). *Tachigalia sp.* (40).

Observou-se que a formação do grupo 1 foi composta por doze espécies inicialmente classificadas como tolerantes a sombra e somente uma espécie classificada como intolerante a sombra. O grupo 2 foi formado com seis espécies todas classificadas inicialmente como intolerantes a sombra. O grupo 3 formou-se com dezoito espécies classificadas inicialmente como tolerantes a sombra e 6 espécies classificadas como indeterminadas

Com a aplicação da análise discriminante verificou-se que houve 96,76% de classificação correta, resultado semelhante ao encontrado por Santos et al. (2004), que obteve 92,86% de classificação correta. Portanto essa seria a forma sugerida de classificação para formação de 3 grupos, tendo em vista as variáveis utilizadas.

As espécies que possivelmente foram má classificação foram: *Bombax paraensis* Duck, (3); que pela análise realizada poderia esta melhor classificada se pertence-se ao grupo 3; *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze, (24) espécie cuja a probabilidade de classificação seria estar no grupo 2 e *Virola sp.*(43). Que possivelmente poderia estar melhor locada no grupo 3.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de componentes principais, análise de agrupamento e análise discriminante mostrou que as espécies não possuem um mesmo comportamento sendo exposta a necessidade das espécies serem classificadas em mais grupos ecológicos.

A maioria das espécies da mata da “Gruta” em relação ao GE 1 foram classificadas como

Tolerante a Sombra, e quanto ao GE 2 secundária inicial. Essa classificação e os resultados obtidos com as análises dos dados sugeriram que a mata da “Gruta” comporta-se como uma floresta secundária.

O estudo proporcionou um maior conhecimento do comportamento ecológico das espécies de várzea, e o enriquecimento da literatura visto que são raros os estudos que utilizam componentes principais, análise de agrupamento e análise discriminante para distinguir grupos ecológicos em várzea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA-NETO, S.V.; SILVA, M.S. **Projeto zoneamento ecológico-econômico do setor costeiro estuarino do Estado do Amapá: diagnóstico sócio-ambiental, relatório técnico de vegetação.** Macapá: IEPA, 2003. 38p.

GAMA et. al. Estrutura e Valoração de uma Floresta de Várzea Alta na Amazônia. **Cerne**, v.8, n.1, 2002, p.088-102.

GAMA et. al. Estrutura E Potencial Futuro Da Regeneração Natural De Uma Floresta De Várzea Alta No Município De Afuá, Estado Do Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 71-82, maio/junho, 2003.

IBAMA, INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Disponível em: <www.ibama.gov.br/provarzea>. Acesso em: 02/05/08

SOUZA, A.L.; FERREIRA, R.L.C.; XAVIER, A. **Análise de agrupamento aplicada à área florestal.** Viçosa, MG: SIF, 1997. 109 p. (Documento SIF, 16).

SANTOS, J. H. da S; FERREIRA, R. L. C; SILVA, J. A. A. da; S, A. L. de; SANTOS, E de S; MEUNIER I. M. J.; Distinção de Grupos Ecológicos de Espécies Florestais Por Meio de Técnicas Multivariadas. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.3, 2004 p. 387-396

NASCIMENTO, R. F. do; MANZATTO, Â. G. Análise Das Variações Florísticas e Estruturais de um Trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial Localizada no Campus Universitário José Ribeiro Filho. 6 p.

HAIR, J. F. et. al. **Análise multivariada de dados.** Porto Alegre, Bookman, 2005, 593p VALENTIN, J. L. **Ecologia Numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos.** Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 117p.

XISTO, G. J. Potencialidade dos recursos naturais da várzea para adubação Orgânica na agricultura em comunidades tradicionais da região do Paraná de Parintins- AM. **Revista brasileira de Agroecologia.** 2009. 3649 a 3652 p.

PINHEIRO, K. A. O; CARVALHO, J. P. de; QUANZ, B; FRANCEZ, L. M. DE B; SCHWARTZ G. Fitossociologia de uma Área de Preservação Permanente no Leste da Amazônia: Indicação de Espécies para Recuperação de Áreas Alteradas. **Floresta**, Curitiba PR, v37, n.2 p13. mai/ago.2007.

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM EM UM FRAGMENTO DE CERRADO
SENSU STRICTO EM JATAÍ-GO

COMPARISON OF SAMPLING METHODS IN A CERRADO *SENSU STRICTO* FRAGMENT
IN JATAÍ-GO

Renan Augusto Miranda Matias¹; Francisco Costa Júnior¹; Bruno Silva Ferreira²;
Mauro Antônio Oliveira Assis²; Thelma Shirlen Soares³

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar métodos alternativos de amostragem em uma área de cerrado *sensu stricto* em Jataí, região sudoeste do Estado de Goiás, tomando-se por base a análise florística e fitossociológica. O levantamento florístico foi realizado utilizando os métodos de amostragem de área fixa (método I) e variável – método de Bitterlich - empregando os fatores de área basal 0,5 (método II) e 1,0 (método III). Os índices utilizados para avaliar a diversidade florística foram o índice de Shannon-Weaver (H'), concentração de Simpson (C'), equitabilidade de Pielou (J'), e o Quociente de Mistura de Jentsch (QM). Verificou-se que todos os métodos de amostragem apresentaram valores similares para os índices, dessa forma sendo possível inferir que o método de Bitterlich é tão eficiente quanto ao de área fixa para análise florística e fitossociológica.

Palavras-chave: métodos alternativos; Bitterlich; área fixa.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate alternative methods of sampling in a cerrado *sensu stricto* area in Jataí, southwest region of Goiás-Brazil, based on the floristic and fitossociological analysis. The floristic survey was carried out using the methods of fixed area (method I) and variable sampling - Bitterlich's method - using the factors of basal area 0.5 method (II) and 1.0 (III). The Shannon-Weaver index (H'), concentration of Simpson (C'), Pielou evenness (J') and the Coefficient of Moisture of Jentsch (QM) were used to evaluate the floristic diversity. That all sampling methods showed similar values for indices calculated, inferring that the Bitterlich's method is as efficient as that of fixed area for floristic and fitossociological analysis.

Keywords: Alternative methods, Bitterlich; fixed area.

INTRODUÇÃO

O bioma cerrado ocupa originalmente cerca de 25% do território brasileiro, estendendo-se da margem da Floresta Amazônica até os Estados de São Paulo e Paraná (RATTER e DARGIE, 1992; OLIVEIRA FILHO e RATTER, 1995; RATTER et al., 1997). Trata-se do segundo maior bioma do país, destacando-se pela diversidade de formas fitofisionômicas e por sua enorme biodiversidade, estimada em um terço da biota brasileira e 5% da flora e fauna mundiais (RATTER e DARGIE, 1992; ALHO e MARTINS, 1995). Entretanto, é classificado como um *hotspot* por apresentar expressiva redução de biodiversidade, sendo reconhecido internacionalmente como área prioritária para conservação (MYERS et al., 2000).

Goiás é o único Estado da Federação totalmente inserido na área core do cerrado (CARVALHO et al., 2008), porém levantamentos demonstram uma taxa de conversão da cobertura nativa na ordem de 64%, fortemente marcadas pela expansão da pecuária e pela tecnificação da agricultura (FERREIRA et al., 2005).

Considerando-se que a forma desordenada de ocupação e exploração do cerrado vem acarretando prejuízos sociais, econômicos e ambientais nessas regiões (OLIVEIRA et al., 1998), a aplicação de técnicas de manejo pode ser uma estratégia efetiva, visando o uso sustentável da vegetação nativa. O manejo fundamenta-se na produção contínua e sustentada do ecossistema florestal, buscando encontrar o balanço entre a produção e as funções ecológicas desse ecossistema (WAKEEL et al., 2005).

De acordo com Zuany et al. (2007), o conhecimento da flora do cerrado tem elevada importância, tanto para permitir sua preservação como meio natural como para levantar dados úteis, tais como fontes de matéria-prima para determinados produtos, proteção da fauna, manejo de flora, entre

¹ Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, *Campus Jataí*, Cx. Postal 3, CEP 75801-615, Jataí-GO. Bolsista CNPq.

² Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, *Campus Jataí*, Cx. Postal 3, CEP 75801-615, Jataí-GO.

³ Professora do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, *Campus Jataí*, Cx. Postal 3, CEP 75801-615, Jataí-GO.

outros.

A literatura é vasta quanto aos métodos de amostragem que podem ser utilizados em levantamentos florestais, contudo a escolha do método de amostragem depende das características da vegetação, dos objetivos a serem alcançados, dos recursos disponíveis e precisão requerida (HUSCH et al., 1982).

Uma análise representativa da população de estudo pode ser obtida quando se mede corretamente uma amostra (KREBS, 1999). Por isso, a decisão sobre um método de amostragem deve ser fundamentada nas peculiaridades da população alvo.

O método baseado em parcelas de área fixa é o mais usual para amostragens florestais, entretanto, possui custo elevado e exige maior tempo para os levantamentos, devido à alocação de parcelas e medição de um número elevado de árvores.

Apesar do amplo uso do método de área fixa, métodos alternativos existem e podem se constituir na opção ideal em alguns tipos de inventários, especialmente quando se deseja rapidez e eficiência, como é o caso do método de amostragem de Bitterlich (SANQUETTA et al., 2006).

De acordo com Dias (2005), embora o método de Bitterlich tenha sido proposto para o estudo de área basal e determinação de volume de povoamentos florestais, o método tem sido empregado com sucesso em levantamentos florísticos e fitossociológicos.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar métodos alternativos de amostragem em uma área de cerrado *sensu stricto* em Jataí, região sudoeste do Estado de Goiás, tomando-se por base a análise florística e fitossociológica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um fragmento de 1,01 ha de cerrado *sensu stricto* localizado no *Campus* Jataí da Universidade Federal de Goiás, localizado a 17°53'S e 51°43'W. O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é Aw - tropical de Savana e megatérmico.

O levantamento florístico foi realizado utilizando os métodos de amostragem de área fixa (método I) e variável – método de Bitterlich - empregando os fatores de área basal 0,5 (método II) e 1,0 (método III).

Na amostragem utilizando-se parcelas fixas, foram alocadas sistematicamente três parcelas de 250 m² ao longo de toda a área. Como nível de inclusão foram considerados os seguintes critérios: a) árvores com diâmetro a 0,30 m do solo (*das*) maior do que 5 cm; e b) árvores com diâmetro a 1,30 m do solo (*dap*) maior ou igual a 3 cm.

Para o método de amostragem de Bitterlich, foram utilizados os fatores de área basal 0,5 e 1 do instrumento Cruz-all. Neste método amostral, o centro de cada parcela de área fixa foi considerado como um ponto de amostragem, totalizando 3 pontos de amostragem para cada fator de área basal.

A identificação taxonômica das espécies foi realizada em campo e por meio de consulta em literatura especializada além de comparação com espécimes existentes do Herbário Jataiense do *Campus* Jataí da UFG. A sinonímia e a grafia dos taxa foram atualizadas mediante consulta ao índice de espécies do Royal Botanic Garden e do banco de dados do Missouri Botanical Garden, disponível na página <http://tropicos.org>. O sistema de classificação adotado foi o APG II (2003).

Para avaliar a diversidade da área foram utilizados o índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e o índice de concentração de Simpson (C'). Também foi avaliado o índice de equitabilidade de Pielou (J'), permitindo representar a uniformidade de distribuição dos indivíduos entre todas as espécies existentes (MAGURRAN, 1988) e o Quociente de Mistura de Jentsch (QM) o qual representa o número de indivíduos amostrados em relação às espécies encontradas no povoamento (HOSOKAWA, 1988).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos levantamentos amostrais foram amostradas 14 espécies, distribuídas em 10 famílias botânicas, 13 gêneros e 14 espécies (Tabela 1).

Todas as espécies qualificadas pelo método de Bitterlich (método II e III) foram coincidentes com as espécies amostradas pelo método de parcelas de área fixa.

Em todos os métodos de amostragem, as famílias mais ricas em espécies (Figura 1) foram Anacardiaceae e Malvaceae.

TABELA 1: Relação das famílias e espécies amostradas no fragmento de cerrado *sensu stricto*, para parcelas de áreas fixas e parcelas de áreas variáveis com fatores de área basal 0,5 e 1,0.TABLE 1: Relationship of families and species sampled in the fragment of cerrado *sensu stricto*, for plots in areas fixed and plots of areas with variable factors of basal area 0.5 and 1.0.

Família	Espécie	Nome comum	Mét. de amost.*		
			I	II	III
Anacardiaceae	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Aroerinha	X	X	
	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira	X	X	X
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	Ipê amarelo do cerrado	X	X	X
	<i>Tabebuia ochracea</i> A.H. Gentry	Ipê-amarelo	X	X	
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Capitão do campo	X	X	X
Dileniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	X	X	
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> var. <i>angustifolium</i> (Mart.) O.E. Schulz	Cocão	X		
Fabaceae	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	Pau-paratudo	X		
	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Falso-barbatimão	X	X	
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Açoita-cavalo	X	X	X
	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) Robyns	Embiruçu	X		
Proteaceae	<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	Carne-de-vaca	X		
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	Puruí	X		
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatunga	X		

* Em que: Método I = área fixa, Método II = Bitterlich fator área basal 0,5, Método III = Bitterlich fator área basal 1,0.

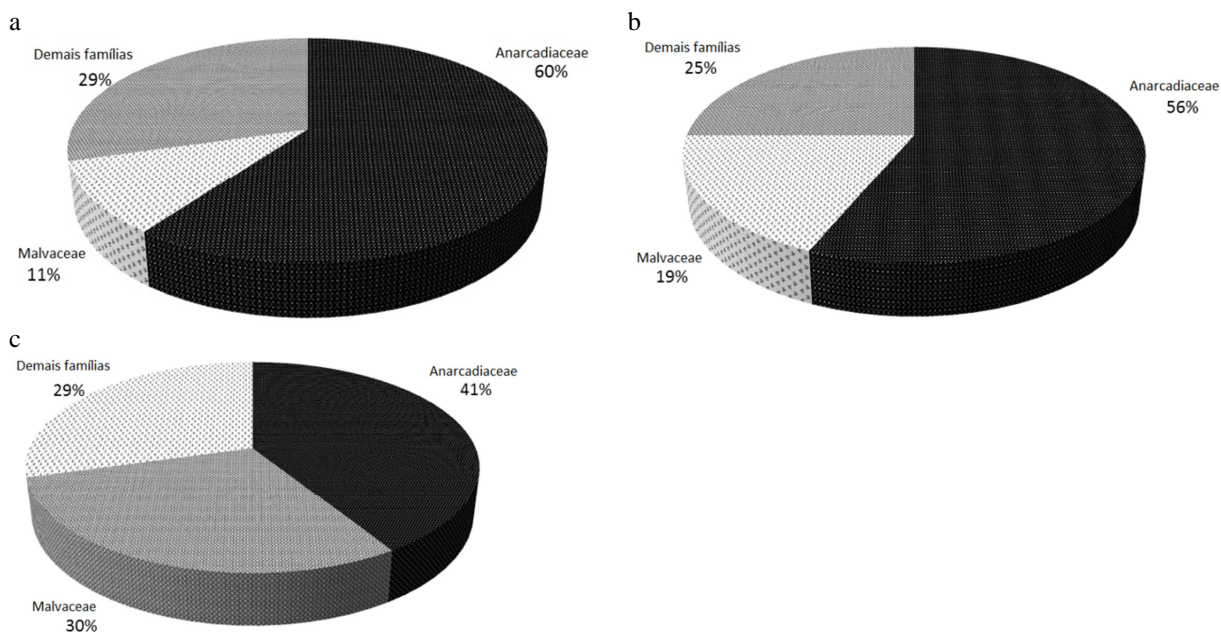


FIGURA 1: Distribuição dos indivíduos amostrados dentro das principais famílias para a área os diferentes métodos de amostragem. Em que: a) Método I = área fixa; b) Método II = Bitterlich fator área basal 0,5; c) Método III = Bitterlich fator área basal 1,0.

FIGURE 1: Distribution of individuals sampled within the major families in the area the different sampling methods. In which: a) Method I = fixed area; (b) Method II = Bitterlich factor basal area 0.5; c) Method III = Bitterlich factor basal area 1.0

Na área estudada observou-se alta frequência da espécie *Myracrodruon urundeuva* a qual está incluída na listagem de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção (BRASIL, 2008).

Os índices de diversidade de espécies obtidos nos três métodos de amostragem são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: Valores obtidos para os Índices de Diversidade de Shannon-Weaver, Concentração de Simpson, Equitabilidade de Pielou e Quociente de Mistura de Jentsch para a área os diferentes métodos de amostragem.

TABLE 2: Values obtained for the Shannon-Weaver Index, Concentration of Simpson, Pielou evenness and Coefficient of Moisture of Jentsch for the area the different sampling methods.

Índices	Método de amostragem*		
	I	II	III
Diversidade de Shannon-Weaver (H')	1,8	1,6	1,3
Dominância de Simpson (C)	0,3	0,3	0,3
Equabilidade de Pielou (J')	0,7	0,7	0,9
Quociente de Mistura de Jentsch (QM)	0,147	0,250	0,235

* Em que: Método I = área fixa, Método II = Bitterlich fator área basal 0,5, Método III = Bitterlich fator área basal 1.

Os métodos de amostragem empregados apresentaram valores similares para os índices de diversidade florística analisados.

Analisando os três métodos de amostragem, verificou-se que a área em estudo apresentou valores médios de 1,6 e 0,3 para os índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e de concentração de Simpson (C'), respectivamente, indicando que trata-se de uma área com diversidade relativamente baixa e baixa concentração de espécies.

Os valores obtidos para o índice de Shannon-Weaver estão abaixo dos obtidos por Felfili e Silva Júnior (1993) que obtiveram valores de H' variando de 3,41 a 3,5 nats/ind. em diversas áreas de cerrado *sensu stricto*.

O valor médio obtido para o índice de Equabilidade de Pielou (0,8) indicando que as espécies ocorrentes na área em estudo estão uniformemente distribuídas na área. Os valores de J estão próximos aos apresentados por Felfili et al. (2004) para nove áreas de cerrado *sensu stricto* nos estados de Goiás e Distrito Federal.

Em relação ao Quociente de Mistura de Jentsch, obteve-se valor médio de 0,211 que indicou uma espécie nova em média a cada 5 indivíduos amostrados, o que indica baixa heterogeneidade de espécies na área estudada.

Observou-se que o fragmento estudado apresenta baixa riqueza florística, independente do método de amostragem empregado. Tal comportamento é reflexo da antropização ocorrida na área o que é verificado pela grande incidência de braquiária (*Brachiaria* spp.).

Analisando os índices obtidos nos três métodos de amostragem empregados, pode-se inferir que o método de Bitterlich é tão eficiente quanto ao de área fixa, apresentando potencial de emprego em levantamentos florísticos.

CONCLUSÕES

Considerando-se uma mesma intensidade amostral, verificou-se que todos os métodos de amostragem apresentaram valores similares para os índices de diversidade de Shannon-Weaver, concentração de Simpson, equitabilidade de Pielou e quociente de Mistura de Jentsch.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHO, C.J.; MARTINS, E.S. **De grão em grão, o cerrado perde espaço**. Brasília: WWF/PROCER, 1995. 66 p.

APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, n. 4, p. 399-436, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº.06, de 23 de setembro de 2008. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 de setembro de 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=203>>. Acesso em: 12 junho 2011.

CARVALHO, T.M.; FERREIRA, M.E.; BAYER, M. *Análise integrada do uso da terra e geomorfologia do bioma cerrado: um estudo de caso para Goiás*. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 62-72, 2008.

DIAS, A.C. **Composição florística, fitossociologia, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual Carlos Botelho/SP-Brasil**. 2005. 184f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) Vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 277-289, 1993.
- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C.; SEVILHA, A.C.; FAGG, C.W.; WALTER, B.M.T.; NOGUEIRA, P.E.; REZENDE, A.V. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, v. 175, p. 37-46, 2004.
- FERREIRA, N.C.; BARCELOS, R.; FERREIRA, L.G. Transferência de informações ambientais geograficamente referenciadas no estado de Goiás: Subsídio à gestão territorial e ambiental integrada e democrática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII., 2005 Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 2137-2144.
- HOSOKAWA, R.T. **Estrutura e manejo de floresta natural em regime de rendimento sustentado**. In: Curso de atualização em manejo florestal. Curitiba: APEF, p56-75, 1988.
- HUSCH, B., MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 3 ed. New York: John Wiley e Sons, 1982. 402p.
- KREBS, C.J. **Ecological methodology**. 2 ed. Menlo Park: Addison Wesley Longman, 1999. 620p.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988.192p.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- OLIVEIRA, A.D.; LEITE, A.P.; BOTELHO, S.A.; SCOLFORO, J.R.S. Avaliação econômica da vegetação de cerrado submetida a diferentes regimes de manejo e de povoamentos de eucalipto plantado em monocultivo. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 34-56, 1998.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; RATTER, J.A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 141-194, 1995.
- RATTER, J.A.; DARGIE, T.C.D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 49, n. 2, p. 235-250, 1992.
- RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, n.3, p. 223-230, 1997.
- SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F.; DALLA CÔRTE, A.P.; FERNANDES, L.A.V. **Inventários florestais: planejamento e execução**. Curitiba: [s.e.], 2006, 271 p.
- WAKEEL, A.; RAO, K.S.; MAIKHURI, R.K.; SAXENA, K.G. Forest management and use/cover changes in a typical micro watershed in the mid elevation zone of Ventral Himalaya, India. **Forest Ecology and Management**, n. 213, p. 229-242, 2005.
- ZUANY, L.; PRATES, E.; FRANCO, M.; GALHARDO, I.; ALBUQUERQUE, R.; FANK-DE-CARVALHO, S. Levantamento Florístico de uma área de cerrado da Universidade de Brasília. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 801-803, 2007.

CRESCIMENTO INICIAL E SOBREVIVÊNCIA DE *Eucalyptus dunnii* Maiden EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM SOLO ARENOSO NO RIO GRANDE DO SUL

INITIAL GROWTH AND SURVIVAL OF *Eucalyptus dunnii* Maiden IN DIFFERENT SPACING IN SANDY SOIL IN RIO GRANDE DO SUL

Suzana Ferreira da Rosa¹; Dalvan José Reinert²; Frederico Dimas Fleig²; Mayra de Souza Dettmer³; Claudine Ohana Barcellos Consensa⁴; Charlotte Wink⁵; Neiva Somavilla Gelaen⁵

RESUMO

A expansão de plantios florestais no Rio Grande do Sul, sobretudo no bioma Pampa requer estudos detalhados sobre a capacidade produtiva dos sítios que são formados, em sua maioria, por solos muito arenosos. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e a sobrevivência de *Eucalyptus dunnii* Maiden implantado em diferentes espaçamentos em solo arenoso no Rio Grande do Sul. O trabalho se desenvolveu no município de São Francisco de Assis (RS), onde foi instalado um experimento no delineamento blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos dos espaçamentos de plantio: 3,50x3,50 m; 3,50x1,75 m; 1,75x1,75 m e 1,75x0,87 m. Foram realizadas as avaliações no decorrer de 12, 21, 27 e 33 meses de idade, em que se avaliou o diâmetro a altura do peito (DAP), altura total e sobrevivência. A taxa de sobrevivência não foi influenciada pelo espaçamento nas idades avaliadas. Aos 12 meses de idade não foi observado efeito do espaçamento no DAP, altura média e sobrevivência. Nas demais idades, os espaçamentos mais amplos apresentam as árvores mais grossas e com menor altura.

Palavras-chave: densidade de plantio; *Eucalyptus*; variáveis dendrométricas.

ABSTRACT

The advance of the forest stand in Rio Grande do Sul, mainly on Pampa biome needs detailed studies about productive capacity of sites formed by sandy soils. Thus study aims to evaluate the growth and survival of eucalyptus planted at different spacing in sandy soil in Rio Grande do Sul. The study was developed in São Francisco de Assis city (RS) where an experiment was conducted in a randomized block design with four treatment and four replicates. The treatments were formed by the plant spacing: 3,50X3,50m; 3,50X1,75m; 1,75X1,75m and 1,75X0,87m. Evaluations were performed in the course of 12, 21, 27 and 33 months of age, which evaluated the diameter at breast height (DAP), total height and survival. The survival rate was not influenced by the spacing between the ages evaluated. At 12 months of age was not observed effect of spacing on the DAP, average height and survival. On the other ages the wider spacing had the thicker trees and less height.

Keywords: planting density; *Eucalyptus*; dendrometric variables.

INTRODUÇÃO

O cultivo do eucalipto no Brasil passou a ser efetuado, inicialmente, para suprir a demanda de lenha pelas locomotivas e para servir de dormentes dos trilhos das ferrovias da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (HASSE, 2006). A partir daí, os plantios do gênero *Eucalyptus* se estenderam para todo o centro e sul do país, intensificando a produção a partir de 1960, com a política de incentivo fiscal ao reflorestamento, especialmente para as grandes indústrias siderúrgicas e de papel e celulose (HASSE, 2006).

Dentre as várias espécies de eucalipto cultivadas no Brasil, o *Eucalyptus dunnii* passou a ser uma alternativa interessante para a região sul, pois a espécie apresenta resistência ao frio e suporta temperaturas mínimas de até -5° C (FERREIRA et al., 1997). Além disso, a espécie proporciona uma boa produtividade e madeira de qualidade, e dessa forma, passou a ser largamente utilizada nos

¹ Eng. Florestal, MSc, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria (RS), CEP 97105-900. suzanafr@yahoo.com.br.

² Professor do PPG em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), CEP 97105-900.

³ Aluna de graduação em Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS).

⁴ Aluna de graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS).

⁵ Eng. Florestal, Aluna do PPG em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS).

florestamentos nos últimos anos.

No Rio Grande do Sul, o cultivo florestal com eucalipto, entre outras essências florestais, encontra-se em expansão. As áreas em expansão situam-se sob campo nativo anteriormente usado para pecuária extensiva. Tais áreas, devido ao material de origem e formação do solo, apresentam fragilidade estrutural e baixa fertilidade natural, por isso, são limitantes ao crescimento das plantas (BARROS et al., 1981). Devido às limitações oferecidas pelo solo, tornam-se necessários estudos sobre o comportamento da espécie nesses sítios, bem como as práticas de manejo adotadas na condução da floresta. Nessas áreas predominam solos de textura arenosa, e consequentemente há baixa capacidade de retenção de água, com isso, a utilização de manejo não apropriado ao sítio promove uma acentuação dos efeitos de déficit hídrico (LELES et al, 2001) e isso ocorre, principalmente, na utilização de um elevado estoque de plantas por hectare, pois a qualidade do sítio determina a quantidade de madeira que uma determinada área pode produzir (DAVIS, 1966 *apud* TONINI, 2003).

Dentre as práticas de manejo florestal, a escolha do espaçamento de plantio é um dos principais fatores que afetam a formação das florestas, seus tratos culturais, a qualidade da madeira, sua extração e, conseqüentemente, os custos de produção (SIMÕES et al., 1976), sendo de grande importância para o desenvolvimento das árvores sob os aspectos tecnológico, silvicultural e econômico.

Para facilitar a seleção de adequados espaçamentos iniciais para plantações florestais, de acordo com os objetivos de gestão específicos, uma melhor compreensão é necessário sobre os efeitos da qualidade do sítio e espaçamento de plantio na dinâmica da floresta (HARRINGTON et al., 2009). Após alguns anos de crescimento da floresta, as plantas entram em competição por água, luz e nutrientes. Por tanto, é esperado que os fatores climáticos, edáficos e fisiográficos do sítio devam ter suas influências na escolha do espaçamento (BALLONI e SIMÕES, 1980). Nesse sentido, em locais mais secos e/ou com solos de mais baixa fertilidade tendem a suportar um número menor de plantas por área do que locais mais úmidos e férteis (BALLONI e SIMÕES, 1980).

HARRINGTON et al. (2009) afirmam que, em geral, a qualidade do sítio não tem influência sobre o limite de tamanho máximo de densidade de espécies de coníferas, mas ele tem uma influência positiva sobre a taxa de aumento no tamanho da árvore média como se desenvolve e, posteriormente, a taxa de diminuição da densidade-tronco como eles sofrem a concorrência de mortalidade induzida.

A velocidade de crescimento das plantas é fortemente influenciada pela área disponível, portanto, é afetada pelo estágio de desenvolvimento de uma floresta que está sempre condicionada à idade, qualidade do sítio, espécie, densidade, e à unidade de medição em que é expresso (TONINI, 2003).

Os estudos sobre espaçamento inicial geralmente têm focado o crescimento em altura, diâmetro e volume do sítio (PINKARD e NEILSEN, 2003). Em média, segundo preceitos teóricos silviculturais, o espaçamento tem uma influência maior no desenvolvimento do DAP do que no desenvolvimento em altura das árvores (BALLONI e SIMÕES, 1980), em que os menores espaçamentos resultam em menor diâmetro e menor porcentagem de sobrevivência (TONINI, 2003).

Considerando a relação entre o sítio e espaçamento de plantio adotado, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito do espaçamento de plantio no crescimento inicial de um povoamento de *Eucalyptus dunnii* implantado em solo arenoso no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área experimental, no município de São Francisco de Assis (RS). A região de estudo faz parte da campanha sudoeste do Rio Grande do Sul, situada no bioma Pampa, onde ocorre a expansão do cultivo de espécies florestais de rápido crescimento, especialmente de eucalipto, para a produção de madeira para celulose. A área de instalação do experimento localiza-se na Fazenda Cerro do Jacaquá, sob coordenadas geográficas 29°39'09,21"S e 55°10'45,10"O, e pertence ao grupo StoraEnso divisão Rio Grande do Sul.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961), é do tipo Cfa, com temperatura média anual de 18°C. O solo da área em estudo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico (STRECK et al., 2008). A distribuição granulométrica das partículas do solo em estudo podem ser observadas na Tabela 1.

O experimento foi instalado em uma área de campo nativo. Os tratamentos foram compostos por diferentes espaçamentos de plantio de *Eucalyptus dunnii* Maiden: 3,50x3,50; 3,5x1,75; 1,75x1,75; 1,75x0,87 m (Tabela 2), sendo o número de plantas por hectare de cada espaçamento de, respectivamente, 816, 1632, 3265 e 6568 árvores/ha. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições.

O preparo do solo foi do tipo reduzido, sendo realizado por meio de escarificação mecânica na linha de plantio, a profundidade do sulco foi de 30 cm e foi aplicado 200 kg/ha de hiperfosfato natural reativo no sulco, na formulação de 29% de P₂O₅, 10% P₂O₅ ácido cítrico e 36% de cálcio. A vegetação de campo nativo foi suprimida com a aplicação do herbicida Glifosato na dose de 1,2 kg/ha. O plantio das mudas foi realizado manualmente e ocorreu em outubro de 2008, logo após as operações de preparo do solo. Na condução do experimento foi realizada uma adubação de arranque após um mês do plantio, na

qual foi aplicado 100 g de NPK (6:30:6) por planta, em covas laterais, distanciadas 15 cm das mudas. Por tanto, a fertilização fosfatada foi realizada considerando a área e a NPK se considerou o número de plantas.

TABELA 1: Caracterização granulométrica das camadas do Argissolo Vermelho distrófico na área de estudo em São Francisco de Assis, RS, Brasil.

TABLE 1: Size grain of the Alfissol in the study area at the São Francisco de Assis, RS, Brazil.

Camada (m)	A G (%)	A F (%)	Silte (%)	Arg. (%)	Classe Textural
0,00-0,10	24,59	60,03	9,14	6,3	Areia
0,10-0,20	22,64	57,13	10,02	10,21	Areia Franca
0,20-0,40	21,66	55,30	11,09	11,95	Areia Franca
0,40-0,60	19,31	57,40	10,92	12,37	Areia Franca
0,60-1,00	20,09	55,86	11,61	12,44	Areia Franca
1,00-1,50	16,27	48,62	11,06	24,04	Franco Arenosa

Em que: AG= Areia Grossa; AF= Areia Fina; Arg. = Argila

TABELA 2: Caracterização dos espaçamentos de plantio de *Eucalyptus dunnii* Maiden.

TABLE 2: Characterization of planting spacing of *Eucalyptus dunnii* Maiden.

Espaçamento(m)	N	n	a (m ²)
3,5x3,5	816	100	12,25
3,5x1,75	1632	200	6,12
1,75x1,75	3265	400	3,06
1,75x0,87	6568	805	1,53

Em que: N = número de árvores/há no momento do plantio; n = número de árvores existentes na parcela; a =área disponível por planta.

As avaliações foram realizadas medindo-se a circunferência a altura do peito e altura total nas idades de 12, 21, 27 e 33 meses para a estimativa do crescimento. Para as medições da circunferência utilizaram-se trena e depois as medidas foram convertidas em diâmetro (DAP) e expressa em centímetros. A altura total (h) aos 12 meses de idade foi medida com o uso de régua telescópica, enquanto nas demais idades, a medição foi realizada com hipsômetro *Vertex*.

As avaliações foram realizadas na área útil da parcela, para qual se utilizou seis linhas centrais da parcela, sendo excluídas da avaliação as duas primeiras e as duas últimas plantas contidas na linha. As avaliações em altura foram efetuadas em todas as árvores que compunham a área útil da parcela aos 12 meses, enquanto que nas demais idades, realizaram-se as medições em 36 árvores por parcela, das quais foram medidas todas as plantas para o espaçamento 3,5x3,5 m e as seis primeiras árvores em cada linha para os demais espaçamentos.

A partir das medições na área útil das unidades experimentais, foi calculada a taxa de sobrevivência (S), a qual, foi determinada com base na contagem das plantas vivas, estabelecendo-se uma proporção em relação ao número total de plantas esperados na área útil da unidade experimental.

A análise estatística foi realizada através da análise de variância e os tratamentos foram comparados pelo teste de comparação de médias Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de sobrevivência não foi influenciada pelo espaçamento de plantio, nas idades avaliadas (Figura 1). Ou seja, a análise de variância não detectou diferença entre os tratamentos. No entanto, ao observar o índice de sobrevivência aos 12 e aos 33 meses, nota-se que para o espaçamento 1,75x0,87m ocorreu um índice de mortalidade maior, quando comparado com os demais tratamento.

O espaçamento não afetou a mortalidade das plantas no presente estudo, porque, possivelmente há outros fatores do sítio que promoveram uma intensa mortalidade, não ocorrendo como resultado da competição entre as árvores. Pois, resultados de pesquisas já desenvolvidas afirmam que com o aumento do número de árvores, espera-se um aumento da mortalidade pela maior porcentagem de plantas dominadas e mortas que ocorrem em espaçamentos menores (TONINI, 2003).

Segundo Schneider (1993) os fatores que mais influem na sobrevivência das plantas de um povoamento, são o método e intensidade do preparo do solo, o clima no momento do plantio e meses seguintes, os aspectos físico, químico e biológico do solo e o grau de exposição do solo. Dessa forma, é possível que algum desses fatores tenha sido o responsável pela mortalidade de árvores.

Em estudo realizado por Harrington et al. (2009) avaliando o efeito do espaçamento de plantio e da qualidade do sítio no crescimento e mortalidade de *Pseudotsuga menziesii* foi observado que a mortalidade acumulada foi maior no espaçamento mais denso do que nos outros espaçamentos. No entanto, o efeito do espaçamento na mortalidade, bem como nas variáveis dendrométricas está

relacionado com a espécie e material genético. Em estudo realizado com *Eucalyptus grandis*, até a idade dos dois anos, o espaçamento não afetou significativamente os diâmetros e a percentagem de sobrevivência, no entanto, as alturas e os volumes foram significativamente afetados (REZENDE et al., 1981).

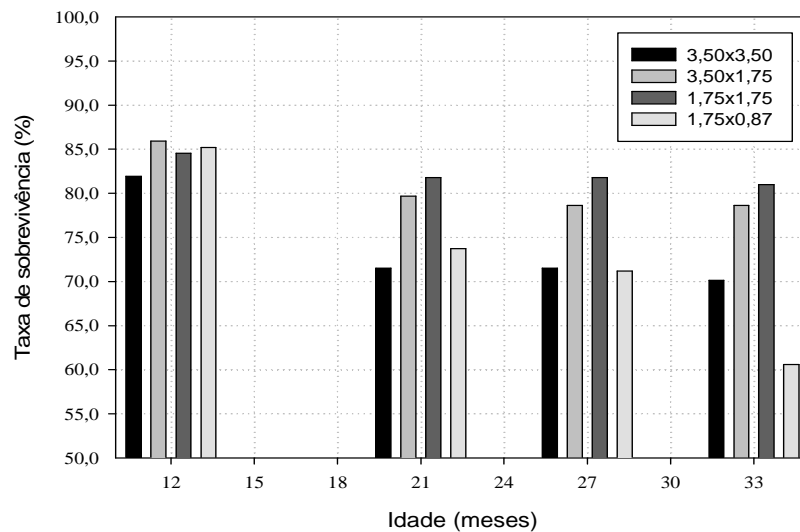


FIGURA 1: Taxa de sobrevivência de *Eucalyptus dunnii* Maiden, aos 12, 21, 27 e 33 meses de idade em diferentes espaçamentos de plantio, no município de São Francisco de Assis (RS).

FIGURE 1: Survival rate of *Eucalyptus dunnii* Maiden at 12, 21, 27 and 33 months of age in different spacing on São Francisco de Assis city (RS).

O crescimento em diâmetro de *Eucalyptus dunnii* não foi afetado pelo espaçamento de plantio até os 12 meses de idade (Figura 2), porém, aos 21 meses, observa-se que o espaçamento mais amplo (3,50x3,50 m) apresenta as árvores mais grossas, diferindo do espaçamento 1,75x0,87 m. Aos 27 meses, o diâmetro foi maior nos espaçamentos mais amplos (3,5x3,5 m e 3,5x1,75 m) diferindo do 1,75x1,75 m, o qual foi significativamente inferior. Aos 33 meses, o maior DAP foi observado no espaçamento 3,5x3,5m, que não diferiu do 3,5x1,75 m, mas diferiu do 1,75x1,75 m e do 1,75x0,87 m.

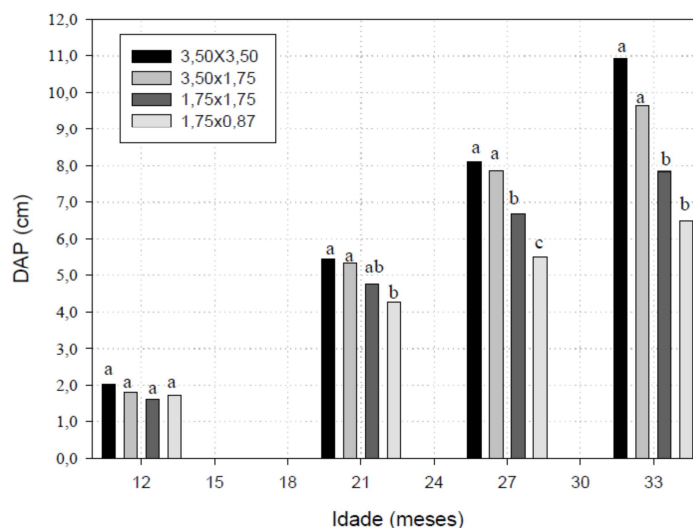


FIGURA 2: Diâmetro médio de *Eucalyptus dunnii* Maiden, aos 12, 21, 27 e 33 meses de idade em diferentes espaçamentos de plantio, no município de São Francisco de Assis (RS).

FIGURE 2: Mean diameter of *Eucalyptus dunnii* Maiden at 12, 21, 27 and 33 months of age in different spacing on São Francisco de Assis city (RS).

Os resultados estão de acordo com os estudos já desenvolvidos, pois as pesquisas têm demonstrado que o diâmetro médio é um parâmetro altamente correlacionado com o espaçamento (TONINI, 2003). Em que os espaçamentos mais adensados produzem uma grande quantidade de árvores

finas.

Além do maior crescimento em diâmetro nos espaçamentos mais amplos, é possível observar, através da Figura 2, que ao longo do tempo a variação entre os espaçamentos é maior, ou seja, as árvores dos espaçamentos maiores, tendem a ter um crescimento em diâmetro mais rápido que as árvores dos espaçamentos mais densos.

A altura média das plantas não foi influenciada pelo espaçamento de plantio aos 12 e aos 27 meses de idade (Figura 3). Entretanto, aos 21 meses o espaçamento menor promoveu maior crescimento em altura e diferiu do 3,50x3,50 m. O mesmo comportamento foi observado, novamente, aos 33 meses.

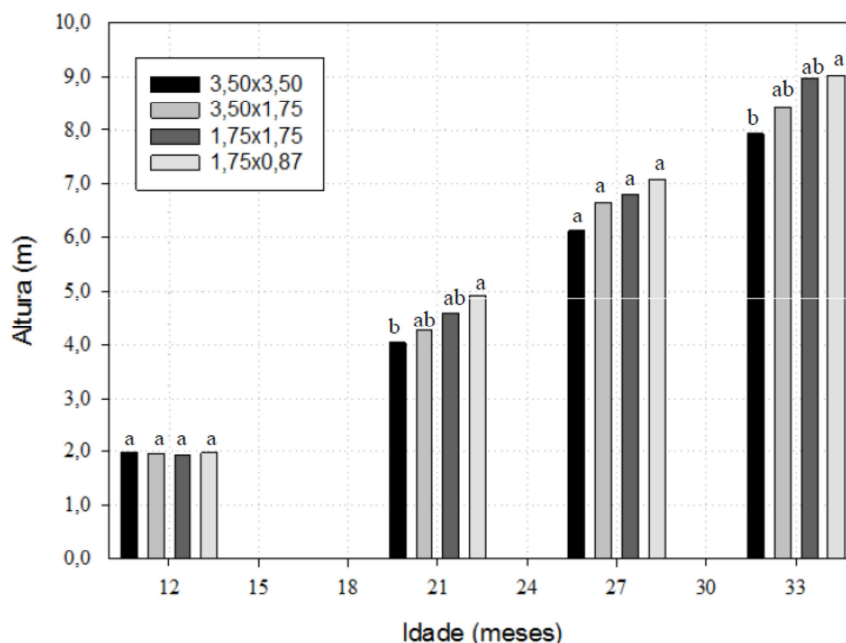


FIGURA 3: Altura média de *Eucalyptus dunnii* Maiden, aos 12, 21, 27 e 33 meses de idade em diferentes espaçamentos de plantio, no município de São Francisco de Assis (RS).

FIGURE 3: Mean height of *Eucalyptus dunnii* Maiden at 12, 21, 27 and 33 months of age in different spacing on São Francisco de Assis city (RS).

Resultado semelhante foi observado por Kruschewsky et al. (2007), avaliando o comportamento silvicultural e produtivo de *Eucalyptus spp.*, sob quatro diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril, no cerrado de Minas Gerais, observaram que a altura foi maior nos espaçamentos menores aos 18 meses de idade.

O resultado da altura média das árvores do presente estudo discorda de Oliveira Neto et al. (2010) ao afirmar que existem casos em que a altura média das plantas aumenta com o espaçamento. Um exemplo disso é o estudo de Balloni (1983), ao avaliar *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos de plantio, aos 74 meses de idade, observou tendência de diminuição da altura média das árvores com a redução do espaçamento. Balloni e Simões (1980) também verificaram a tendência em diminuir a altura média das árvores à medida que se diminuía o espaçamento, de acordo com os autores, a explicação para tal fato é que a diminuição do espaçamento proporciona, para muitas espécies, um aumento no número de árvores dominadas, as quais contribuem efetivamente para diminuição da altura média do povoamento.

Uma justificativa para tal resultado é a fertilização NPK aplicada logo após o plantio das mudas, o qual foi realizado por planta, fazendo com que os espaçamentos mais densos recebessem uma grande quantidade de fertilizante, e dessa forma, tendo condições nutricionais de se desenvolver, no entanto, devido à limitação de luz que a competição entre as árvores promoveu, o crescimento se limitou a altura.

Em um trabalho desenvolvido com os diferentes espécies de eucalipto em diferentes espaçamentos, constatou-se o efeito significativo do espaçamento no desenvolvimento em altura, registrando-se uma altura média de 16,83 m no espaçamento de 3x2 m e de 15,61 m no de 3 x 1,5 m, aos cinco anos de idade (MELO et al., 1971). Segundo os autores, o crescimento em altura é função da qualidade do solo, como o solo é pobre e a adubação foi pequena, a maior concentração de árvores no espaçamento de 3 x 1,5 m levou a uma menor disponibilidade de nutrientes para as árvores com reflexos no seu crescimento.

CONCLUSÕES

Os espaçamentos mais amplos foram responsáveis pelo maior crescimento em diâmetro das árvores. A altura foi maior nos espaçamentos mais densos. O espaçamento não afetou a taxa de sobrevivência das plantas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O **espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais**. Piracicaba: IPEF, 1980. v. 1. (Série Técnica, n. 3).
- BALLONI, E. A. Influência do espaçamento de plantio na produtividade florestal. **Silvicultura**, v. 8, n. 31, p. 588-592, 1983.
- BARROS, N.F. et al. Produção de eucalipto em solos do cerrado em resposta a aplicação NPK e de B e Zn. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 5, n. 1, p.90-103, 1981.
- FERREIRA, G. W.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B.; ASSIS, T. F.; RATNIEKS, E.; SILVA, M. C. M. Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 41-63. 1997.
- HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n.1, p.18-25. 2009.
- HASSE, G. **Eucalipto: histórias de um imigrante vegetal**. Porto Alegre: JÁ Editores, 2006. 127 p.
- KRUSCHEWSKY, G. C. et al. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp., em sistema agrossilvipastoril no Cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 360-367, out./dez. 2007.
- LELES, P. S. dos S. et al. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 77-87, jun. 2001.
- MELLO, H. A.; SIMÕES, J. W.; SOBRINHO, J. M.; COUTO, H. T. Z. do. **Influência do espaçamento na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado**. Piracicaba: IPEF, n.2/3, p.3-30, 1971.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.
- NETO, S. N. O. et al. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de Cerrado de Minas Gerais. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 755-762, out./dez. 2010.
- PINKARD, E. A.; NEILSEN, W. A. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 172, n. 2/3, p. 215-227, Jan. 2003
- REZENDE, G. C. de et al. **Novas técnicas de espaçamentos para *Eucalyptus* spp.** Piracicaba: IPEF, fev. 1981(Circular Técnica, n. 130)
- SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao Manejo florestal**. Santa Maria: Ed. UFSM, 1993. 348 p.
- SIMÕES, J.W. et al. Crescimento e produção de madeira de eucalipto. IPEF, v.20, p.77-97, 1980.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/ ASCAR-RS, 2008. 222 p.
- TONINI, H. **Crescimento e produção de clones de *Eucalyptus saligna* Smith, na Depressão Central e Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul**. 2003. 289 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

**ANÁLISE DA CONTINUIDADE ESPACIAL DO PROCESSO DE REGENERAÇÃO NATURAL
POR BANCO DE SEMENTES**

**ANALYSIS OF SPATIAL CONTINUITY OF PROCESS BY NATURAL REGENERATION OF
SEED BANK**

Daniela Cunha da Sé¹; Crysttian Arantes Paixão²; Guilherme Dias De Freitas³;
André Luiz Raimundo Faria⁴; José Marcio de Mello⁵

RESUMO

O conhecimento do processo de regeneração natural permite aprimorar técnicas de manejo e conservação de áreas florestais em processos de conversão para vegetação nativa. A utilização de técnicas espaciais, como a geoestatística, pode auxiliar na busca de informações mais precisas sobre este processo. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a existência ou não, de uma estrutura de dependência espacial definida para o processo de regeneração natural entre áreas de conversão de fazendas da empresa V&M Florestal, buscando identificar padrões deste comportamento. Desta maneira, foram realizadas análises dos semivariogramas experimentais, cálculos do índice de dependência espacial (IDE) e como a variável apresentou variabilidade espacial, foi realizada a Krigagem ordinária em todas as fazendas de estudo. A regeneração natural apresentou tendência em relação às coordenadas, a qual foi retirada através do ajuste de um modelo de regressão quadrático. Todas as fazendas analisadas apresentaram dependência espacial com relação ao processo de regeneração natural. O estudo mostra a eficiência da utilização do mapeamento da variabilidade espacial para a observação da regeneração natural, sendo este, uma ferramenta importante a ser utilizada no processo de tomada de decisão para a escolha de novas áreas a serem transformadas em áreas de conversão.

Palavras-chave: Escala de Likert, geoestatística, Krigagem ordinária.

ABSTRACT

The knowledge of the process of natural regeneration can improve techniques for the management and conservation of forest areas in processes for conversion to native vegetation. The use of space techniques, such as the geostatistics, may be of help in the search for more precise information on this process. In this context, the objective of this study was to evaluate the existence or not of a structure of spatial dependence defined for the process of natural regeneration between areas of conversion of company farms V&M Florestal, seeking to identify patterns of behavior. This way, analyzes were conducted on experimental semivariograms, calculations of the index of spacial dependence (IDE) and as the variable presented spatial variability, it was held in the ordinary kriging in all of the farms of study. The natural regeneration showed a tendency toward the coordinates, which was removed through the adjustment of a quadratic regression model. All farms analyzed showed spatial dependence with respect to the process of natural regeneration. The study shows the efficiency of the use of the mapping of the spatial variability for the observation of natural regeneration, being an important tool to be used in the decision-making process for the choice of the new areas to be processed in areas of conversion.

Keywords: Likert scale, geostatistics, ordinary Kriging.

INTRODUÇÃO

Recuperar ecossistemas degradados, por consequência da redução das áreas florestais, vem se tornando uma atividade crescente (RODRIGES e GANDOLFI, 1996), pois o processo de desmatamento,

¹ Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Laboratório de estudos e projetos em manejo florestal, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). Bolsista da CAPES. cunhadase@yahoo.com.br

² Bacharel em Ciência da Computação, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Estatística e Experimentação Agropecuária, Departamento de Ciências Exatas, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). Bolsista do CNPq. crysttian@posgrad.ufla.br

³ Biólogo, Gerente Ambiental da V&M Florestal, Curvelo (MG), CEP 35790-000, guilherme@vmtubes.com.br

⁴ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Laboratório de estudos e projetos em manejo florestal, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). Bolsista da FAPEMIG. andreluiz.ufla@gmail.com

⁵ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto IV do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Laboratório de estudos e projetos em manejo florestal, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). josemarcio@dcf.ufla.br

com consequente fragmentação florestal, tem levado à extinção de muitas espécies vegetais e animais, apesar dos avanços da legislação brasileira com relação à ação antrópica nas florestas protegidas (BARBOSA, 2000).

Intervenções nestas áreas degradadas, através de técnicas de manejo, podem acelerar o processo de regeneração, permitir o processo de sucessão e evitar a perda de biodiversidade. Nesse contexto, o monitoramento das comunidades que se formam em áreas restauradas é uma atividade muito importante, devendo ser efetuado tanto para permitir a correção de eventuais problemas como para a criação de uma base de dados que permitam avaliar e refinar as estratégias prescritas para a restauração de áreas degradadas (VIEIRA e GANDOLFI, 2006).

Portanto, o entendimento dos processos de regeneração natural de florestas é importante para o sucesso do seu manejo, o qual necessita de informações básicas em qualquer nível de investigação (DANIEL e JANKAUSKIS, 1989). A recolonização pela vegetação em um ambiente perturbado ocorre principalmente através dos bancos de sementes no solo (SCHMITZ, 1992).

Segundo Garwood (1989), fazem parte do banco de sementes todas as sementes que se encontram enterradas no solo, bem como as que estão na superfície. Também são incluídas as sementes que se encontram na camada de serrapilheira. O banco de sementes compõe um sistema dinâmico, com entrada destas através da chuva e dispersão de sementes, podendo ser transitório, com sementes que germinam dentro de um ano após o início da dispersão, ou persistente, com sementes que permanecem no solo por mais de um ano. Esta persistência representa, segundo Simpson *et al.* (1989), uma reserva do potencial genético acumulado.

A compreensão da dinâmica de regeneração natural em ecossistemas florestais possibilita que sejam feitas estimativas de parâmetros populacionais, imprescindíveis para a execução do manejo florestal sustentado (ALBUQUERQUE, 1999; DRUMOND *et al.*, 1996; CALEGARIO *et al.*, 1993).

O estudo da dependência espacial de áreas em regeneração natural dentro de uma floresta é um aspecto relevante para o manejo florestal. A variabilidade espacial destas áreas revela como estas se encontram organizadas no ambiente. Essa organização é resultado da combinação de fatores bióticos e abióticos, que regem a dinâmica dos processos ecológicos dos indivíduos dentro da floresta (SILVA *et al.*, 2008). É provável que a dinâmica que envolve os processos de regeneração natural, possua alguma relação com a distância entre os pontos amostrados, pois devido à chuva e dispersão das sementes, áreas próximas tendem a ser mais semelhantes que áreas mais distantes.

A Teoria das Variáveis Regionalizadas, versão inicial da Geoestatística, foi desenvolvida por Matheron (1963), que a definiu a partir de uma função espacial numérica, variando de um local para outro, apresentando continuidade aparente, cuja variação não pode simplesmente ser representada por uma função matemática. Hoje, a Geoestatística tem a sua fundamentação teórica totalmente inserida na teoria convencional da Estatística, como pode ser visto em Cressie (1993), Diggle e Ribeiro Júnior (2000) e Oliveira (1991).

Segundo Vieira (1983) e Souza *et al.* (1997), o estudo da dependência espacial pode reduzir o número de amostras em relação ao uso dos procedimentos amostrais definidos na estatística clássica, isso ocorre após o primeiro levantamento feito na área. A análise de dependência espacial, segundo as técnicas de geoestatística, é baseada na suposição de dependência entre as unidades amostrais (LANDIN, 1998). É esperado, segundo Vieira (2000), que pontos amostrais próximos sejam mais parecidos entre si do que aqueles separados por grandes distâncias, isto é, que aumente $\gamma(h)$ com a distância h até um valor máximo, no qual se estabiliza em um patamar correspondente à distância limite de dependência espacial, que é o alcance. Medições localizadas a distâncias maiores que o alcance, apresentam distribuição aleatória, o que justifica estas serem independentes entre si.

Um parâmetro importante a ser observado nesse tipo de análise, é o efeito pepita (C_0), que representa a variância não explicada ou ao acaso, frequentemente causada por erros de medições ou variações dos atributos que não podem ser detectadas na escala de amostragem (VIEIRA, 2000).

Quanto menor a proporção do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pela variável estudada (LIMA *et al.*, 2006). Com isso, maior a continuidade do fenômeno, menor a variância da estimativa e maior a confiança no valor estimado. Mediante o exposto o objetivo do trabalho foi avaliar a estrutura de dependência espacial do processo de regeneração natural, sendo esta a variável de interesse $Z(x)$, através da análise do semivariograma experimental.

MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi conduzido em quatro fazendas pertencentes à empresa Vallourec & Mannesmann Florestal (V&M), sendo: Fazenda Aldeia, Fazenda Brejo, Fazenda Olhos d'Água e Fazenda Galheiros a localização e informações básicas de cada fazenda encontram-se na tabela (1), o clima foi classificado segundo Carvalho *et al.* (2008).

TABELA 1: Descrição das áreas experimentais utilizadas no estudo

TABLE 1: Experimental areas description used in this study

Fazenda	Município	Área Total (ha)	Solo Predominante	Clima
Aldeia	Abaeté	4113,62	Latossolo	B1 - Úmido
Brejo	João Pinheiro	5703,12	Latossolo	C2 - Subúmido
Olhos d'Água	Paineiras	4699,98	Cambissolo	B1 - Úmido
Galheiros	Curvelo	1964,79	Latossolo	B1 - Úmido

As fazendas foram divididas em parcelas e cada parcela foi classificada de acordo com o estágio de regeneração em que se encontrava. A base de dados utilizada, inicialmente, era formada por variáveis categóricas que representavam este estágio de regeneração. Estas variáveis categóricas estavam em uma escala conforme mostra a Tabela 2.

TABELA 2: Categorias utilizadas na classificação das áreas de conversão.

TABLE 2: Categories used in classifying areas for conversion.

Categorias de Regeneração Natural consideradas	Características da categoria	Crítérios utilizados para classificação visual da regeneração natural
A	Sem vegetação nativa arbórea	Sem vegetação arbórea
B	Regeneração inicial	Plantas com altura total até três metros e diâmetro a 1,3 m do solo de até três cm
C	Regeneração média	Predominantemente composta por plantas de até cinco metros e diâmetro a 1,3 m do solo de cinco a oito centímetros
D	Regeneração avançada	Composta em sua maioria por Plantas maiores que cinco metros e diâmetro a 1,3 m do solo maior que oito centímetros

Esta escala de classificação do estágio de regeneração existente em cada parcela não permitia a realização da análise espacial convencional, visto que os dados apresentavam-se de maneira categórica. Para contornar essa situação foi realizada uma adaptação da escala de Likert (1934), usualmente utilizada em trabalhos da área da Psicologia (LIKERT et al., 1993).

Logo, neste trabalho as variáveis categóricas foram transformadas de maneira equidistante em variáveis numéricas, pois não havia sentido prático atribuir peso maior ou menor a nenhuma destas. A preocupação durante esta transformação foi apresentar os extremos da escala de Likert de maneira coerente, ou seja, para ausência de regeneração atribuiu-se valor 0 e para a existência de regeneração avançada, valor 1. A partir disto as categorias passaram a assumir os seguintes valores: categoria A, 0; categoria B, 0,33; categoria C, 0,66 e categoria D, 1. Permitindo deste modo, realizar as análises de dependência espacial da regeneração das fazendas analisadas.

Os semivariogramas foram estimados segundo a equação (1), descrita por Vieira (2000)

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

em que $\hat{\gamma}(h)$ é a semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$; h é a distância entre os pontos amostrais; e $N(h)$ é o número total de pares de pontos possíveis a uma distância h considerada.

Inicialmente, foi realizada em todos os pontos a análise de tendência com os eixos x e y , por meio da análise de equações de regressão até o nível quadrático e com todas as interações entre esses eixos, como os pontos apresentaram tendência significativa, trabalhou-se com os resíduos conforme descrito por Azevedo (2004). Desta maneira, foram construídos semivariogramas experimentais visando analisar o comportamento da regeneração presente nas fazendas analisadas.

Modelos teóricos como o esférico, o exponencial, o gaussiano e o wave foram testados para o ajuste dos semivariogramas, definindo os parâmetros: efeito pepita (C_0), o patamar (C_0+C) e o alcance da dependência espacial (a) conforme exibido na figura (1).

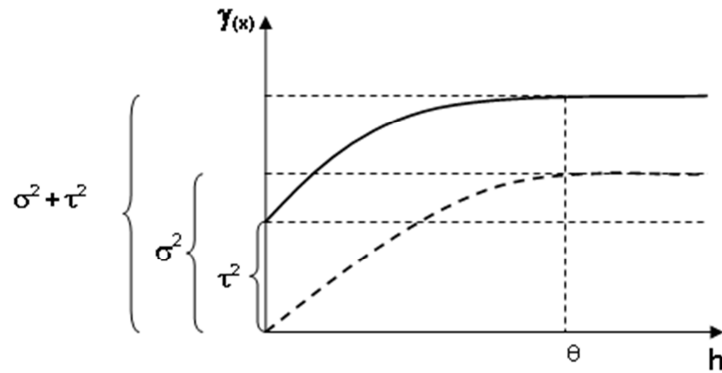


FIGURA 1: Semivariograma típico para dados sem tendência e com ruído.
 FIGURE 1: Semivariogram typical data trend and noise.

Foi calculado também, o índice de dependência espacial da regeneração (IDE), que é dado por (2):

$$IDE = \left[\frac{C}{(C_o + C)} \right] * 100 \quad (2)$$

que foi determinado e classificado, segundo Zimback (2001), assumindo os seguintes intervalos: dependência espacial baixa para $IDE \leq 25\%$, moderada para $25\% < IDE \leq 75\%$ e forte para $IDE > 75\%$.

Comprovada a dependência espacial, estimaram-se valores de regeneração esperados, pelo método da krigagem, para as fazendas, incluindo locais ainda em uso para plantio, visando a auxiliar na escolha de possíveis áreas de conversão, através do comportamento esperado do banco de sementes. Os mapas de distribuição espacial foram gerados através do método de interpolação Krigagem ordinária. Como os dados apresentaram tendência, nos mapas dos resíduos foram adicionadas as tendências obtidas nas análises de regressão, conforme descrito por Azevedo (2004).

A estimativa pela Krigagem ordinária em um ponto não amostrado $z_{KO}^*(x_0)$ é obtida como uma combinação linear dos vizinhos próximos. A estimativa, após a correção dos pesos negativos, no ponto não amostrado (x_0) é dada por (JOURNAL e RAO, 1996):

$$z_{KO}^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \tau_i z(x_i) \quad (3)$$

em que $z_{KO}^*(x_0)$ é o valor estimado no ponto (x_0); $z(x_i)$ é o valor da variável aleatória no i -ésimo ponto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise espacial, a regeneração apresentou dependência espacial em todas as fazendas, ou seja, existe uma função estrutural com semivariância de comportamento modelável.

Os modelos que apresentaram melhor ajuste aos pontos dos semivariogramas experimentais estão demonstrados na Figura 2.

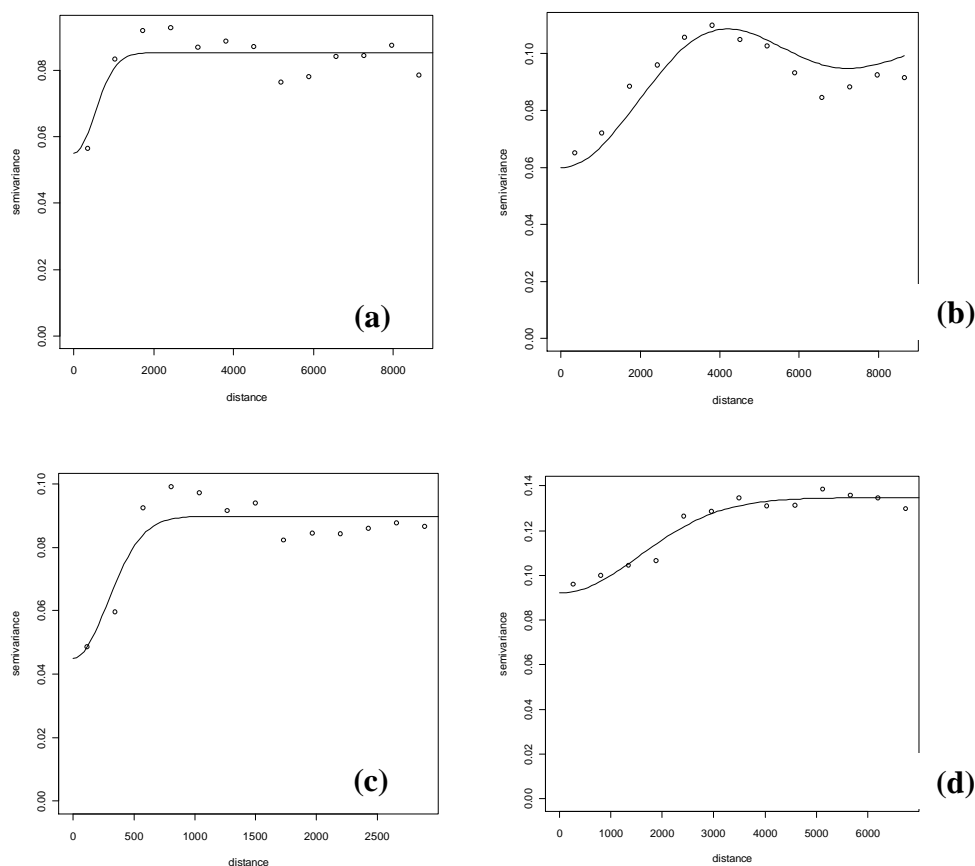


FIGURA 2: Semivariogramas ajustados para a variável regeneração: (a) Fazenda Aldeia, (b) Fazenda Brejo, (c) Fazenda Olhos d'Água e (d) Fazenda Galheiros.

FIGURE 2: Semivariograms adjusted for the variable regeneration: (a) Aldeia Farm, (b) Brejo Farm, (c) Olhos d'Água Farm and (d) Galheiros Farm.

A análise do índice de dependência espacial (IDE), que simboliza a relação entre a variação estruturada e o patamar, conforme critérios estabelecidos por Zimback (2001) estão apresentados na Tabela 3, bem como os parâmetros de cada ajuste.

TABELA 3: Parâmetros dos modelos ajustados para cada fazenda e índice de dependência espacial (IDE).
TABLE 3: Parameters of the adjusted models for each farm and spatial dependence index (IDE).

Fazenda	Modelo ajustado	Alcance	Alcance Prático	Efeito Pepita (Co)	IDE (%)
Aldeia	Gaussiano	741,39	1283,20	0,06	57,15
Brejo	Wave	935,53	2798,60	0,06	62,5
Olhos d'Água	Gaussiano	402,49	696,64	0,04	68,00
Galheiros	Gaussiano	2212,22	3828,95	0,09	60,00

Parcelas localizadas a distâncias maiores que o alcance prático, são independentes, o que reforça a ideia de que a abordagem apropriada para análise desse tipo de variável, é a geoestatística, uma vez que se fossem utilizados os estimadores da estatística clássica, além de se violar o princípio da independência entre as amostras, haveria redundância de informação para a variável regeneração natural na área. Baixos valores de alcance podem influir negativamente na qualidade das estimativas, uma vez que poucos pontos são usados para realização da interpolação na estimativa de valores em locais não medidos (CORÁ *et al.*, 2004).

A análise do IDE (%) demonstra a relevância de se realizar o estudo de dependência espacial para a variável, pois todas as fazendas apresentaram grau de dependência espacial de nível moderado ($25 < \text{IDE} < 75\%$).

As Krigagens produzidas para cada fazenda, estão nas Figuras 3, 4, 5 e 6.



FIGURA 3: Mapa da distribuição espacial da regeneração natural para a Fazenda Aldeia.
FIGURE 3: Map of spatial distribution of natural regeneration for the Aldeia Farm.



FIGURA 4: Mapa da distribuição espacial da regeneração natural para a Fazenda Brejo.
FIGURE 4: Map of the spatial distribution of natural regeneration for Brejo Farm.



FIGURA 5: Mapa da distribuição espacial da regeneração natural para a Fazenda Olhos d'Água.
FIGURE 5: Map of spatial distribution of natural regeneration for the Olhos d'Água Farm.



FIGURA 6: Mapa da distribuição espacial da regeneração natural para a Fazenda Galheiros.
FIGURE 6: Map of spatial distribution of natural regeneration for the Olhos d'Água Farm.

CONCLUSÃO

O estudo mostrou que a regeneração natural nas áreas avaliadas possui dependência espacial moderada e os modelos espaciais ajustados foram o gaussiano e o wave, sendo este ajustado para a Fazenda Brejo. O estudo mostrou também eficiência e viabilidade da utilização do mapeamento da variabilidade espacial para a observação da regeneração natural, o que prova ser esta uma metodologia

bastante eficaz para se obter um melhor manejo de áreas em regeneração e conversão, ajudando na escolha de futuras áreas de conversão para floresta nativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, E. C. **Uso de geoestatística e recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado do Mato Grosso**. 2004. 132f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade de Campinas, Campinas, 2004.
- ALBUQUERQUE, S. G. **Caatinga vegetation dynamics under various grazing intensities by steers in the semi-arid Northeast, Brazil**. *Journal of Range Management* 52: 241-248. 1999.
- BARBOSA, L.M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. *In Matas Ciliares: conservação e recuperação* (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.). Edusp/Fapesp, São Paulo, p.289-312. 2000.
- CALEGÁRIO, N. et al. **Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural de espécies arbóreas nativas no sub-bosque de povoamentos**, 1993.
- CARVALHO, L. G. et al. Clima *In: SCOLFORO, J.R.S.; CARVALHO, L.M.T.; OLIVEIRA, A.D. Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais – componentes geofísico e biótico*. Lavras: Editora UFLA, 2008.
- CORÁ, J. E. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-deaçúcar. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.
- CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: Wiley, 900 p. 1993.
- DANIEL, O.; JANKAUSKIS, J. **Avaliação de metodologia para o estudo do estoque de sementes do solo**. SÉRIE IPEF, Piracicaba, v. 41-42, p.18-26, 1989.
- DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. **Model-based geostatistics**. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA*, 14, Caxambu. Anais Caxambu:SINAPE, 192 p. 2000.
- DRUMOND, M. A. et al. **Alterações Fitossociológicas e edáficas na mata atlântica em função das modificações da cobertura vegetal**. *Revista Árvore* 20 (4).1996.
- GARWOOD, N. C. Tropical Soil Seed Banks: a Review. *In: LECK, M. A.; PARKER, T. V.; SIMPSON, R. L. eds. Ecology of soil seed banks*. New York: Academic Press. p. 49-210. 1989.
- JOURNAL, A. G.; RAO, S. E. **Deriving conditional distributions from ordinary kriging**. Palo Alto: Stanford Center for Reservoir Forecasting. 25 p. (Report 9). 1996.
- LANDIN, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. Rio Claro: Universidade Estadual de São Paulo, 226p. 1998.
- LIKERT, R., ROSLOW, S. & MURPHY, G. (1993). **A simple and reliable method of scoring the Thurstone attitude scales**. *Personnel Psychology*, 46, 689-690. (Original publicado em 1934).
- LIMA, J. S. S. et al. Estudo da viabilidade de métodos geoestatísticos na mensuração da variabilidade espacial da dureza da madeira de Paraju (*Manilkara* sp.). **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.651-657, 2006.
- MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, [S.l.], v. 58, p. 1246-1266, 1963.
- OLIVEIRA, M. S. **Planos amostrais para variáveis espaciais utilizando geoestatística**. 1991. 100 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.
- RODRIGUES, R.R. & GANDOLFI, S. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental* 2:4-15. 1996.
- SCHIMTZ, M. C. Banco de sementes no solo em áreas do reservatório da UHE Paraibuna. *In: KAGEYAMA, P. Y. Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP.. SÉRIE IPEF*, Piracicaba, v. 8, n.25, p. 7-8, out. 1992.
- SILVA, M. A. et al. Análise da distribuição espacial da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) sujeita ao sistema de manejo porta-semente. **Cerne**, Lavras, v.14, n.4, p.311-316, 2008.
- SIMPSON, R. L.; LECK, M. A.; PARKER, V. T. **Ecology of Soil Seed Banks**. California: Academic Press, 385 p. 1989.
- SOUZA, L. S. et al. Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.3, p.367-372, 1997.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

VIEIRA, D.C.M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasil. Bot.**, v.29, n.4, p.541-554, 2006.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1. p.1-54. 2000.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e Fotopedologia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

MODELAGEM DO INGRESSO E DA MORTALIDADE DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO CENTRO-SUL DO ESTADO DO PARANÁ

MODELING OF ENTRY AND MORTALITY OF ARAUCARIA FOREST FRAGMENT IN SOUTH CENTRAL STATE OF PARANÁ

Thiago Floriani Stepka¹; Andrea Nogueira Dias²; Afonso Figueiredo Filho³; Sebastião do Amaral Machado⁴; Gerson dos Santos Lisboa⁵

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi modelar o ingresso e a mortalidade em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista existente na Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná. Nesta floresta foram instaladas e medidas no ano de 2000, 25 parcelas permanentes de um hectare cada, as quais foram remeasuradas em 2005 e 2008. Cada parcela de 1 hectare está dividida em 4 sub-parcelas de 2500 m² (50 m x 50 m), que estão subdivididas em 5 faixas de 500 m² (10 m x 50 m). Todas as árvores com DAP \geq 10 cm foram numeradas, medidas e identificadas. Foram gerados valores de ingresso e mortalidade para parcelas de 500 m², 1000 m², 2500 m², 5000 m² e 10000 m², que serviram de base para o ajuste de seis modelos matemáticos de ingresso e dois modelos de mortalidade, que foram avaliados com base no coeficiente de determinação ($R^2_{aj.}$), erro padrão de estimativa em percentagem ($S_{yx\%}$) e a distribuição dos resíduos. Ajustes por classe de diamétrica também foram testados. Os resultados mostraram que o aumento do tamanho da parcela ocasionou melhoria nas estatísticas dos ajustes dos modelos, mas ainda com erros superiores a 21,77% e ajustamento (R^2) inferiores a 0,5464. Como esperado, excelentes resultados foram encontrados quando os modelos de ingresso e mortalidade foram ajustados com valores médios por classe diamétrica.

Palavras-chave: Recrutamento, sobrevivência, dinâmica florestal, floresta de araucária.

ABSTRACT

The objective of this work was to develop models to estimate ingrowth and mortality in a fragment of Araucaria Forest existing Irati National Forest, State of Parana. In this forest were installed and measures in 2000, 25 permanent plots of one hectare each, which were remeasured in 2005 and 2008. Each plot of 1 hectare is divided into four sub-plots of 2500 m² (50 m x 50 m), which are subdivided into five subplots of 500 m² (10 m x 50 m). All trees with DBH \geq 10 cm were numbered, measured and identified. We generated values for ingrowth and mortality rates for plots of 500m², 1000m², 2500m², 5000m² and 10000m², which formed the basis for the adjustment of six mathematical models for ingrowth and two models of mortality, which were evaluated based on the coefficient of determination ($R^2_{adj.}$) standard error in percentage ($S_{yx\%}$) and the distribution of residuals. Adjustments per diameter class were also tested. The results showed that the increase in portion size led to improvement in the statistics of the adjustment of models, but with errors in excess of 21.77 % and adjustment ($R^2_{adj.}$) below 0.5464. As expected, excellent results were found when the models were adjusted ingrowth and mortality with average values per diameter class.

Keywords: Recruitment, survival, forest dynamic, araucaria forest.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande vocação florestal, apresentando em torno de 6,8 milhões de hectares de florestas plantadas e 385 milhões de hectares de florestas nativas. Nas florestas nativas, além de toda a complexidade de sua composição, com um grande número de espécies com as mais diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas, poucas são as informações de como as plantas

¹Engenheiro Florestal, M.Sc., Doutorando em Engenharia Florestal da UFPR. Av. Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico Campus III – CEP: 80210-170, Curitiba, PR. tfstepka@yahoo.com.br

²Engenheira Florestal, Dr^a. do Departamento de Engenharia Florestal da UNICENTRO - PR 153 – Km 07 - Bairro Riozinho CEP: 84500-000, Irati, PR. andias@irati.unicentro.br

³Engenheiro Florestal, Dr. do Departamento de Engenharia Florestal da UNICENTRO - PR 153 – Km 07 - Bairro Riozinho CEP: 84500-000, Irati, PR. afonso.figueiredo@pq.cnpq.br

⁴ Eng. Florestal, Ph.D., Prof. Sênior do Depto. de Ciências Florestais, UFPR. Av. Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico Campus III – CEP: 80210-170, Curitiba, PR. samachado@ufpr.br

⁵ Engenheiro Florestal, M.Sc., Doutorando em Engenharia Florestal da UFSM. Avenida Roraima, 1000, Cidade Universitária Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS. gerson.lisboa@gmail.com

crecem, seja em áreas intactas, seja em áreas exploradas ou ainda em áreas sujeitas a regime de manejo (SCOLFORO *et al.*, 1996).

Para que se possa manejar racionalmente florestas nativas é preciso conhecer e respeitar sua capacidade regenerativa e de produtividade. Tal capacidade está intimamente relacionada com três processos demográficos fundamentais, a saber: recrutamento, crescimento e mortalidade (SANQUETTA *et al.*, 2003).

Na descrição da dinâmica da população de árvores, ou seja, incremento, mortalidade e recrutamento, os inventários com parcelas permanentes devem ser usados. ROSSI *et al.* (2007a) afirmaram que a obtenção de estimativas de recrutamento em um tamanho mínimo de indivíduo é mais difícil do que estimar mortalidade de árvores, visto que o número de plantas recrutadas irá variar largamente dependendo do tamanho do intervalo de tempo do inventário e do tamanho da parcela.

Segundo SANQUETTA *et al.* (2003), o recrutamento é subentendido como o processo pelo qual as árvores surgem ao longo do processo temporal, ou seja, recrutadas são aqueles indivíduos que atingiram um diâmetro mínimo entre dois levantamentos florestais subsequentes. SCOLFORO *et al.* (1998) consideram como ingresso ou recrutamento todas as árvores que no segundo período de medição entram no processo de medição.

VANCLAY (1994) diferencia os termos regeneração e recrutamento, sendo que regeneração é a renovação de florestas por meios naturais ou meios artificiais (semeadura e plantio), enquanto que o recrutamento refere-se aos indivíduos que alcançaram um tamanho especificado (em altura ou em diâmetro). Os conceitos estão relacionados, e a distinção entre eles depende de eventos arbitrários no desenvolvimento de um indivíduo, desde a semente até uma pequena árvore.

Em relação à mortalidade, SANQUETTA *et al.* (2003) afirmaram que este processo refere-se ao número de árvores que foram mensuradas inicialmente, que não foram cortadas, e morreram durante o período de crescimento. A mortalidade pode ser causada por diversos fatores como: idade ou senilidade; competição ou supressão; doenças ou pragas; condições climáticas; fogos silvestres e por anelamento e envenenamento, injúrias, corte ou abate da árvore.

Para ROSSI *et al.* (2007 b), o fundamento básico sobre a mortalidade é que a maioria das árvores das espécies dos estratos médios e superiores que não possam manter uma taxa mínima de crescimento provavelmente não sobrevivem por longo tempo na floresta. Os autores citaram ainda que, além disso, existem outros eventos, tais como ventos, secas, raios, parasitismo e ataque de pragas, que podem resultar na morte de qualquer árvore em qualquer momento. Embora a floresta esteja em dinâmica contínua, há um equilíbrio em florestas nativas, onde as árvores mortas são continuamente substituídas por novos indivíduos.

Segundo CAMPOS e LEITE (2006), não se deve confundir a mortalidade de árvores com falhas no plantio, isto é morte das mudas após a regeneração ou plantio de um povoamento. Enquanto a quantificação do primeiro caso refere-se à área de inventário florestal e mensuração, o segundo caso está relacionado a técnicas silviculturais.

MENDONÇA (2003) relatou que os processos que regem a dinâmica de uma floresta, são conhecidos como crescimento, ingresso e mortalidade, e têm grande importância, visto que o estudo destes parâmetros indica o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura. Portanto, a predição confiável destes processos, ressaltando-se o crescimento e a produção, torna-se imprescindível para a adoção de tratamentos e medidas silviculturais mais adequadas para o manejo da floresta sob regime de rendimento sustentado.

Neste aspecto, algumas pesquisas tem sido realizadas com a modelagem do ingresso e mortalidade em florestas nativas no Brasil, podendo-se destacar, dentre outros, os trabalhos de AZEVEDO (1995), SCOLFORO *et al.* (1996), SCOLFORO *et al.* (1998), ROSSI (2007), ROSSI *et al.* (2007a), ROSSI *et al.* (2007b) e CAMPOS e LEITE (2006).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo modelar o ingresso e a mortalidade em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista existente na Floresta Nacional de Irati, região centro sul do estado do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

Fonte de dados

Os dados utilizados no trabalho são provenientes de 25 parcelas permanentes de um hectare (100 m x 100 m) cada, instaladas e medidas em 2002 e que vêm sendo remedidas (2005 e 2008) em uma área de Floresta Ombrófila Mista (1272,9 ha) existente na Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná.

Cada parcela instalada foi subdividida em quatro sub-parcelas de 0,25 ha (50 m x 50 m) e finalmente para facilitar a numeração e o mapeamento das árvores (distâncias X, Y), cada sub-parcela foi subdividida em cinco faixas de controle de 10 m x 50 m (0,05 ha).

Todas as árvores com diâmetros à altura do peito (DAP) igual ou superior a 10 cm têm sido medidas. Considerou-se como ingresso, as árvores com DAP igual ou superior a 10 cm que não tinham

sido incluídas na medição anterior e como mortalidade, as árvores que morreram no período entre medições.

Na remedição de 2008 a área amostrada continha 14.178 indivíduos (567,12 árvores/ha) pertencentes a 45 famílias e 118 espécies, totalizando área basal de 30,1 m²/ha.

Ajuste de modelos

Foram testados seis modelos (Tabela 1) de ingresso utilizados por SOLFORO *et al.* (1996), SCOLFORO *et al.* (1998) e AZEVEDO *et al.* (1995).

TABELA 1: Modelos de Ingresso testados

TABLE 1: Ingrowth models tested

Nº	Modelos	Autor
1	$I_t = \beta_0 e^{-\beta_1(G/N)}$	Davidson <i>et al.</i> (1989)
2	$I_t = \beta_0 N^{\beta_1} e^{-\beta_2(G/N)}$	Davidson <i>et al.</i> (1989)
3	$I_t = \beta_0 N^{\beta_1} G^{\beta_2} e^{-\beta_3(G/N)}$	Davidson <i>et al.</i> (1989)
4	$I_t = e^{(\beta_0 + \beta_1 G)}$	(1)
5	$I_t = \beta_0 + \beta_1(N_{t+0} - N_t)$	Campos**
6	$I_t = \beta_0 e^{\beta_1 D_i}$	Scolforo <i>et al.</i> (1998)

(1) Ajustado por Azevedo *et al.* (1995)** Campos, J.C.C. comunicação Azevedo *et al.* (1995)

Onde: I_t = ingresso de árvores, por hectare, no intervalo de medição; G = área basal (m²/ha) no início do período de medição; N = número de árvores, por hectare, no início do período de medição; e = base de logaritmos neperianos; N_{t+0} = número total de árvores, por hectare, no final do período de medição; N_t = número total de árvores remanescentes, por hectare, no início do período de remedição; D_i = Centro de classe de DAP; β_i = parâmetros a serem estimados.

Para ajustar os modelos de ingresso, utilizaram-se o número de árvores ingressas por hectare, tanto do período de 2002/2005 quanto do período de 2005/2008, proporcionando assim uma amostra mais representativa.

Na modelagem do ingresso foi avaliado o desempenho dos ajustes com a diversificação do tamanho das parcelas dentro do banco de dados (500 parcelas de 500 m²; 100 parcelas de 2500 m²; 50 parcelas de 5000 m² e 25 parcelas de 10000 m²). Para ajuste do modelo 6, os dados foram agrupados por classes de diâmetro, tendo sido o ajuste realizado em classes de DAP, estimando portanto o ingresso em classes e não globalmente como nos outros modelos.

Para se fazer a estimativa da mortalidade das árvores foi feito o ajuste de dois modelos matemáticos (Tabela 2) empregados por Solforo *et al.* (1998) e Solforo *et al.* (1998). O modelo 2 foi ajustado com dados agrupados por classe de diâmetro.

TABELA 2: Modelos de mortalidade testados

TABLE 2: Mortality models tested

Nº	Modelos	Autor
1	$M_t = \beta_0 N_t$	Ek (1974)
2	$M_t = \beta_0 e^{\beta_1 D_i}$	Solforo <i>et al.</i> (1998)

onde: M_t = número de árvores mortas por hectare num período de tempo específico; N_t = número de árvores vivas por hectare num período de tempo específico; D_i = centro de classe de DAP; β_i = parâmetros a serem estimados.

Avaliação dos modelos

A escolha do modelo mais adequado para expressar o ingresso e a mortalidade da floresta foi realizada com base no coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado), no erro padrão de estimativa em percentagem (Syx%) e na distribuição gráfica dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em seis anos de monitoramento a floresta apresentou taxas médias de 1,39%/ano para o ingresso e 1,78%/ano para a mortalidade, o que corresponde a um valor por medição (3anos) de 23,64 árvores/ha para o ingresso e 30,28 árvores/ha para a mortalidade.

Modelagem do Ingresso

Na Tabela 3, podem-se observar as estatísticas e coeficientes dos modelos de ingresso ajustados. Percebe-se ao analisar a Tabela 3 que na medida em que a área da parcela aumenta as estatísticas dos modelos, em geral, melhoram. Em alguns casos, como por exemplo, nos ajustes para parcelas de 500 m² o modelo 5 teve o melhor desempenho dos ajustes, porém, observa-se que este modelo para efeito de projeção fica restrito, pelo fato de usar como variáveis independentes o número de árvores existentes no período inicial e o número de árvores no período final. Para efeito de projeção, em geral, dispõem-se dos valores iniciais e o objetivo é justamente encontrar estimativas dos valores finais (projetado).

Azevedo (1995), após testar várias combinações de variáveis na escolha dos modelos, constatou que o modelo 5 apresentou as melhores estatísticas. Neste aspecto, o mesmo autor encontrou altas correlações entre o ingresso e as variáveis independentes do modelo, sugerindo que o modelo estima bem o ingresso em períodos curtos de projeção, mostrando-se adequado para estudar o efeito de diferentes opções de manejo, nas taxas de crescimento do povoamento.

Desconsiderando-se o modelo 5 para efeito de projeções do ingresso, constata-se que para o ajuste com parcelas de 500 m² o melhor desempenho, apesar de todos não terem sido tão bons, foi do modelo 3 com R² ajustado de 0,0187 e erro padrão de 49,91%. Também nas parcelas de 2500 m² o modelo 3 foi o que resultou o melhor desempenho, chegando a um R² ajustado de 0,1308 e erro padrão de 32,82%. Nas parcelas de 5000 m² o modelo 2 foi melhor, ou seja, chegou a um R² ajustado de 0,2736 e erro padrão de 29,80%. Os melhores resultados nestes ajustes ocorreram com os modelos ajustados para parcelas de 1 ha, destacando-se o modelo 2 com R² ajustado de 0,5464 e erro padrão de estimativa de 21,77%.

Ek (1974) ajustou modelos de ingresso aos seus dados e considerou os resultados dos ajustes ruins. Desta forma, testou termos adicionais em consideração a natureza heterogênea dos dados, e sugeriu para a estimativa do ingresso, modelos que levam em consideração a área basal e o número de árvores por hectare.

No que se refere à modelagem do ingresso, Scolforo *et al.* (1996) testaram os modelos 1 e 6 ajustados para dados agrupados em classes de diâmetro (DAP) e concluíram que o modelo 6 apresentou melhor performance, com R² de 0,999 e erro padrão em percentagem de 3,48%.

TABELA 13: Estatísticas e coeficientes dos modelos de ingresso
TABLE 3: Statisticals and coefficients of the ingrowth models

Tipo de ajuste	Modelo	Syx%	R ²	R ² ajst	β_0	β_1	β_2	β_3
Parcelas de 500 m ²	1	53,00	0,0080	0,0065	43,5053	3,3621	-----	-----
	2	50,00	0,0246	0,0215	12,2361	0,1836	1,9232	-----
	3	49,91	0,0295	0,0187	1,8186	0,6698	-0,4862	-6,6787
	4	50,54	0,0002	0,0014	3,5471	0,0008	-----	-----
	5	47,57	0,1141	0,1127	35,1112	0,1612	-----	-----
Parcelas de 2500 m ²	1	33,78	0,0117	0,0043	31,3687	3,5732	-----	-----
	2	32,82	0,1432	0,1306	0,4026	0,6014	-6,8740	-----
	3	32,82	0,1560	0,1308	1,9565	0,1658	0,4733	1,2538
	4	32,54	0,0934	0,0867	2,6749	0,0198	-----	-----
	5	33,54	0,1431	0,1369	26,6250	0,1682	-----	-----
Parcelas de 5000 m ²	1	31,49	0,1043	0,0922	47,4863	11,6163	-----	-----
	2	29,80	0,2725	0,2536	0,0358	0,9338	-12,2562	-----
	3	30,52	0,2774	0,2393	0,0004	2,0403	-1,0532	-33,4149
	4	31,05	0,2457	0,2363	2,1305	0,0367	-----	-----
	5	33,48	0,1004	0,0890	26,1843	0,1679	-----	-----
Parcelas de 1ha	1	26,53	0,2389	0,2183	49,3407	14,5886	-----	-----
	2	21,77	0,5578	0,5464	0,0031	1,2317	-20,8529	-----
	3	21,80	0,5566	0,5044	0,0010	1,4921	-0,2321	-25,9523
	4	21,94	0,5253	0,5125	1,7518	0,0463	-----	-----
	5	22,81	0,1796	0,1555	24,5002	0,2075	-----	-----
Médio por classe de DAP	6	7,33	0,99964	0,99963	191579,8	-0,599	-----	-----

Nesta Tabela 3, de maneira geral, percebe-se que os ajustes realizados para parcelas de menor área foram muito inferiores aos obtidos para as parcelas de áreas maiores, principalmente em relação ao erro padrão da estimativa que variou de 49,9 a 53,0% para parcelas de 500 m². Já nas parcelas de 10.000 m² esta estatística variou de 21,8 a 26,5%, ou seja, para os casos de parcelas menores muitas vezes os erros são superiores a 50% e tendem a diminuir para a casa dos 20% para parcelas menores, sendo preferível para efeito de projeção a utilização dos modelos ajustado para as parcelas de maiores áreas. A

distribuição dos resíduos dos modelos com os melhores ajustes pode ser observada na Figura 1.

Conforme indicam a Tabela 3 e a Figura 1 os melhores resultados são os obtidos para o modelo 2 ajustado para parcelas de 1 ha, portanto este modelo foi considerado o mais adequado para a predição do ingresso total do povoamento.

Também na Tabela 3, pode-se observar o modelo 6, cuja modelagem foi realizada com dados agrupados em classes de DAP. Como era esperado o ajuste torna-se quase perfeito pois utiliza um valor médio (único) por classe, fazendo com que a curva ajustada passe praticamente sobre todos os pontos. Isto não expressa à variabilidade real do número de árvores da floresta, mas é um valor médio que a princípio, pode ser usado para projeções.

Salienta-se que os modelos 1 a 5 estimam o ingresso global no período, não indicando a quantidade de árvores ingressas por classe de DAP, predicado importante para os modelos de projeção da estrutura diamétrica. O modelo 6 é o único dentre os testados capaz de gerar essas estimativas.

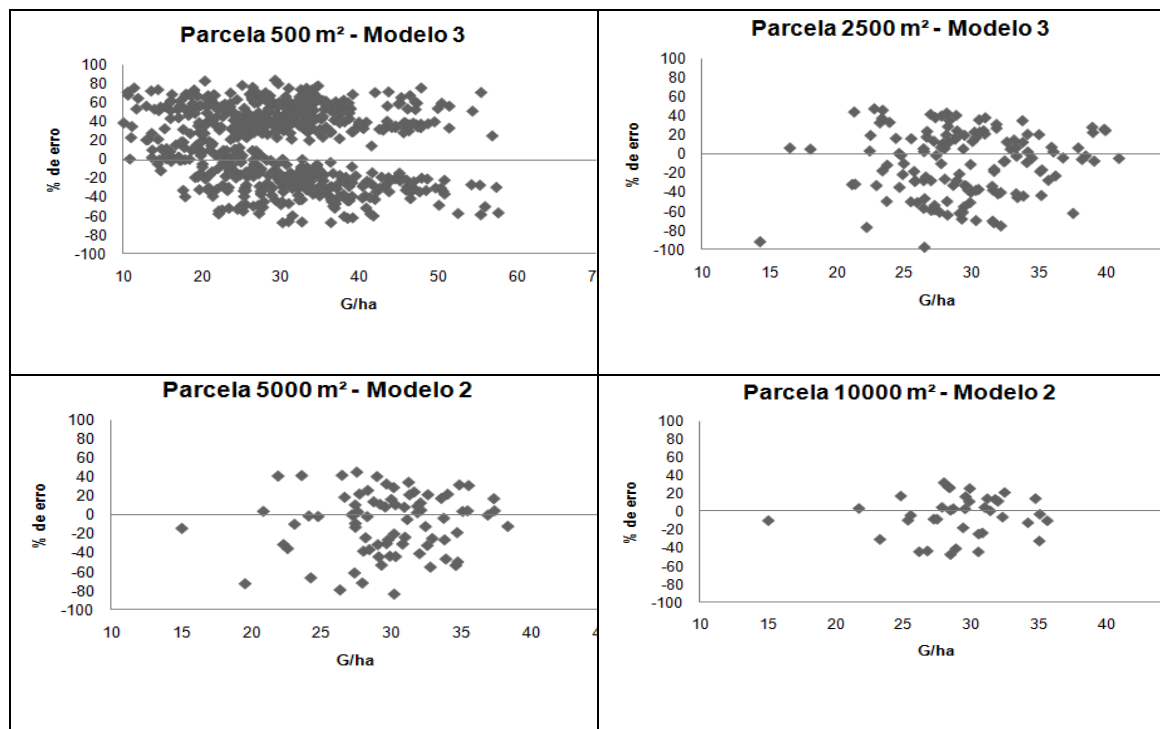


FIGURA 1: Distribuição dos resíduos dos ajustes dos modelos de ingresso.

FIGURE 1: Residuals distribution for the ingrowth models

Neste estudo, 99,57 % das árvores ingressas ocorreram na menor classe de diâmetro. Portanto, para se realizar a modelagem do ingresso por classe de DAP, além de usar o modelo 6, pode-se utilizar também o modelo 2 ajustado para parcelas de 1 ha, visto que o número total de ingresso estimado pelo modelo 2 seria 99,57% provenientes de indivíduos ingressos na primeira classe.

Modelagem da Mortalidade

Na modelagem da mortalidade foi utilizado o mesmo procedimento para melhorias nos ajustes, com diversificação do tamanho das parcelas, todavia, somente um modelo foi testado (modelo 1, Tabela 2). Foi ajustado também o modelo 2 em que a mortalidade foi modelada, agrupando-se os dados por classe de diâmetro. Na Tabela 4, observam-se as estatísticas e coeficientes dos modelos ajustados.

Observam-se resultados similares para as parcelas de até 5000 m² com performances não satisfatórias, melhorando razoavelmente para parcelas de um hectare com erro padrão de estimativa de 24,8%, mas ainda com um ajuste (R^2) não desejável.

TABELA 4: Estatísticas e coeficientes dos modelos de mortalidade

TABLE 4: Statisticals and coefficients of the mortality models

Tipo de ajuste	Modelo	Syx%	R ²	R ² ajst	β_0	β_1
Parcelas de 500 m ²	1	33,58	0,1088	0,1088	0,0688	-----
Parcelas de 2500 m ²	1	39,15	0,2066	0,2066	0,0582	-----
Parcelas de 5000 m ²	1	32,92	0,1932	0,1932	0,0524	-----
Parcelas de 1ha	1	24,86	0,3409	0,3409	0,0477	-----
Médio por classe de DAP	2	25,3	0,991	0,990	98,9	-0,106

Quanto ao ajuste do modelo 1, percebeu-se a mesma tendência que foi observado na estimativa do ingresso em relação à área da parcela, sendo o ajuste para parcelas de 1 ha mais indicado para projeções do que os demais ajustes realizados para as parcelas de menor área.

Já o modelo 2 que leva em consideração somente o número de árvores por classe de DAP, apresentou os melhores resultados, com R² ajustado de 0,99 e erro padrão em percentagem de 25,3%. Porém, quando se observa o erro padrão da estimativa, mesmo neste caso com dados agrupados, percebeu-se um valor mais elevado em relação ao obtido pelo modelo 1 ajustado para parcelas de 1 ha.

Rossi (2007) utilizou para a estimativa da mortalidade uma equação que ajusta a mortalidade por classe de DAP (mesma metodologia utilizada no ajuste do modelo 2), utilizando para dados agrupados por classe de diâmetro e encontrou um R² ajustado maior que 0,93 e erro padrão da estimativa menor que 42%.

Scolforo *et al.* (1996) que ajustaram tanto o modelo 1 que foi proposto por Ek (1974), quanto o modelo 2, concluíram que este último foi mais eficiente para estimar a mortalidade das árvores, chegando-se a um R² de 0,992 e erro padrão de estimativa de 25,01%.

Na Figura 2, pode-se observar a distribuição dos resíduos dos melhores ajustes para a mortalidade.

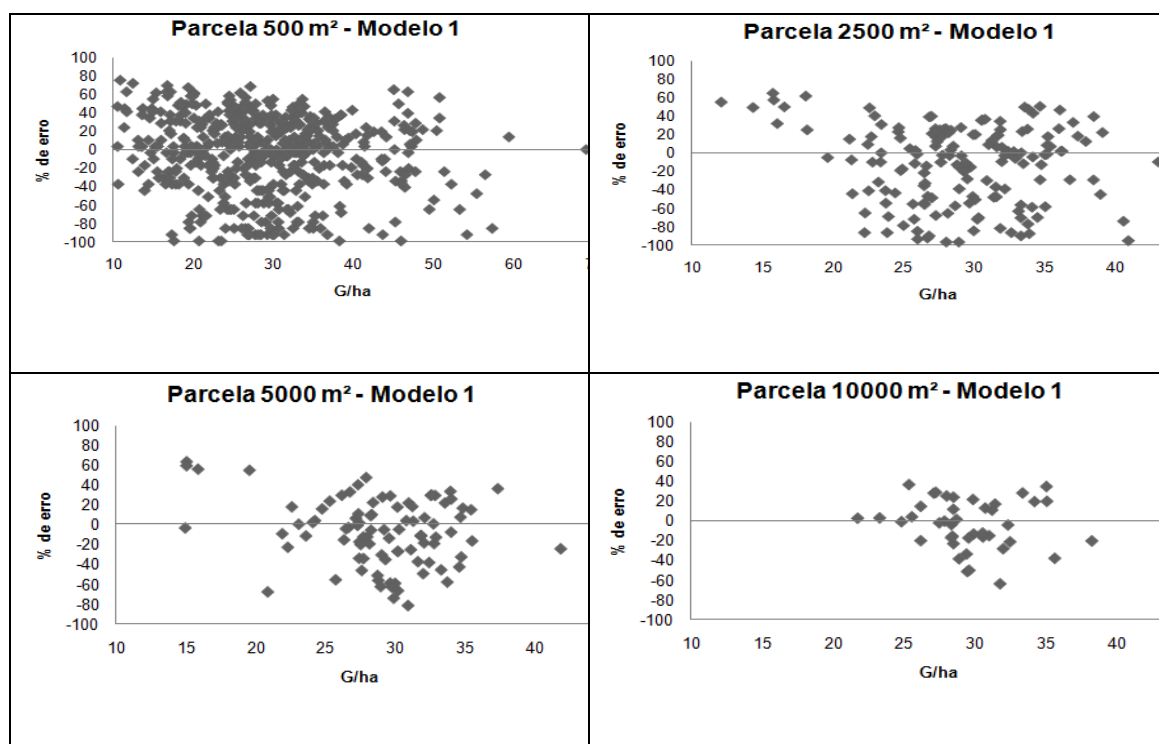


FIGURA 2: Distribuição dos resíduos dos ajustes para os modelos de mortalidade

FIGURE 2: Residuals distribution of the fittings for mortality models

Neste estudo 64,8% das árvores mortas encontram-se na primeira classe de DAP, 22,36% na segunda classe e o restante das árvores mortas distribuídas nas demais classes. Para realizar a projeção do número de árvores mortas no total do povoamento é mais adequado projetar o número de árvores mortas por meio do modelo 1 ajustado para parcelas de 1 ha, que gerou o melhor resultado. Porém, quando se

desejar realizar a projeção da mortalidade por classe de DAP, valioso para os modelos de projeção da estrutura diamétrica, deve-se utilizar o modelo 2, que pode realizar tal tarefa.

CONCLUSÕES

- Tanto na modelagem do ingresso quanto da mortalidade, os ajustes tendem a melhorar os parâmetros estatísticos com o aumento da área da parcela, principalmente para o erro padrão da estimativa.
- Quando se ajustam os modelos com dados médios por classe de diâmetro os resultados são muito melhores, mas não expressam a realidade da floresta, não representando a variabilidade encontrada nas parcelas.
- A projeção tanto do ingresso como da mortalidade a partir dos modelos ajustados por classe de DAP, apesar de apresentar os melhores ajustes, em alguns casos, poderão gerar estimativas não muito confiáveis, por se tratar de dados médios do povoamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, C. P.; SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Predição do ingresso total de um povoamento. **Revista Árvore**, v.19, n.1 p.50-64, 1995.
- CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G., **Mensuração Florestal: Perguntas e respostas** / João Carlos Campos Chagas e Helio Garcia Leite. – 2. ed. e ampl. – Viçosa: Ed. UFV, 2006. 470 p. : il.
- DAVIDSON, C.B., HAFLEY, W.L., FREDERICK, D.J., MENGEL, D.L. **Predition of total stand ingrowth in southeastern mixed species bottomland hardwoods**. In: BLENNIAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE, 5, New Orleans, 1989. Proceedings... New Orleans, Southern Forest Experimental Station, 1989. p. 436-439.
- EK, A.R. Nonlinear models for stand table projection in northern hardwood. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.4, p. 23-7, 1974.
- MENDONÇA, A.C.A., **Caracterização e simulação dos processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição**. Curitiba, 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- ROSSI, L.M.B. **Processo de Difusão para Simulação da Dinâmica de Floresta Natural**. Curitiba, 2007. 168 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.
- ROSSI, L. M. B., KOEHLER, H. S. ARCE, J. E., SANQUETTA, C. R. Modelagem de recrutamento em florestas. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007 (a).
- ROSSI, L. M. B., KOEHLER, H. S., SANQUETTA, C. R., ARCE, J. E. Modelagem da mortalidade em florestas naturais. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago. 2007 (b).
- SANQUETTA, C. R.; CÔRTE, A. P. D.; EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuva, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2003.
- SCOLFORO, J.R.S., PULZ, F.A., MELLO, J.M.de. **Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural**. In: Manejo Florestal (J.R.S. SCOLFORO, org). UFLA/FAEPE, 1998, Lavras, p. 189-246.
- SCOLFORO, J.R.S., PULZ, F.A., MELLO, J.M.de., OLIVEIRA FILHO, A.T. Modelo de produção para floresta nativa como base para o manejo sustentado. **Cerne**, v.2, n.1, 1996.
- VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Wallingford: CAB International, 1994. 312p.

PROGNOSE DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA DAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA *Lauraceae* Juss. PELO EMPREGO DE MATRIZ DE TRANSIÇÃO EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

PROGNOSTIC OF THE DIAMETER STRUCTURE OF SPECIES FROM *Lauraceae* Juss. FAMILY BY TRANSITION MATRIX IN FRAGMENT OF MIXED OMBROPHYLOUS FOREST

Francisco de Souza Weber¹; Gerson dos Santos Lisboa²; Thiago Floriani Stepka³; Gustavo Martins Uberti¹; Cristina Gouvêa Redin²; Solon Jonas Longhi⁴

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a prognose da estrutura diamétrica de espécies da família *Lauraceae* Juss. por meio da matriz de transição a partir de dois diferentes períodos de medições, analisando a acurácia deste modelo em relação as medições observadas no local. O estudo foi conduzido na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, onde foi utilizada a estrutura amostral do PELD/CNPq. Foram utilizadas 10 parcelas permanentes com área de 1 ha cada, instaladas no ano de 2000 e medidas anualmente até o ano de 2009. Todos os indivíduos com $CAP \geq 30$ cm foram mensurados, numerados e identificados. Foram computadas as árvores que ingressaram e que morreram entre as remedições. A análise foi realizada em quatro medições (2000, 2003, 2006, 2009) para espécies pertencentes à família *Lauraceae*, utilizando classes de DAP com 10 cm de amplitude. O método matriz de transição foi utilizado nesta pesquisa para projetar a distribuição diamétrica das espécies pertencentes a esta família botânica. A prognose foi realizada para períodos equivalentes aos intervalos de anos pré-estabelecidos. Partindo-se dos dados de 2000 e 2003, realizou-se a projeção para 2006 e 2009. Os dados projetados permitiram comparar a distribuições projetadas com as distribuições reais. Utilizou-se o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para avaliar se há diferença significativa entre as frequências observadas e estimadas. Foram encontradas nove espécies pertencentes à família *Lauraceae*, sendo elas: *Cinnamomum amoenum* (Nees) Kosterm., *Cinnamomum glaziovii* (Mez) Kosterm., *Cryptocarya aschersoniana* Mez, *Cryptocarya moschata* Nees & C. Mart., *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez, *Ocotea indecora* (Schott) Mez, *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees e *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez.. Para nove anos de monitoramento, observou-se que 6,8 árvores/ha morreram, enquanto 9,8 árvores/ha ingressaram. Com a matriz de probabilidade foi possível observar que em seis das sete classes ocorreu à transição de uma pequena porcentagem das árvores para a classe seguinte. Em uma classe houve probabilidade de 100 % das árvores permanecerem na mesma classe em períodos futuros. O teste Kolmogorov-Smirnov mostrou que os valores estimados se mostraram aderentes aos valores reais observados. Conclui-se que o emprego de matriz de transição apresentou resultados satisfatórios na projeção da estrutura diamétrica das espécies pertencentes à família botânica *Lauraceae* presente em fragmento de Floresta Ombrófila Mista, onde valores estimados para os anos de 2006 e 2009 se mostraram próximos aos valores observados no local. Tal modelo pode produzir simulações satisfatórias da estrutura diamétrica da floresta, constituindo-se como uma ferramenta de fundamental importância para o manejo de florestas nativas.

Palavras-chave: Dinâmica; floresta nativa; modelo; simulação.

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the prognostic of the diameter structure of species from family *Lauraceae* Juss. by transition matrix from two different periods of measurements, analyzing the accuracy of this model regarding the measurements observed in the place. The study was lead in the National Forest of São Francisco de Paula, where it was used the sample structure of the PELD/CNPq. Ten permanent parcels with area of 1ha each were used, they were installed in the year of 2000 and measured annually until the year of 2009. All the individuals with $CBH \geq 30$ cm were measured, numbered and identified. The trees that had entered and died between the measurements were computed. The analysis was accomplished in four measurements (2000, 2003, 2006, 2009) for pertaining species to the *Lauraceae* family, using classes of DBH with 10cm of amplitude. The transition matrix method was used on this research to project the diameter distribution of the pertaining species to this botanical family. The prognostic was accomplished for equivalent periods to the intervals of pre-established years. From the datas of 2000 and 2003, the projection for 2006 and 2009 was accomplished. The projected data had allowed comparing the projected distributions with the real distributions. It was used the adherence test of Kolmogorov-Smirnov (K-S) to evaluate exists significant difference between the observed frequencies and estimates. Nine pertaining species to the Lauraceae family were found, being they: *Cinnamomum amoenum* (Nees) Kosterm., *Cinnamomum glaziovii* (Mez) Kosterm., *Cryptocarya aschersoniana* Mez,

Cryptocarya moschata Nees & C. Mart., *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez, *Ocotea indecora* (Schott) Mez, *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees e *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez.. For nine years of monitoring, it was observed that 6,8 trees/ha had died, while 9,8 trees/ha had entered. With the probability matrix it was possible to observe that in six of the seven classes it occurred to the transition of a small percentage of the trees to the following class. In one class it had probability of 100% of the trees to remain in the same class in future periods. The Kolmogorov-Smirnov test showed that the estimated values had been revealed adherent to the observed real values. It concludes that the employment of transition matrix presented satisfactory resulted in the projection of the diameter structure of the pertaining species to the botanical family *Lauraceae* present in fragment of Mixed Ombrophylous Forest, where estimated values for the years of 2006 and 2009 had been revealed near to the observed values in the place. Such model can produce satisfactory simulations of the diameter structure of the forest, consisting as a tool of fundamental importance for the management of the native forests.

Keywords: Dynamics; native forest; model; simulation.

INTRODUÇÃO

Entre as formações florestais do Estado do Rio Grande do Sul, encontra-se a Floresta Ombrófila Mista, formação florestal resultante da interpenetração de floras de origem austral-andina e floras de origem tropical afro-brasileira (VELOSO *et al.* 1991; SONEGO *et al.*, 2007). A Floresta Ombrófila Mista compreende uma das formações florestais típicas dos planaltos da região sul do Brasil, ocupando quase inteiramente o planalto situado acima de 500 m nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (FORMENTO *et al.*, 2004). Atualmente, encontram-se bastante fragmentadas, com escassos remanescentes que representem uma amostra adequada desse tipo de vegetação para a sua conservação em longo prazo (NASCIMENTO *et al.*, 2001).

A Floresta Ombrófila Mista é caracterizada pela presença da espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, que por sua abundância, porte e copas corimbiformes imprime o aspecto fitofisionômico próprio desta formação (RAMBO, 1956; TEIXEIRA *et al.*, 1986; SONEGO *et al.*, 2007). Embora a *Araucaria angustifolia* apresente predominância no estrato superior da floresta, os estratos médio e inferior demonstram grande diversidade de espécies regenerantes nesse ambiente. Esses estratos são importantes centros de dispersão, destacando-se as espécies da família *Lauraceae* (RAMBO, 1951; NASCIMENTO, 2001).

A família *Lauraceae* está inserida entre as famílias de maior riqueza florística em Florestas Ombrófila Mista (SOUZA e LORENZI, 2005) e vem sendo apontada como uma das mais representativas, tanto em número de indivíduos quanto em riqueza de táxons, nos inventários florísticos e fitossociológicos realizados em fragmentos florestais na região sul, fato este que corrobora a hipótese de que esta região seja um dos principais centros de diversidade deste grupo (VATTIMO-GIL, 1959; QUINET e ANDREATA, 2002). Machado *et al.* (2010) afirmam que devido à sua grande importância econômica, espécies dessa família sofreram grande exploração ao longo dos anos e por esse motivo, faz-se necessária a adoção de medidas efetivas para sua preservação.

As *Lauraceae* possuem uma distribuição tropical e subtropical, concentrada em florestas pluviais da Ásia tropical, Américas, Austrália e Madagascar e pouco expressivas no sul da África (ROHWER, 1993; KROPF *et al.*, 2006). No Brasil, estudos relacionados às espécies da família *Lauraceae* podem ser vistos em Vattimo-Gil (1959); Klein (1974); Coe-Teixeira (1975); Pedralli (1982); Pedralli (1986); Pedralli (1987); Santos e Oliveira (1989); Santos e Almeida (1995); Caldato *et al.* (1999); Baitello (2001); Quinet e Andreatta (2002); Assis *et al.* (2005); Moraes (2005); Quinet (2005); Kropf *et al.* (2006); Alves e Ishii (2007); Alves e Sartori (2008); Souza *et al.* (2009); Machado *et al.* (2010) dentre outros.

Shaaf *et al.* (2006) afirmam que para a efetiva preservação das principais famílias botânicas presentes da Floresta Ombrófila Mista, não basta apenas o enrijecimento das leis ambientais, mas também gerar conhecimento acerca da estrutura dos remanescentes dessas formações florestais, auxiliando assim, a elaboração de novas técnicas de manejo que permitam conservar e utilizar racionalmente esses recursos.

Nascimento *et al.* (2001) complementam, que estudos sobre a composição e a estrutura desses remanescentes florestais fornecem informações básicas para tomadas de decisões na aplicação de técnicas de manejo florestal para sua conservação.

Para Pulz *et al.* (1999), um importante instrumento que pode auxiliar no planejamento florestal são os modelos de produção. Mesmo que estes impliquem numa simplificação da realidade, obter a prognose da distribuição diamétrica das árvores que compõem a floresta possibilita várias ações auxiliando na decisão sobre que espécie poderá ser removida da floresta, fato este que afetará com menor intensidade a manutenção da diversidade florística.

Existem variados métodos para a predição da estrutura diamétrica de uma floresta. Pulz *et al.* (1999) utilizaram o método de matriz de transição ou Cadeia de Markov, para realizar a predição de uma

floresta ineqüiânea a partir de três períodos de medição. Esse estudo foi realizado na Reserva Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA), município de Lavras, MG. Os autores testaram a acuracidade do método de matriz de transição comparando-o com o método da razão de movimentação e o método de Wahlenberg, detectando que o método de prognose empregados, inclusive os da matriz de transição e razão de movimento são eficientes para projeção da estrutura diamétrica, porém não recomendam que os dados sejam projetados para períodos superiores a 20 anos.

Austregésico et al. (2004) avaliaram a acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária sem intervenção, nos municípios de Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG. As medições ocorreram entre 1986 a 1996 sendo medidas de dois em dois anos. Compararam-se os métodos da razão de movimentação, de Wahlenberg e da matriz de transição para a prognose da estrutura diamétrica por meio de métodos de predição. O método da matriz de transição, como os demais métodos foram eficientes para a prognose do número médio de árvores, mas não foi eficiente para distribuição diamétrica da floresta como um todo.

Stepka (2008) avaliou a dinâmica do incremento em diâmetro e em área basal, do ingresso e da mortalidade da floresta Ombrófila Mista na Flona de Irati, PR, no período entre 2002 e 2008, realizando a prognose da distribuição diamétrica por meio de matriz de transição e razão de movimentação, a fim de projetar a distribuição diamétrica e comparar os valores estimados para 2008 com valores observados na medição das parcelas permanentes. As projeções para o ano de 2008 realizadas se mostraram estatisticamente aderentes à estrutura diamétrica observada.

O uso da matriz de transição ou cadeia de Markov pode ser um valioso instrumento ao manejador florestal, pois tal modelo pode produzir simulações satisfatórias da distribuição diamétrica, sendo que o modelo pode ser utilizado para elaborar simulações do desenvolvimento futuro da floresta (SANQUETA et al., 1996, STEPKA et al., 2010).

Diante da importância ecológica das *Lauraceae*, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a prognose da estrutura diamétrica determinada através da matriz de transição, analisando a acuracidade deste modelo em relação às prognoses, a fim de subsidiar estratégias de manejo e conservação da presente família botânica na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, município de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. Localiza-se entre as coordenadas 29°23' a 29°27'S, 50°23' a 50°25'W, com altitude média de 930 m, pertencente ao tipo fitogeográfico Floresta Ombrófila Mista (SONEGO et al., 2007).

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb (clima temperado), com invernos rigorosos, registrando-se a ocorrência de geadas e nevoeiros (MORENO, 1961). Apresenta precipitação média anual de 2.468 mm e temperatura média anual inferior a 18,5°C (RIBEIRO et al., 2007). Situa-se na região fisiográfica Campos de Cima da Serra e apresenta um relevo ondulado a fortemente ondulado. O solo é do tipo Cambissolo Húmico Alumínico típico (STRECK et al., 2002).

Metodologia de amostragem

Utilizou-se a estrutura amostral do Projeto Ecológico de Longa Duração – PELD/CNPq – “Conservação e Manejo Sustentável de Ecossistemas Florestais”, composta 10 parcelas permanentes com área de 1 ha (100 m x 100 m) cada, instaladas e medidas em 2000 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista existente na Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

Todas as árvores com circunferência a 1,30 m do solo (CAP) maior ou igual a 30 cm foram medidas, numeradas e identificadas. Medições anuais foram realizadas até o momento tendo sido computadas as árvores que ingressaram e que morreram entre as remedições.

A maioria das espécies foi identificada *in loco*. Para espécies não identificadas, foram coletados materiais botânicos e encaminhados para posterior identificação junto ao Herbário do Departamento de Ciências Florestais (HDCF). A identificação das famílias botânicas seguiu o sistema de classificação Angiosperm Phylogeny Group (APG III, 2009).

Prognose da distribuição diamétrica

Foi realizada uma análise nas espécies pertencentes à família Lauraceae em quatro medições realizadas nas 10 parcelas permanentes (2000, 2003, 2006 e 2009), utilizando classes de DAP com 10 cm de amplitude.

O método matriz de transição foi utilizado nesta pesquisa para projetar a distribuição diamétrica das espécies da família Lauraceae da floresta.

Matriz de transição

Conforme recomendado por Azevedo *et al.* (1995), a probabilidade de transição para cada intervalo de medição foi obtida, dividindo-se o número de árvores que morreram, mudaram de classe ou permaneceram na mesma classe pelo número de árvores naquela classe no início do período de crescimento. Assim, a distribuição diamétrica do povoamento, a ser projetada do tempo t para $t+\theta$ e a situação do povoamento no tempo $t+\theta$ podem ser totalmente determinadas pela situação no tempo t e pelo ingresso ocorrido no intervalo de tempo em que se usou o modelo em sua forma matricial, assim representado:

$$G = \begin{matrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ \vdots \\ i_n \end{matrix} \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \\ m_1 & m_2 & m_3 & m_4 & m_5 & \dots & m_n \end{bmatrix}$$

Em que: G = matriz de probabilidade de transição; i_n = i -ésima classe de diâmetro; a_i , b_i , c_i = probabilidades de uma árvore viva permanecer na mesma classe diamétrica (a_i), mudar para a classe diamétrica subsequente (b_i), ou ainda mudar duas classes (c_i). m_i = probabilidade das árvores que morreram no período estudado.

A estrutura diamétrica da floresta no tempo futuro foi o resultado da multiplicação da matriz de probabilidade de transição pelo número de árvores no período atual, somado ao número de árvores ingressas (BUONGIORNO e MICHIE, 1980), como segue:

$$Y_{t+\Delta t} = G \cdot Y_{it} + I_{it} \quad (1)$$

Em que: $Y_{t+\Delta t}$ = número de árvores projetadas; G = probabilidade de transição por classe diamétrica; Y_{it} = número de árvores por classe de diâmetro no período atual; I_{it} = número de árvores ingressas ou recrutadas.

A forma matricial da expressão 1 é:

$$\begin{bmatrix} Y_{1t+\Delta t} \\ Y_{2t+\Delta t} \\ Y_{3t+\Delta t} \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{nt+\Delta t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ Y_{3t} \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{nt} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \\ \cdot \\ \cdot \\ I_{nt} \end{bmatrix}$$

A prognose da distribuição diamétrica foi realizada para períodos equivalentes aos intervalos de anos pré-estabelecido, ou seja, para períodos de três anos, neste caso, partindo-se dos dados de 2000 a 2003, projetou-se a distribuição diamétrica para 2006 e 2009.

Conforme mencionado no modelo matricial acima, para a realização da prognose é necessário a estimativa do ingresso ocorrente local a fim de projetá-lo para o futuro, para isso foi utilizado um vetor que é o número de árvores ingressas por hectare ocorrido no período de 2000 a 2003.

Os dados projetados permitiram comparar a distribuições diamétricas projetadas com as distribuições diamétricas reais, obtidas nas remedições de 2006 e 2009.

Estatísticas empregadas para a avaliação das prognoses

A partir das projeções da distribuição diamétrica das Lauráceas por meio do método da matriz de transição, comparou-se as estruturas diamétricas estimadas para 2006 e 2009 com as estruturas

diamétricas observadas a partir dos dados coletados nas remedições de 2006 e 2009. Para isso, utilizou-se o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (K-S), o qual avalia se há diferença significativa entre as frequências observadas e estimadas (distribuições diamétricas observadas e preditas em 2006 e 2009).

Se duas distribuições cumulativas amostrais estão muito grandes em qualquer ponto, isso sugere que as amostras vêm de populações diferentes. O teste é focado na maior diferença entre duas distribuições. A fórmula empregada para medir as possíveis discrepâncias entre proporções observadas e esperadas é a seguinte:

$$D = \sup^* |F_{o(x)} - F_{e(x)}|$$

Em que: $F_{o(x)}$ = frequência observada acumulada para cada classe; $F_{e(x)}$ = frequência estimada acumulada para cada classe e D = o ponto de maior divergência é o valor D de K-S.

O menor valor para D entre as duas distribuições testadas indicará o melhor ajuste. A conclusão de significância do teste é dada pela seguinte fórmula:

$$D_{calc} = D / N$$

Em que: D = valor de maior divergência da distribuição; N = número total de árvores.

- Se D_{calc} for $\geq D_n$: Rejeita-se H_0 (distribuições não aderentes) e
- Se D_{calc} for $< D_n$: Aceita-se H_0 (distribuições aderentes).

Na pesquisa considerou-se um nível $\alpha \leq 0,01$ de significância para o D_n .

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Características observadas na floresta

Em 2009, o remanescente florestal possuía nove espécies pertencentes à família Lauraceae sendo elas: *Cinnamomum amoenum* (Nees) Kosterm., *Cinnamomum glaziovii* (Mez) Kosterm., *Cryptocarya aschersoniana* Mez, *Cryptocarya moschata* Nees & C. Mart., *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez, *Ocotea indecora* (Schott) Mez, *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees e *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez. A família Lauraceae é uma das mais importantes da floresta e que apresenta indivíduos com grande potencial econômico, sendo que dos 8301 indivíduos existentes nos 10 ha amostrados na floresta, somente da família Lauraceae foram observados 920 indivíduos (92/ha) representando uma área basal de 6,78 m²/ha o que representa 14,22% da área basal total da floresta no ano de 2009.

Em relação à mortalidade e ingresso, para os nove anos de monitoramento observou-se 6,8 árvores/ha (0,85%/ano) e 9,8 árvores/ha (1,23%/ano), respectivamente.

Ocorreu uma variação considerável no número de árvores mortas e ingressas desta família nos diferentes períodos avaliados, o que pode ser melhor visualizados na Figura 1.



FIGURA 1: Número de árvores ingressas e mortas no período de monitoramento
FIGURE1: Number of tickets and dead trees in the monitoring period

Esta alta variação demonstra que a projeção da estrutura da floresta pode não contemplar as mudanças cíclicas do ingresso e da mortalidade, gerando desta forma, estimativas pouco confiáveis para períodos longos.

Em relação à distribuição diamétrica observada para as Lauráceas, percebeu-se (Figura 2) a forma decrescente, característica de florestas nativas, porém com pouca mudança nos nove anos de monitoramento, sendo observadas 89 árvores por hectare em 2000 e 92 árvores por hectare em 2009.

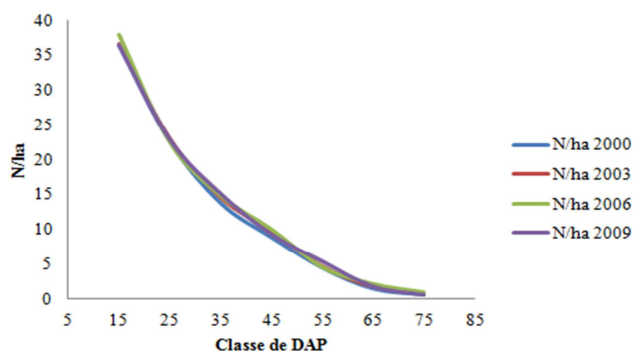


FIGURA 2: Distribuições diamétricas ao longo das medições para as espécies da família Lauraceae
 FIGURE2: Distributions along the diametric measurements for species of the family Lauraceae

Projeção por matriz de transição

Observa-se na Tabela 1 a matriz de probabilidades construída para as espécies da família Lauraceae, com base nas medições da floresta realizadas nos anos de 2000 e 2003.

TABELA 1: Matriz de Probabilidade para as espécies da família Lauraceae entre o período de 2000 a 2003.

TABLE1: Probability Matrix for the species of the family Lauraceae between the period 2000 to 2003.

Classe 2003	Classe 2000						
	15	25	35	45	55	65	75
15	0,926	0	0	0	0	0	0
25	0,058	0,912	0	0	0	0	0
35	0	0,084	0,914	0	0	0	0
45	0	0	0,086	0,956	0	0	0
55	0	0	0	0,044	0,935	0	0
65	0	0	0	0	0,065	0,938	0
75	0	0	0	0	0	0,063	1
Mortas	0,016	0,004	0	0	0	0	0

Percentual de árvores que permaneceram na mesma classe
 Percentual de árvores que moveram uma classe
 Percentual de árvores mortas

Com a matriz de probabilidade foi possível observar que em seis das sete classes ocorreu a transição de uma pequena porcentagem das árvores para a classe seguinte, sendo que a maioria permaneceu na classe original. Em relação à classe 75 ocorreu a probabilidade de 100 % das árvores permanecerem na mesma classe em períodos futuros.

Nesta matriz de probabilidade gerada não foi observada a presença de estados absorventes, ou seja, a probabilidade igual a zero. Estes estados absorventes são frequentemente observados em trabalhos com matrizes de transição como, por exemplo, os trabalhos de Scolforo et al. (1996), Pulz et al. (1999), Austrégesilo et al. (2004) e Stepka et al. (2010) que consideram uma desvantagem deste método por não ocorrer a projeção de indivíduos para as classes seguintes às que apresentam este estado absorvente. Neste caso, para a projeção da comunidade de espécies da família Lauraceae não apresentou esta característica.

As distribuições diamétricas observadas e projetadas pela matriz de transição para os anos de 2006 e 2009 podem ser observadas na Tabela 2.

Em geral, as projeções para as classes de diâmetro apresentaram valores bastante semelhantes para ambos os anos avaliados. Em relação ao ano de 2006, percebe-se que os valores projetados totais, são um pouco maiores que as estruturas observadas, já em relação aos valores projetados para 2009, a super estimativa do número de árvores é maior em relação ao período anterior, visto que o número de árvores observadas em 2009 é menor do que o ocorrido em 2006. Esta tendência aqui observada é decorrente da variação das taxas de ingresso e mortalidade conforme discutido nos itens anteriores, demonstrando que projeções para períodos longos de tempo podem acarretar estimativas pouco confiáveis devido às fases cíclicas dos ingressos e mortalidades.

TABELA 2: Distribuições diamétricas observadas e projetadas para os anos de 2006 e 2009.

TABLE2: observed and projected diameter distributions for the years 2006 and 2009.

Classe de DAP	N/ha 2006		N/ha 2009	
	Observado	Projetado	Observado	Projetado
15	37,9	36,69	36,4	36,78
25	22,5	23,28	22,9	23,54
35	14,8	15,26	15,2	15,90
45	10	10,62	9,4	11,47
55	4,5	4,83	5,5	4,99
65	2,1	1,99	1,9	2,18
75	0,9	0,91	0,7	1,04
Total	92,7	93,60	92	95,89

Mesmo gerando uma super estimativa em ambos os períodos analisados (maior em 2009), as projeções apresentaram aderência segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov com $\alpha \leq 1\%$. Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov para detectar diferenças estatísticas entre os dois períodos estudados podem ser observados na Tabela 3.

O teste K-S detecta o ponto de maior divergência e compara-o com um valor tabelado a um dado nível de significância. Com isso, na projeção para o ano de 2006 o valor “D” calculado foi de 0,013. Já nos valores projetados para o ano de 2009 o “D” calculado foi de 0,042. Estes resultados foram inferiores aos valores tabelados (D_n tabelado) igual a 0,1692 e 0,1699 respectivamente para 2006 e 2009 com $\alpha \leq 0,01$. Hipóteses: H_0 : Não há diferença entre as frequências observadas e esperadas das categorias da variável ($F_0(X) = S_N(X)$); H_1 : Há diferença entre as frequências esperadas e as frequências observadas, ($F_0(x) \neq S_n(x)$ ou $F_0(x) > S_n(x)$ ou $F_0(x) < S_n(x)$). Desta forma, aceita-se a hipótese da nulidade, constatando-se então que as projeções para ambos os períodos são aderentes aos valores reais.

TABELA 3: Diferenças entre os valores estimados e projetados pela matriz de transição.

TABLE3: Differences between the estimated and projected by the transition matrix.

Classe de DAP	2006	2009
15	1,207	-0,378
25	0,428	-1,018
35	-0,037	-1,713
45	-0,661	-3,784
55	-0,991	-3,270
65	-0,885	-3,554
75	-0,897	-3,891
Dcalc	0,013	0,042

Na Figura 3 visualizam-se as curvas das distribuições reais e estimadas para ambos os períodos.

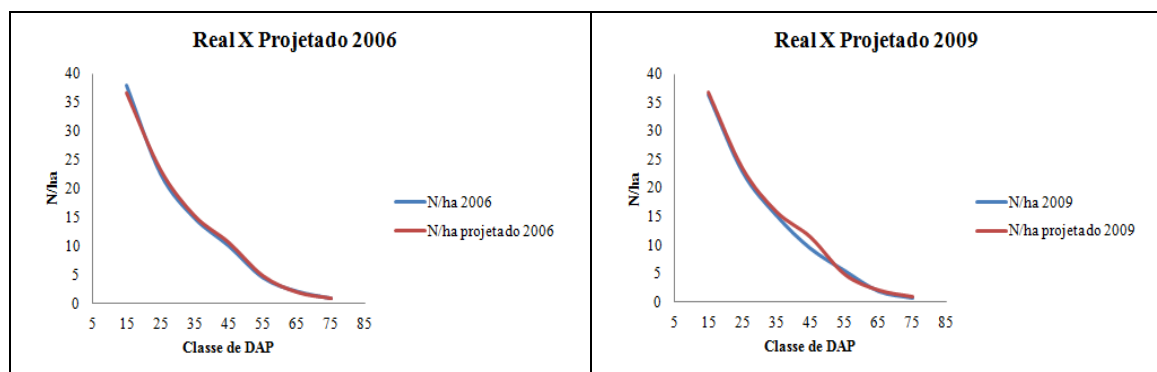


FIGURA 3: Distribuições diamétricas observadas e estimadas para os anos de 2006 e 2009.

FIGURE3: observed and estimated diameter distributions for the years 2006 and 2009.

As distribuições estimadas foram bastante semelhantes às observadas, porém o valor projetado para o ano de 2009 na classe de 45 apresentou as maiores discrepâncias em relação aos demais. Este valor desta classe de 45 pode ter ocasionado a menor precisão das estimativas da projeção e 2009 em relação à de 2006.

CONCLUSÕES

O emprego de matriz de transição apresentou resultados satisfatórios na projeção da estrutura diamétrica das espécies pertencentes à família botânica Lauraceae presente em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula. Valores estimados para os anos de 2006 e 2009 se mostraram bastante próximos aos valores observados no local. Segundo o teste Kolmogorov-Smirnov, os valores estimados se mostraram aderentes aos valores reais observados.

O uso da matriz de transição apresenta grande vantagem por ser facilmente construída e por apresentar a possibilidade de desenvolvimento com apenas duas medições. Tal modelo pode produzir simulações satisfatórias da distribuição diamétrica de florestas inequiâneas apresentando estimativas muito precisas, constituindo-se como uma ferramenta muito útil para a busca de soluções relativas ao manejo e preservação de florestas nativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APG III. Angiosperm Phylogeny Group. Na update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v.161, p.105-121, 2009.

ASSIS, L. C. S.; FORZZA, R. C.; VAN DER WERFF, H. A família Lauraceae na reserva biológica da Represa do Grama, Descoberto. Brasil. **Boletim de Botânica** 23: 113-139, 2005.

BAITELLO, J. B. 2001. Novas espécies de Lauraceae para a flora brasileira. **Acta Botanica Brasilica** 14: 445-450, 2001.

ALVES, F. M. & ISHII, I. H. Lauraceae no município de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Rodrigésia** 58: 179-192, 2007.

ALVES, F. M.; SARTORI, A. L. B. *Nectandra* Rol. Ex Rottb. (LAURACEAE) no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 23(1): 118-129, 2009.

AUSTREGÉSILO, S. L., FERREIRA, R. L. C., SILVA, J. A. A., SOUZA, A. L., MEUNIER, I. M. J., SANTOS, E. S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.227-232, 2004.

AZEVEDO, C. P.; SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Um modelo de matriz de transição para prognose do crescimento de um povoamento natural remanescente não manejado de mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 187-199, 1995.

BUONGIORNO, J.; MICHIE, B. R. A matrix model of uneven-aged forest management. **Forest Science**, Washington, v. 26, n. 4, p. 609-625, Dec. 1980.

CALDATO, S. L.; LONGHI, S. J.; FLOSS, P. A. Estrutura populacional de *Ocotea porosa* (LAURACEAE) em uma Floresta Ombrófila Mista, em Caçador (SC). **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 89-101, 1999.

CALLEGARO, R. M.; REDIN, C. G.; GRACIOLI, C. R.; LONGHI, S. J.; LONGHI, R. V.; PISSATTO, M. Composição florística e estrutura de um remanescente da Floresta Ombrófila Mista em São Francisco de Paula – RS. Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal, 4. **Anais eletrônicos**. Santa Maria: UFSM, 2008.

COE-TEIXEIRA, B. Espécies novas de *Nectandra* (Lauraceae) da flora do Brasil. **Acta Amazonica** 5: 157-171, 1975.

FORMENTO, S.; SCHORN, L. A.; RAMOS, R. A. B. Dinâmica estrutural arbórea de uma floresta Ombrófila Mista em Campo Belo do Sul, SC. **Revista Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 196-212, 2004.

KLEIN, R. M. Importância e fidelidade das Lauráceas na "Formação Araucária" do Estado de Santa Catarina. **Insula**, (7): 1-19, 1974.

KROPF, M.S.; QUINET, A.; ANDREATA, R.H.P. Lista anotada, distribuição e conservação das espécies de Lauraceae das restingas fluminenses, Brasil. **Pesquisas: Botânica** 57: 161-180, 2006.

LONGHI, S. J. et al. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria - Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 115-133, 1999. RIO GRANDE DO SUL. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FATEC/SEMA, 2002. Disponível no site:

www.ufsm.br/ifcrs.

MACHADO, S. A.; SANTOS, A. A. P.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; ZAMIN, N. T. Modelagem da distribuição diamétrica de quatro espécies de *Lauraceae* em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, n. 1, 2010.

MORAES, P. L. R. Sinopse das Lauráceas nos estados de Goiás e Tocantins, Brasil. **Biota Neotrópica** 5: 1-18, 2005.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuições espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.

PEDRALLI, G. A. Família Lauraceae Lindley no Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1982, 101p.

PEDRALLI, G. A. A família Lauraceae Lindley no Rio Grande do Sul, Brasil: *Nectandra*. **Iheringia: Série Botânica** 35: 133-149, 1986.

PEDRALLI, G. A família *Lauraceae* Lindley no RS Brasil: Gêneros *Endlicheria* Nees, *Laurus* L. e *Cryptocarya* R.BR. **Acta Botanica Brasilica**, 1 (1):27-41, 1987.

PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba. PR: 1997, 316 p.

PULZ, F. A., SCOLFORO, J. R. S., OLIVEIRA, A. D., MELLO, J. M., OLIVEIRA FILHO, A. T. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta ineqüiânea com a matriz de transição. **Cerne**, Lavras, v.5, n.1 p.1-14, 1999.

QUINET, A.; ANDREATA, R. H. O. Lauraceae Jussie na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, município de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia** 53 (82): 59-121, 2002.

QUINET, A. Sinopse taxonômica da família Lauraceae no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 19: 563-572, 2005.

RAMBO, B. O elemento andino no pinhal riograndense. **Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues** 3: 7-39, 1951.

RAMBO, B. A Fisionomia do Rio Grande do Sul – Ensaio de monografia natural. 3a ed., Editora Unisinos, São Leopoldo, 1994, 472 p.

RIBEIRO, S. B.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. et al. Diversidade e classificação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 101-108, abr.-jun., 2007.

ROHWER, J. G. Lauraceae: *Nectandra*. **Flora Neotropica** 60: 1-332, 1993.

SANTOS, M.; ALMEIDA, S. L. Contribuição ao estudo morfológico e anatômico das domácias em espécies de *Ocotea* Aubl. (Lauraceae) da região sul do Brasil. **Ínsula** 24: 73-97, 1995.

SANTOS, M.; OLIVEIRA, P. L. Domácias no gênero *Ocotea* Aubl. (Lauraceae). **Ínsula** 19: 13-26, 1989.

SCOLFORO, J. R. S., PULZ, F. A., MELLO, J. M. de., OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para o manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, 1996.

SCHAAF, L. B., FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R.; LONGHI, S. J. Modificações florístico-estruturais de um remanescente de floresta Ombrófila Mista Montana no período entre 1979 e 2000. **Ciência Florestal**, 16 (3): 271-291, 2006.

SANQUETTITA, C. R.; BRENA D. A.; ÂNGELO, H.; MENDES, J. B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 65-78, 1996.

SOUZA, V. C. ; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005, 640p.

SOUZA, L. S. S.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Incremento volumétrico de *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 305-315, 2009.

SPATHELF, P.; BERGER, R.; VACCARO, S. Crescimento de espécies nativas de uma Floresta

Estacional Decidual/Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 103-119, 2001.

STEPKA, T. F. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista por meio de matriz de transição e razão de movimentação**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati.

STEPKA, T. F., DIAS, A. N., FIGUEIREDO FILHO, A., MACHADO, S. A., SAWCZUK, A. R. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matriz de transição. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30 n. 64 p. 227-235, 2010.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2002. 107p.

SONEGO, R.C., BACKES, A. & SOUZA, A.F. 2007. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta Botanica Brasilica**, 21(4): 943-955, 2007.

TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A. L. R. Vegetação. In: **Levantamento de recursos naturais**. v. 33. Rio de Janeiro, IBGE. p. 541-632, 1986.

VATTIMO-GIL, I. Flora da cidade do Rio de Janeiro (Lauraceae). **Rodriguésia** 21/22 (33-34): 157-176, 2 pls, 1959.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A. L.R.; LIMA, L. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991, 124 p.

MORAES, P. L. R. Sinopse das Lauráceas nos estados de Goiás e Tocantins, Brasil. **Biota Neotrópica** 5: 1-18, 2005.

SISTEMA AGROFLORESTAL DA ERVA-MATE COM *Eucalyptus*: CONSORCIO PARA AGREGAÇÃO DE VALOR

AGROFORESTRY SYSTEM OF YERBA MATE WITH *Eucalyptus*: CONSORTIUM FOR ADDED VALUE

Überson Boaretto Rossa¹; Alessandro Camargo Angelo²; Ivan Crespo Silva³;
Jorge Zbigniew Mazuchowski⁴; Renato Viana Gonçalves⁵

RESUMO

Este trabalho descreve, de forma sucinta, o sistema agroflorestal erva-mate com eucalipto, no centro-sul paranaense, cujas funções principais são: estabelecer um padrão de sombreamento da cultura da erva-mate; viabilizar um sistema de produção de matéria prima com maior valor agregado similar ao de erval nativo; desenvolver um sistema de manejo do erval com a espécie eucalipto como produtora de madeira para fins energéticos e fornecimento de madeira para serraria; a agregação de valor à área agrária; e viabilizar um micro-clima de proteção da cultura da erva-mate contra geadas. Adicionalmente discute aspectos silviculturais, em especial aos referentes a sistemas alternativos de manejo das duas espécies florestais utilizadas, bem como, aos produtos gerados neste sistema, mediante a apresentação da perspectiva de incremento de geração de renda para o produtor.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*; *Eucalyptus grandis*; silvicultura; manejo florestal.

ABSTRACT

This paper describes, briefly, the agroforestry system yerba mate with *Eucalyptus* in south-central Paraná, whose main functions are: to establish a shading pattern of the culture of yerba mate, a viable system of production of raw materials with higher value similar to that of native herbal, developing a management system with the herbal eucalyptus species as a producer of wood energy and wood supply for sawmills, adding value to the land area, and enable a micro-climate protection culture of yerba mate frost. Also discusses aspects of forestry, especially those relating to alternative systems of management of two forest species, as well as the products generated in this system by presenting the prospect of increased income generation for the producer.

Keywords: *Ilex paraguariensis*; *Eucalyptus grandis*; forestry; forest management.

INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é componente de um dos sistemas agroflorestais tradicionais mais antigos da região sul do Brasil. Cresce espontaneamente em matas de pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*) e matas subtropicais existentes na região. Caracteriza-se pela oferta diversificada de produtos e serviços que aportam na estabilidade econômica e social do produtor rural (MAZUCHOWSKI, 2004).

Dados do IBGE (2009) indicam que o Brasil teve uma produção de 218.102.000 quilos de erva-mate, sendo que o estado do Paraná contribuiu com 156.563 toneladas (70% da produção nacional de erva-mate em folha), movimentando cerca de 63 milhões de reais com a comercialização do produto em forma de folha in natura. A relevância da cultura também pode ser destacada pela área ocupada de 205.914,20 hectares em 158 municípios do Paraná.

A variação natural das condições ambientais e dos tipos de manejo dos ervais determinam a diferenciação da matéria-prima para as diferentes destinações industriais da erva-mate (MERCOMATE, 1993). O desenvolvimento de novos produtos da erva-mate valoriza aos integrantes da cadeia produtiva, especialmente pela ampliação dos mercados interno e internacional, bem como, pela oferta de uma gama de produtos alternativos, decorrentes do desenvolvimento de opções de utilização (BUGARDT, 2000).

Análises e estudos sobre a erva-mate têm revelado uma composição que identifica diversas propriedades nutritivas, fisiológicas e medicinais, conferindo um grande potencial de aproveitamento (VALDUGA, 1995). "A erva-mate é considerada um alimento quase completo, pois contém quase todos os nutrientes necessários ao nosso organismo" (KASPARY, 1985).

Diferentes produtos são obtidos das folhas de erva-mate, quando da elaboração da erva cancheada e dos sub-produtos decorrentes do beneficiamento agroindustrial. Com a expansão de consumidores aderindo ao consumo de produtos de origem natural, existe o reforço de demandas por bebidas chimarrão, tereré, chá mate queimado e chá mate verde, mate solúvel e chá pronto para beber, bebidas energéticas e sucos (MAZUCHOWSKI e RUCKER, 1993). Em paralelo, a erva-mate é empregada na produção de diversos medicamentos, produtos de higiene geral e de uso pessoal, insumo para outros alimentos, sendo excelente bactericida, esterilizante e antioxidante, podendo ser usado no

tratamento de esgoto e reciclagem do lixo urbano.

Na composição química da biomassa foliar empregada na indústria apresenta alcalóides (cafeína, metilxantina, teofilina e teobromina), taninos (ácidos fólico e cafeico), vitaminas (A, B1, B2, C e E), sais minerais (alumínio, cálcio, fósforo, ferro, magnésio, manganês e potássio), proteínas (aminoácidos essenciais), glicídeos (frutose, glucose, rafinose e sacarose), lipídeos (óleos essenciais e substâncias ceráceas), além de celulose, dextrina, sacarina e gomas. Também é extenso o rol de propriedades terapêuticas da erva-mate, de modo especial em razão da presença de alcalóides, como a cafeína, na sua composição (VALDUGA, 1995).

A Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-Mate do Paraná aponta a relevância dos trabalhos de pesquisa que buscam a compreensão de aspectos técnicos de sua silvicultura, em especial das práticas de sombreamento e fertilização para melhorar a produtividade, além de estudos sobre a composição química da erva-mate, de acordo com aspectos edafológicos (altitude, tipo de solo e microclima) do sítio em que esta sendo produzida, para incremento da valorização do produto comercial pela indústria (MAZUCHOWSKI, 1991; MAZUCHOWSKI, 2000).

Para Nietsche (2002), a erva-mate adquirida pela indústria ervateira é avaliada empiricamente, com base no teor de amargor da bebida e no tipo de manejo do erval feito pelo produtor rural, com pagamento de valores diferenciados para as áreas de erval sombreado.

Trabalho de Quadros et al.(1992) comparou os teores de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate nativa, sob condições de sombreamento e a céu aberto. Resultaram diferenças estatisticamente significativas nas médias dos teores de N, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Si para as duas condições, embora tendo teores de P, Cu e B estatisticamente iguais. Os teores dos elementos K, Ca, N, Mg, Zn e Si foram maiores nas folhas sombreadas, enquanto os elementos Al e Fe foram maiores nas folhas de plantas a céu aberto.

Por outro lado, Angelo (2007) ressalta os efeitos da radiação solar e do sombreamento na fisiologia das plantas, bem como, suas conseqüências na produção de compostos minerais nas folhas dos vegetais. Em estudos desenvolvidos por Ribani (2006a e 2006b), destacam-se os métodos de análise de compostos fenólicos para a erva-mate, além da relevância para o desenvolvimento de produtos com aplicação na vida humana.

As tecnologias identificadas em estudos da cadeia produtiva da erva-mate, referentes às alternativas do segmento industrial, priorizam as informações relativas à obtenção de bebidas com padrão sensorial de erval sombreado, visando atender demandas do mercado consumidor brasileiro e de nichos em mercados internacionais (MAZUCHOWSKI, 2004).

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Árvores de eucalipto consorciadas em cultura de erva-mate

As melhores condições de desenvolvimento, longevidade e produtividade da erva-mate estão intimamente ligadas à fertilidade do solo e manejo adequado das árvores. No aspecto de longevidade da erva-mate, as avaliações são empíricas embora apresentem plantas em condições de desenvolvimento centenário, enquanto a produtividade está vinculada ao sombreamento.

No sistema adotado na Fazenda São José, no município de Guarapuava (PR), pertencente a Antonio Fagundes Schier, proprietário da Indústria de Erva-Mate Schier, situada na divisa entre o segundo e terceiro Planaltos do Paraná, caracteriza-se pela existência de árvores de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) intercaladas com árvores de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.).

Quando da implantação do sistema na propriedade, já existia na área um cultivo homogêneo de erva-mate com idade de 25 anos. A disposição geométrica do cultivo de erva-mate caracteriza-se por ser em linha, estando cada árvore equidistante a cada 2 m e linhas espaçadas de 4 metros, formando um espaçamento de 2 m x 4 m, resultando na densidade de 1.250 árvores/ha.

Por outro lado, as árvores de eucalipto foram plantadas em 2003, na mesma linha da erva-mate, tendo como espaçamento 2 m x 4 m, perfazendo uma distribuição intercalada entre árvores com distância de 1 m entre espécies diferentes (Figura 1).

Quando do segundo ano de implantação do sistema, foi retirada uma árvore de eucalipto a cada 2 m, visando oxigenação ambiental para erva-mate e redução do nível de sombreamento inicial, fato que determinou a retirada de metade das árvores existentes, com densidade, permanecendo uma árvore de eucalipto a cada 4 m (espaçamento de 4 m x 4 m) numa densidade de 625 árvores/ha.

Posteriormente, no quarto ano de implantação, foi desenvolvida uma nova redução da densidade de eucalipto, sendo retirada uma árvore a cada 4 m na linha, de forma com que o espaçamento entre plantas aumentasse para 8 m (8 m x 4 m) resultando na densidade de 312,5 árvores/ha. Em decorrência, foi renovado o grau de sombreamento das erva-mates em função do crescimento da altura do eucalipto ser muito acentuado.

Atualmente o sistema, com 6 anos de idade, possui uma árvore de eucalipto a cada 8 m de distância entre plantas, sendo que os indivíduos encontram-se com uma média de aproximadamente 13 m de altura, com um DAP médio de 0,23 m (Figura 2).

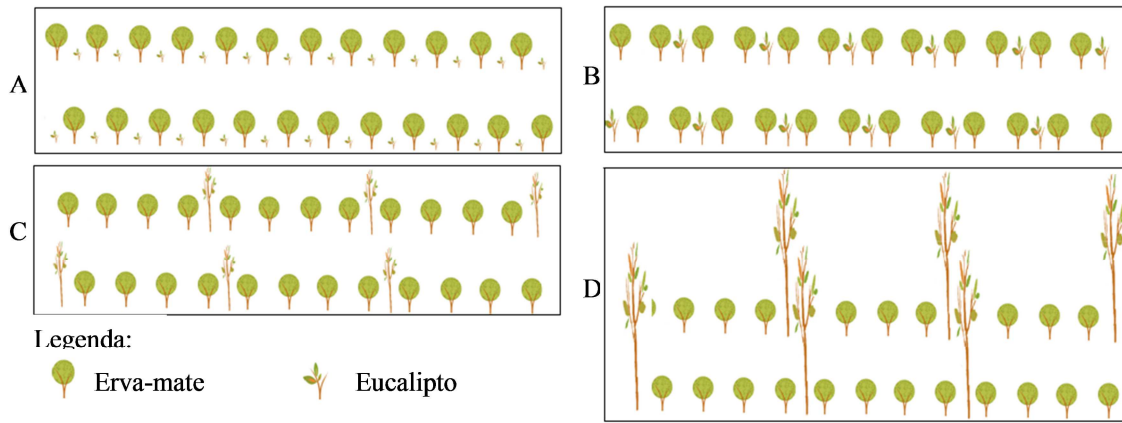


FIGURE 1: Evolution of the agroforestry system of yerba mate intercropped with *Eucalyptus grandis*: (A) Implantação do sistema; (B) Manejo do Ano 2; (C) Ano 4 de condução; (D) Ano 6 de condução.

FIGURE 1: Evolution of the agroforestry system of yerba mate intercropped with *Eucalyptus grandis*: (A) Deployment of the system; (B) Management of Year 2; (C) Year 4 driving; (D) Year 6 driving.

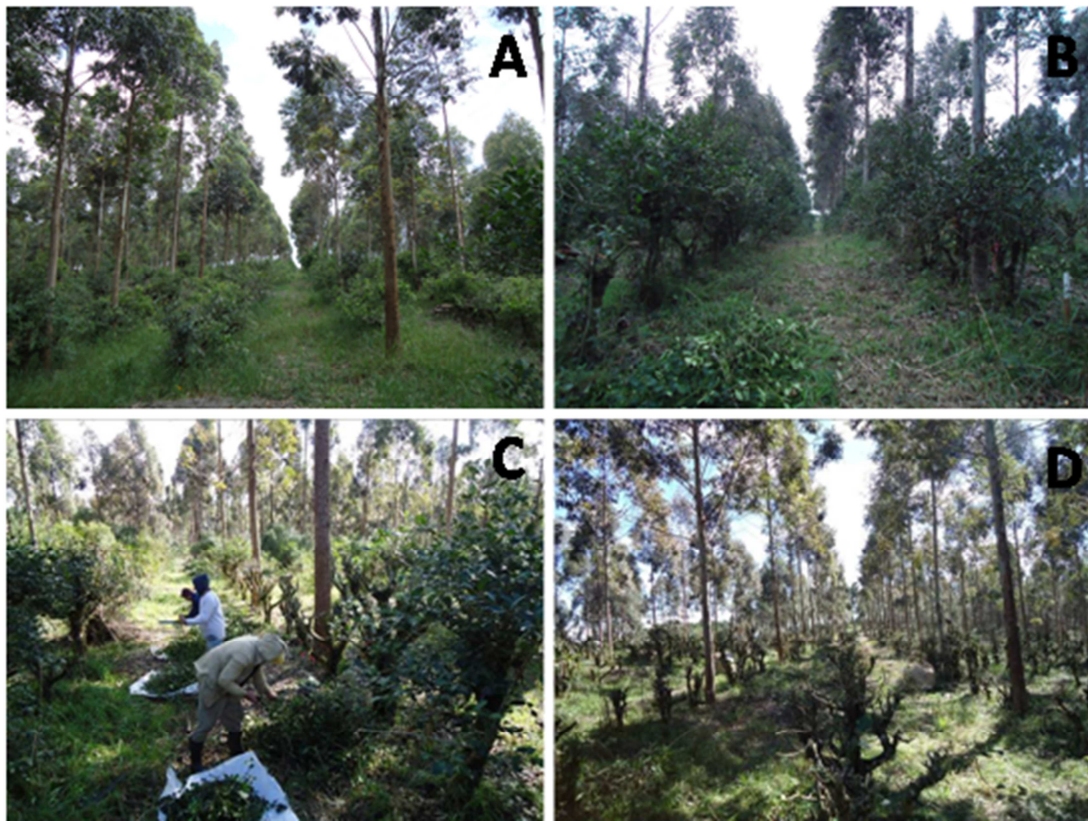


FIGURA 2: Configuração do sistema agroflorestal de disposição das árvores de erva-mate consorciado com eucalipto aos 6 anos de implantação: (A) Efeito do sombreamento excessivo causado pelo eucalipto; (B) Sombreamento adequado ao erval com árvores bem enfolhadas; (C) Operação de poda em erva-mate com colheita no poncho; (D) Aspecto de erval após poda correta das árvores de erva-mate.

FIGURE 2: System configuration disposal of agroforestry trees yerba mate intercropped with *Eucalyptus grandis* to 6 years of implementation: (A) Effect of excessive shading caused by the *Eucalyptus grandis*; (B) suitable for herbal Shading with trees and foliage; (C) Operation pruning harvest yerba mate with the mesh that protects; (D) Appearance of herbal trees right after pruning of yerba mate.

Eucalipto

Em trabalho que avaliou a relação às árvores matrizes no município de Arapoti (PR), Santos et al. (2006), destacam a produção de 62,4 a 133,3 m³/ha/ano de incremento médio anual de *Eucalyptus*

grandis. Porém para sistemas agroflorestais, envolvendo erva-mate com eucalipto, não existem muitas informações a respeito da rentabilidade da cultura do eucalipto.

Segundo a EMBRAPA (2006), em trabalho que considera os indicadores de custos, produtividade, valor da produção do eucalipto em propriedades familiares, a produção de eucalipto em plantios puros pode chegar a 140 m³/ha de madeira para energia, quando do desbaste aos 6 anos de idade, e 380 m³/ha de madeira para serraria no corte final aos 20 anos de idade.

Pode-se destacar a importância do produto madeira de eucalipto para utilização na indústria demandante de biomassa para gerar energia e em especial para secagem (sapeco) de folhas de erva-mate. Neste sistema é possível, dependendo da densidade de plantio de eucalipto, realizar desbastes aos 4, 6, 8, 12 anos de cultivo. Na área do estudo, este é um dos argumentos para implementação do sistema de consórcio das duas espécies florestais.

Rodigheri et al. (2007), constataram em trabalho sobre indicadores de custos, produtividade e renda de plantios de eucaliptos para energia na região de Guarapuava (PR), que os resultados do plantio de eucalipto para energia são uma atividade rentável, apresentando uma TIR de 14,23%, VPL de R\$ 1.655,37, no primeiro ciclo desta cultura. O custo de implantação do eucalipto foi de R\$ 2.737,57, considerando este valor como referente aos dois primeiros anos, onde ocorre o maior dispêndio econômico com mão-de-obra, operações mecanizadas e insumos.

No caso da Fazenda São José, o produtor optou por implantar o sistema com uma densidade bastante elevada de eucalipto, considerando o consórcio com a erva-mate, em um espaçamento de 2 m entre plantas e 4 m entre linhas, resultando em 1.250 árvores/ha. Para atender as necessidades do projeto, o produtor dispunha de toda infra-estrutura para produção de mudas em viveiro próprio, bem como, apresenta disponibilidade de mão-de-obra a ser utilizada em períodos de entressafra do cultivo da erva-mate. Em síntese, seus custos de implantação do sistema foram bastante reduzidos considerando a sua disponibilidade do principal insumo (mudas) e a mão-de-obra para plantio.

Neste caso não foram considerados outros coeficientes técnicos e econômicos, bem como, não foi realizada análise econômica do sistema. Complementarmente, foi desenvolvido um levantamento de dados, demonstrado no Quadro 1, sobre preços praticados para produtos originários da cultura do eucalipto no município de Guarapuava (PR).

QUADRO 1: Preços médios de diferentes produtos da cultura do eucalipto praticados no município de Guarapuava/PR.

TABLE 1: Average prices of different products from eucalyptus practiced in the city of Guarapuava/PR.

Caracterização do Produto	Unidade	Valor
Lenha de eucalipto colocado no carreador	R\$/ton	48,80
Lenha de eucalipto em pé na propriedade	R\$/ton	37,20
Toras de eucalipto na serraria com diâmetro maior que 40 cm	R\$/m ³	135,00
Toras de eucalipto na serraria com diâmetro 30 - 40 cm	R\$/m ³	124,00
Toras de eucalipto na serraria com diâmetro 10 - 20 cm	R\$/m ³	76,00
Toras de eucalipto em pé com diâmetro >30 cm	R\$/m ³	83,00
Toras de eucalipto em pé com diâmetro 20 - 30 cm	R\$/m ³	67,00

Fonte: SEAB/DERAL (2011).

CONCLUSÕES

A cultura da erva-mate, cultivada tradicionalmente de forma extrativista, há poucos anos vem sendo explorada de forma intensiva, sendo que atualmente percebem-se cultivos consorciados em sistemas agroflorestais os quais podem representar uma alternativa para agregação de renda a pequena e média propriedade rural através de produto que atenda as exigências da indústria.

O sistema agroflorestal erva-mate e eucalipto, além de gerar níveis de compostos químicos de folhas de erva-mate mais adequados para a indústria ervateira, geram madeira para múltiplos usos possibilitando à agregação de valor a produção. Portanto o produtor pode se beneficiar de um melhor preço na venda de folhas inaturas de erva-mate sombreada e também da venda da madeira gerada pela cultura do eucalipto. Pode-se também destacar o papel da cultura do eucalipto sob plantios de erva-mate na manutenção de um micro clima que pode impedir danos causados para a cultura de erva-mate na ocorrência de geadas.

AGRADECIMENTOS

À Indústria de Erva-Mate Schier, em especial ao Sr. Antonio Fagundes Schier.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELO, A. C; DALMOLIN, A. Interações Herbívoro-Planta e Suas Implicações para o Controle Biológico – Que tipos de inimigos naturais procurar ? p. 71–91. In: J.H. Pedrosa- Macedo; A. Dalmolin & C. W. Smith (Orgs.). **O Araçazeiro: Ecologia e Controle Biológico**. Curitiba, FUPEF, 232 p. 2007.
- BRASIL, Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 4. ed. Série A. Normas e Manuais Técnicos - Instituto Adolfo Lutz. 1018 p. 2005.
- BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPARKS, D.L., ed. **Methods of soil analysis**. Part 3. Madison: America Society of Agronomy. p.1085-1121 (SSSA Book Series, 5). 1996.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Indicadores de custos (R\$/ha), produtividade (m³/ha), valor da produção (R\$/ha) do eucalipto em propriedades familiares. Comunicado Técnico. Embrapa Florestas, 2006.
- HILDEBRAND, C.; HILDEBRAND, E.E.; REISSMANN, C.B. **Manual de análise química de solo e planta**. Curitiba: Departamento de Solos, Universidade Federal do Paraná, 225 p. 1977.
- IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2009. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2009/pevs2009.pdf]. Acesso em 30 de julho de 2011.
- KASPARY, R. **Efeito de diferentes graus de sombreamento no desenvolvimento de plantas jovens de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)**. Porto Alegre, 1985. Dissertação de Mestrado. UFRGS.
- MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.
- MAZUCHOWSKI, J. Z. **Influência de níveis de sombreamento e de nitrogênio na produção de massa foliar da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)**. UFPR (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo). Curitiba: 2004. 112 p. il.
- MAZUCHOWSKI, J. Z. **Manual da Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)**. 2 ed. reimp. Curitiba: EMATER-PR, 1991. 104 p.
- MAZUCHOWSKI, J. Z. **Patentes Industriais e as Prioridades para os Investimentos Tecnológicos na Cadeia Produtiva da Erva-Mate**. Serie PADCT da Erva-Mate n. 2. EMATER. Curitiba, 178p. 2000.
- MAZUCHOWSKI, J.Z.; RUCKER, N.G. de A. **Diagnóstico e Alternativas para a Erva-Mate *Ilex paraguariensis* St. Hil.** Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Curitiba, 1993. 141 p.
- MERCOMATE. **Economia Ervateira no MERCOSUL**. Comitê de Cooperação Técnica. Agência Brasileira de Cooperação do Ministério das Relações Exteriores. Brasília, 1993. 10 p.
- QUADROS, R. M.B.; REISSMANN, C. B.; RADOMSKI, M. I. **Comparação dos Teores Foliare de Macro e Micronutrientes em Folhas de Erva-Mate em Ervais Nativos sob Condições de Sombreamento e a Céu Aberto**. In: I REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, Programas e Resumos. FAPERGS. Porto Alegre, 1992. p. 30.
- REGENT INSTRUMENTS. Win/MacRHIZO V4.1c **Introduction manual**. Régent Instruments Inc., Quebec, Canada. 36p, 1999.
- RIBANI, R. H. **Compostos fenólicos em erva-mate e frutas**. 137 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006a.
- RIBANI, R. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Compostos fenólicos em chimarrão de erva-mate (*Ilex paraguariensis* L.) proveniente do Paraná, Brasil. In: CONGRESO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 4., 2006, Posadas. **Anais...** Posadas: INYM, INTA, UNaM, EPAGRI, p. 110-115. 2006b.
- RODIGHERI, H. R. ; SILVA, H. D. ; TUSSOLINI, E. L. Indicadores de custos, produtividade e renda de plantios de eucaliptos para energia na região de Guarapuava, PR. Comunicado Técnico. Embrapa Florestas, v. 179, p. 1-7, 2007.
- SANTOS, G. A. dos; XAVIER, A.; LEITE, H. G. **Desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis* em relação às árvores matrizes**. *Rev. Árvore* [online]. 2006, vol.30, n.5, pp. 737-747.
- SEAB/DERAL – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB. Departamento de

Economia Rural - DERAL. Disponível em: <http://celepar7.pr.gov.br/sima/cotdiap1.asp>. Acesso em 26 de setembro de 2011.

VALDUGA, E. **Caracterização química e anatômica da folha de *Ilex paraguariensis* Saint Hillaire e de algumas espécies utilizadas na adulteração do mate.** Curitiba, 1995. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Química – UFPR.

**EFEITOS DE DIFERENTES INTENSIDADES DE CORTES SELETIVOS SOBRE A
ESTRUTURA DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA SECUNDÁRIA**

**EFFECTS OF DIFFERENT INTENSITIES OF SELECTIVE CUTS ON THE STRUCTURE
OF A SECONDARY ARAUCARIA FOREST**

Régis Villanova Longhi¹; Paulo Renato Schneider²; Solon Jonas Longhi²; Ana Flávia Boeni³

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar as mudanças na estrutura horizontal e diamétrica, oito anos após a aplicação de diferentes intensidades de cortes seletivos em uma Floresta Ombrófila Mista secundária. Os tratamentos que receberam intervenções de manejo foram: T2-Corte Seletivo Leve (redução de cerca de 20% da área basal por classe de DAP); T3-Corte Seletivo Médio (redução de 30-40% da área basal por classe de DAP) e T4-Corte Seletivo Pesado (redução de 50-60% da área basal por classe de DAP), além do tratamento Testemunha-T1 (unidade sem intervenção). Os dados foram provenientes de três ocasiões de medição, ou seja, inventário pré-exploratório (2001) e dois inventários de monitoramento (2006 e 2010), onde foram remeidos todos os indivíduos com $DAP \geq 9,5$ cm, presentes em cada tratamento. Verificou-se que, independente da intensidade aplicada, ocorreu aumento da densidade e dos parâmetros fitossociológicos das espécies desejáveis, principalmente da *Araucaria angustifolia*, em comparação com o tratamento sem intervenção de manejo. A densidade de indivíduos mostrou boa capacidade de resiliência, independente da intensidade dos cortes seletivos. Contudo, a recuperação da área basal com o passar do tempo apresentou dificuldades quando realizadas intervenções muito pesadas.

Palavras-chave: Floresta com araucária; estrutura; manejo florestal

ABSTRACT

This study aimed to analyze changes in the structure and horizontal diameter, eight years after the application of different intensities of selective cuts in a secondary Araucaria forest. The treatments that received management interventions were: T2-Light Selective Cutting (reduction of about 20% of basal area per DBH class), T3-Medium Selective Cutting (30-40% reduction of basal area per DBH class) and T4-Heavy Selective Cutting (50-60% reduction of basal area per DBH class), beyond the control treatment – T1 (unit without intervention). Data were from three measurement occasions, with a Pre-harvest inventory (2001) and two monitoring inventories (2006 and 2010), where all individuals were remeasured with $DBH \geq 9.5$ cm in each treatment. It was found that, regardless of the intensity applied, increases the density and the phytosociological parameters of desirable species, especially of *Araucaria angustifolia*, compared with treatment without management intervention. The density of individuals showed good resilience, regardless of the intensity of selective cuts. However, the recovery of basal area over time presented difficulties when performed very heavy intervention.

Keywords: Araucaria forest; structure; forest management

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com araucária ocorre, basicamente, nos estados da região Sul do Brasil e abriga uma das poucas coníferas de ocorrência subtropical no hemisfério Sul do continente americano: o pinheiro-brasileiro - *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze.

Desafortunadamente, a floresta com araucária não foi respeitada ao longo do processo de colonização do sul do Brasil, que devido à exploração desordenada de madeira e expansão das áreas agrícolas, conduziu a uma redução drástica de sua ocorrência, formando mosaicos em distintas fases de desenvolvimento. No estado do Rio Grande do Sul, dos 25% de cobertura original anteriormente existente (CARVALHO, 1994), restam apenas 3,25% da superfície do Estado coberta por Floresta Ombrófila Mista nos estágios iniciais, médios e avançados de sucessão (RIO GRANDE DO SUL, 2002).

Desde a publicação da Resolução nº 278, de maio de 2001, que determina ao IBAMA a suspensão de autorizações para corte ou exploração de espécies ameaçadas de extinção – entre elas

¹ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 9719-900, Santa Maria (RS). E-mail: regislonghi@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 9719-900, Santa Maria (RS).

³ Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal. CCR, UFSM, CEP 9719-900, Santa Maria (RS).

Araucaria angustifolia, *Ocotea porosa*, *Ocotea odorifera* e *Ocotea catharinensis*, todas presentes na Floresta Ombrófila Mista – ficou vedado todo e qualquer aproveitamento comercial dessas espécies, com a suspensão, inclusive, dos planos de manejo florestal em execução, até que sejam estabelecidos critérios científicos que garantam a sustentabilidade futura dessas espécies quando manejadas. Porém, a experiência de outros países da América Latina tem mostrado que, além dos efeitos diretos como a retração do desenvolvimento do setor florestal produtivo, a redução do número de empregos e o desestímulo a investimentos, a suspensão do aproveitamento madeireiro em florestas naturais provoca a perda de valor da floresta como uso econômico da terra (CARRERA et al., 2002), sendo vistos pelos seus detentores, como um empecilho ao aumento de receita na propriedade.

Dessa forma, tem-se a necessidade iminente de atribuir um papel mais nobre às florestas nativas remanescentes, aliando a sustentabilidade de produção com a conservação. Esta realidade sugere o manejo em regime sustentável sob a ótica do uso múltiplo como medida indispensável para a recuperação das florestas degradadas, minimizando o avanço da fragmentação florestal, melhorando a composição de espécies, o padrão genético, aumentando a produtividade e, principalmente, agregando interesse econômico às mesmas.

Sabe-se que, para se obter um aproveitamento racional e garantir a sobrevivência das florestas nativas, é necessária a aplicação de técnicas silviculturais adequadas, conforme o tipo de formação florestal. Para Schneider e Schneider (2008), as florestas mesmo as jovens, assim como as secundárias, normalmente, necessitam de corte para se tornarem produtivas. Muitas vezes, o estrato superior pode se mostrar inaceitável, mas o estrato inferior pode ser adequado para um povoamento futuro. Neste caso, são considerados os cortes de liberação efetuados nas árvores menos desejáveis do estrato superior. E, no caso do estrato inferior ser inadequado deve-se estabelecer gradualmente condições para a recuperação, por enriquecimento, favorecendo a regeneração natural e plantio para obter uma floresta produtiva.

Para conduzir a floresta a uma distribuição balanceada/regulada é necessário que o manejo a induza a um nível de produção sustentada. A viabilização desta prática, segundo Scolforo (1997), depende da execução criteriosa do inventário florestal para, então, utilizar-se o conceito de floresta balanceada, que, dentre outros benefícios, possibilita quantificar o número de árvores que se pode remover por classe diamétrica. No mesmo sentido, Souza et al. (2006) salientam que o conhecimento da estrutura diamétrica auxilia na condução da floresta e, no caso de uma estrutura balanceada, na determinação da intensidade de corte e na manutenção da capacidade de sustentação da produção, bem como no estabelecimento do ciclo de corte e na colheita da madeira.

Segundo Hack (2007), após a retirada das árvores do povoamento, é importante conhecer o potencial de recuperação das espécies presentes no local, principalmente espécies de elevado interesse econômico ou ecológico, a fim de não esgotar os recursos florestais e evitar o empobrecimento da floresta.

Diante disso, a sustentabilidade da produção de madeiras é um desafio aos pesquisadores florestais e um pré-requisito para um bom manejo são informações confiáveis sobre a recuperação da floresta após diferentes regimes de manejo. Sendo assim, o presente trabalho visa verificar as mudanças na estrutura horizontal e diamétrica oito anos após a aplicação de diferentes intensidades de cortes seletivos, em uma Floresta Ombrófila Mista secundária, na região da Serra do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização da área de estudo

A presente pesquisa foi realizada na Fazenda Tupi, pertence à Paludo Agropecuária S.A., empresa do grupo VIPAL, localizada no município de Nova Prata, nordeste do Estado do RS, região da Serra Gaúcha, entre as coordenadas 28°56' de latitude Sul e 51°53' de longitude Oeste de Greenwich.

A área total da propriedade é de 962 ha, sendo 784 ha ocupados com Floresta Ombrófila Mista em estágios médio e avançado de desenvolvimento. A temperatura média anual da região é de 17,2°C e com precipitações regularmente distribuídas em todos os meses do ano com média anual acumulada de 1736 mm. O solo pertence à unidade de mapeamento Durox, sendo classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (STRECK et al., 2002).

Amostragem e análise dos dados

A estrutura amostral da presente pesquisa teve como base a o experimento realizado por Borsoi (2004). Esse autor testou diferentes intervenções de manejo na floresta em unidades de 0,5 ha cada. Essas intervenções consistiram em rebaixar em cinco níveis percentuais a curva de distribuição de frequência em relação à área basal. As intensidades das intervenções nos tratamentos foram: Tratamento 1 = redução da curva de distribuição de frequência em 20% do total da área basal, por classe de DAP; Tratamento 2 = redução da curva de distribuição de frequência em 30% do total da área basal, por classe de DAP; Tratamento 3 = redução da curva de distribuição de frequência em 40% do total da área basal, por classe de DAP; Tratamento 4 = redução da curva de distribuição de frequência em 50% do total da área basal,

por classe de DAP; Tratamento 5 = redução da curva de distribuição de frequência em 60% do total da área basal, por classe de DAP.

Para o presente estudo, com a finalidade de tornar mais prático o estabelecimento das classes de grau de intervenção da floresta e também para aumentar a área amostral de cada tratamento, consideraram-se para os tratamentos que receberam intervenção de manejo, três intensidades de corte seletivo, adaptados de Borsoi (2004), as quais são descritas na Tabela 1.

TABELA 1: Tratamentos de manejo aplicados em uma Floresta Ombrófila Mista secundária. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. Adaptado de Borsoi (2004).

TABLE 1: Management treatments applied in a secondary Araucaria forest. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS. Adapted from Borsoi (2004).

Trat.	Descrição	Área amostral	Estratégia de Manejo
T1	Testemunha	1,0ha	Unidade que não sofreu intervenção.
T2	Corte Seletivo Leve	0,5ha	Rebaixamento da curva de distribuição de frequência, com a retirada de cerca de 20% do total da área basal, por classe de DAP.
T3	Corte Seletivo Médio	1,0ha	Rebaixamento da curva de distribuição de frequência, com a extração de 30-40% do total da área basal, por classe de DAP.
T4	Corte Seletivo Pesado	1,0ha	Rebaixamento da curva de distribuição de frequência, com a extração de 50-60% do total da área basal, por classe de DAP.

Sendo assim, a área total amostral do presente trabalho foi de 3,5 ha. A testemunha é uma das cinco parcelas permanentes de 1,0 ha que foram monitoradas anualmente, no período de 2000 a 2009 pelo Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD). Para a escolha da testemunha, prevaleceu o fato de a mesma estar próxima à área onde ocorreram os cortes seletivos, evitando/diminuindo, assim, a influência do sítio nos tratamentos.

As intervenções de manejo ocorreram no ano de 2002, sendo que, para a extração das árvores em cada tratamento, foi dada preferência aos indivíduos defeituosos, mortos e danificados e aos de maior densidade absoluta, desconsiderando-se o valor comercial das espécies, respeitando os critérios estabelecidos em cada tratamento. Este método de escolha se deu ao fato de que na próxima intervenção, será possível obter indivíduos com fustes mais regulares, com melhores condições de sanidade, com copas bem distribuídas e, em consequência, tornar a floresta produtiva e com distribuição regular de espécies.

A obtenção dos dados utilizados no presente estudo foi proveniente de três ocasiões, ou seja, três inventários de monitoramento da floresta, sendo estes: Inventário pré-exploratório - realizado em 2001 e foi base para o planejamento das intervenções de manejo realizadas por Borsoi (2004); 1º Inventário de monitoramento - realizado em 2006 para o monitoramento da recuperação da floresta após as intervenções; 2º Inventário de monitoramento - realizado em 2010, sendo proveniente do presente estudo. Para esse, foi utilizada a mesma metodologia do inventário anterior, ou seja, remediram-se todas as árvores com CAP (circunferência à altura do peito) ≥ 30 cm presentes na parcela. Estas já estavam identificadas e numeradas com etiqueta de alumínio fixadas com prego a 1,25 metros da base da árvore, além de terem uma faixa amarela pintada em torno de 2 cm de largura na altura do ponto de medição (1,30 m) com a finalidade de evitar erros de remedição subsequente da CAP.

Foi caracterizada a composição de espécies e a estrutura horizontal dos diferentes tratamentos de manejo aplicados na floresta para a ocasião antes das intervenções de manejo (2001) e oito anos após as intervenções (2010), comparando-se as mudanças que ocorreram nesse período em relação ao tratamento que não sofreu cortes seletivos. Para se avaliar as mudanças na estrutura horizontal de cada tratamento, estimaram-se os parâmetros fitossociológicos tradicionalmente utilizados: densidade, dominância, frequência e valor de importância (MUELLER-DOMBOIS e ELLENBERG, 1974; LONGHI, 1980).

Para a compilação dos dados e representação gráfica dos resultados, empregou-se o software Microsoft Excel 2007. Os parâmetros fitossociológicos foram calculados pelo software "Mata Nativa 2" (CIENTEC, 2006).

O ajuste do número de indivíduos arbóreos presentes no hectare amostrado por centro de classe de diâmetro, foi realizado por meio do modelo $Y_j = e^{b_0 + b_1 \cdot D_j}$ (MEYER, 1952), sendo Y_j estimador do número de árvores por hectare na j -ésima classe de dap ; b_0 e b_1 , os coeficientes da equação; D_j , o diâmetro correspondente ao centro da j -ésima classe de dap ; e e , a constante dos logaritmos neperianos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mudanças na estrutura horizontal para cada intensidade de corte seletivo

As mudanças na estrutura horizontal de cada tratamento de manejo aplicado à floresta nas diferentes ocasiões de medição podem ser observadas na Tabela 2, sendo demonstrados os parâmetros fitossociológicos das espécies com valor de importância (VI) maior ou igual a 2% para o ano de 2010. verificou-se que, para todos os tratamentos a estrutura horizontal comprova o estágio secundário que se encontra a floresta, não tendo *Araucaria angustifolia* como a espécie mais importante do dossel, espécie essa citada por muitos autores, entre eles Hueck (1972) e Reitz et al. (1983), como a de presença constante e dominante nos domínios da Floresta Ombrófila Mista.

TABELA 2: Parâmetros fitossociológicos de cada tratamento de manejo aplicado na floresta, para as ocasiões de 2001 e 2010 para as espécies com valor de importância maior de 2% no ano de 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

TABLE 1: Phytosociological parameters of each treatment management applied in the forest, to the times of 2001 and 2010 for species with importance value greater than 2% in 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Nome Científico	2001					2010				
	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)
	T1 - Testemunha									
<i>Matayba elaeagnoides</i>	122	15,62	4,34	14,02	11,00	115	15,67	4,69	14,75	11,34
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	67	8,58	3,85	12,43	8,12	63	8,58	4,41	13,87	8,68
<i>Araucaria angustifolia</i>	22	2,82	4,30	13,90	6,69	21	2,86	4,70	14,77	7,08
<i>Lithraea brasiliensis</i>	54	6,91	3,27	10,55	6,94	47	6,40	3,33	10,47	6,83
<i>Myrciaria floribunda</i>	87	11,14	1,51	4,88	6,46	83	11,31	1,51	4,76	6,56
<i>Erythroxylum deciduum</i>	72	9,22	2,13	6,88	6,49	59	8,04	2,03	6,37	6,00
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	39	4,99	1,52	4,92	4,43	35	4,77	1,68	5,29	4,56
<i>Cupania vernalis</i>	37	4,74	0,98	3,16	3,75	41	5,59	1,17	3,67	4,28
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	34	4,35	0,66	2,15	3,29	42	5,72	0,85	2,66	3,99
<i>Myrcia guianensis</i>	38	4,87	0,96	3,12	3,78	31	4,22	0,96	3,02	3,62
<i>Siphoneugena reitzii cf.</i>	30	3,84	0,44	1,43	2,88	31	4,22	0,47	1,48	3,10
<i>Casearia decandra</i>	19	2,43	0,27	0,88	1,95	29	3,95	0,43	1,36	2,67
<i>Myrcianthes gigantea</i>	15	1,92	0,83	2,68	2,66	12	1,63	0,83	2,61	2,62
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	11	1,41	0,37	1,18	1,98	11	1,50	0,42	1,32	2,14
Demais espécies	134	17,15	5,51	17,81	29,61	114	15,52	4,33	13,60	26,52
Total	781	100	30,95	100	100	734	100	31,80	100	100
	T2 - Corte Seletivo Leve									
<i>Matayba elaeagnoides</i>	322	48,35	11,41	42,72	31,59	224	34,89	8,87	32,32	23,55
<i>Luehea divaricata</i>	26	3,90	3,33	12,47	6,69	40	6,23	4,07	14,84	8,17
<i>Cupania vernalis</i>	58	8,71	1,33	4,98	5,80	58	9,03	1,47	5,35	5,94
<i>Ilex paraguariensis</i>	26	3,90	2,21	8,26	5,29	24	3,74	2,48	9,05	5,41
<i>Araucaria angustifolia</i>	16	2,40	1,42	5,31	3,80	24	3,74	2,14	7,81	5,00
<i>Myrciaria floribunda</i>	32	4,80	0,42	1,58	3,36	46	7,17	0,67	2,43	4,35
<i>Casearia decandra</i>	22	3,30	0,31	1,15	2,72	32	4,98	0,49	1,78	3,40
<i>Ocotea pulchella</i>	10	1,50	0,92	3,46	2,89	10	1,56	1,16	4,23	3,08
<i>Lithraea brasiliensis</i>	16	2,40	0,41	1,54	2,55	20	3,12	0,70	2,54	3,04
<i>Erythroxylum deciduum</i>	14	2,10	0,49	1,82	2,54	16	2,49	0,72	2,63	2,86
<i>Styrax leprosus</i>	16	2,40	0,39	1,45	2,52	20	3,12	0,44	1,60	2,72
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	6	0,90	0,09	0,32	1,64	16	2,49	0,25	0,91	2,28
<i>Cedrela fissilis</i>	4	0,60	0,63	2,37	2,22	4	0,62	0,75	2,71	2,26
<i>Allophylus edulis</i>	12	1,80	0,13	0,47	1,99	16	2,49	0,21	0,76	2,23
Demais espécies	86	12,90	3,23	12,11	24,38	92	14,29	3,03	11,03	25,68
Total	666	100	26,70	100	100	642	100	27,44	100	100

TABELA 2: Continuação...
TABLE 2: Continued...

Nome Científico	2001					2010				
	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)	DA	DR	DoA	DoR	VI (%)
T3 - Corte Seletivo Médio										
<i>Matayba elaeagnoides</i>	257	41,25	12,94	46,50	30,51	144	26,09	7,67	32,85	20,83
<i>Araucaria angustifolia</i>	17	2,73	2,59	9,29	5,26	25	4,53	3,29	14,11	7,39
<i>Cupania vernalis</i>	41	6,58	1,01	3,62	4,34	57	10,33	1,44	6,17	6,68
<i>Myrciaria floribunda</i>	39	6,26	0,59	2,12	4,05	42	7,61	0,70	3,02	4,72
<i>Casearia decandra</i>	33	5,30	0,73	2,61	3,89	35	6,34	0,64	2,73	4,20
<i>Ilex theezans</i>	17	2,73	1,96	7,05	4,52	12	2,17	1,34	5,72	3,81
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	26	4,17	0,50	1,80	3,25	27	4,89	0,59	2,53	3,65
<i>Solanum mauritianum</i>	17	2,73	0,22	0,80	1,81	22	3,99	0,46	1,97	3,17
<i>Siphoneugena reitzii cf.</i>	32	5,14	0,56	2,01	3,64	18	3,26	0,31	1,34	2,71
<i>Ilex paraguariensis</i>	5	0,80	0,26	0,94	1,52	18	3,26	0,28	1,18	2,66
<i>Ocotea pulchella</i>	7	1,12	1,22	4,37	3,09	6	1,09	0,92	3,94	2,56
<i>Cedrela fissilis</i>	9	1,44	0,69	2,47	2,25	8	1,45	0,77	3,31	2,47
<i>Myrceugenia miersiana</i>	14	2,25	0,17	0,61	2,21	13	2,36	0,13	0,55	2,15
<i>Lithraea brasiliensis</i>	10	1,61	0,46	1,64	2,03	8	1,45	0,49	2,09	2,07
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	5	0,80	0,29	1,05	1,87	5	0,91	0,38	1,64	2,03
Demais espécies	94	15,05	3,65	13,09	25,75	112	20,26	3,93	16,81	28,93
Total	623	100	27,83	100	100	552	100	23,34	100	100
T4 - Corte Seletivo Pesado										
<i>Matayba elaeagnoides</i>	247	39,27	10,26	39,26	27,57	133	28,73	4,55	26,51	19,68
<i>Araucaria angustifolia</i>	25	3,97	2,81	10,73	6,29	30	6,48	3,46	20,15	10,15
<i>Erythroxylum deciduum</i>	53	8,43	2,08	7,95	6,50	34	7,34	1,53	8,92	6,37
<i>Nectandra megapotamica</i>	30	4,77	1,25	4,79	4,58	33	7,13	1,00	5,84	5,59
<i>Myrciaria floribunda</i>	20	3,18	0,25	0,94	2,42	25	5,40	0,32	1,86	3,37
<i>Lithraea brasiliensis</i>	32	5,09	1,30	4,97	4,05	15	3,24	0,80	4,64	3,26
<i>Allophylus edulis</i>	21	3,34	0,31	1,2	2,55	20	4,32	0,35	2,05	3,08
<i>Parapiptadenia rigida</i>	24	3,82	1,68	6,44	4,46	6	1,30	0,74	4,28	2,81
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	38	6,04	0,97	3,72	4,30	18	3,89	0,29	1,66	2,80
<i>Eugenia uniflora</i>	21	3,34	0,36	1,37	2,96	14	3,02	0,21	1,24	2,69
<i>Casearia decandra</i>	4	0,64	0,04	0,14	1,30	13	2,81	0,15	0,87	2,50
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	8	1,27	0,37	1,43	2,29	7	1,51	0,32	1,83	2,38
<i>Ilex theezans</i>	14	2,23	1,14	4,37	3,59	5	1,08	0,37	2,14	2,34
<i>Ocotea pulchella</i>	8	1,27	0,28	1,05	1,82	9	1,94	0,38	2,21	2,34
<i>Myrcianthes gigantea</i>	10	1,59	0,53	2,02	2,59	7	1,51	0,26	1,49	2,27
<i>Siphoneugena reitzii cf.</i>	20	3,18	0,35	1,35	2,90	9	1,94	0,18	1,05	2,27
<i>Cedrela fissilis</i>	4	0,64	0,56	2,16	1,97	4	0,86	0,28	1,63	2,10
<i>Ilex brevicuspis</i>	4	0,64	0,31	1,17	1,64	5	1,08	0,35	2,05	2,00
Demais espécies	46	7,36	1,29	4,94	16,23	76	16,43	1,65	9,57	22,02
Total	629	100	26,14	100	100	463	100	17,18	100	100

Em que: 2001 = um ano antes das intervenções; 2010 = oito anos após as intervenções; DA = densidade absoluta (ind.ha⁻¹); DR = densidade relativa (%); DoA = dominância absoluta (m².ha⁻¹); DoR = dominância relativa (%); VI% = valor de importância (%).

Constatou-se também que nas diferentes ocasiões, ambos os tratamentos de manejo apresentaram a espécie *Matayba elaeagnoides* como a de maior dominância e densidade e, conseqüentemente, sendo a espécie mais importante (Tabela 2). Contudo, oito anos após os cortes seletivos, se observaram uma melhor estruturação dos parâmetros fitossociológicos em relação à ocasião anterior às intervenções de manejo, sendo que a preferência pela retirada de indivíduos de espécies com alta densidade na floresta durante a realização dos cortes foi atendida, ocasionando assim um decréscimo considerado nos parâmetros fitossociológicos de *Matayba elaeagnoides* em detrimento do aumento dos parâmetros de espécies mais desejáveis.

Um dos fatores mais importantes que comprova essa reestruturação foi o aumento da densidade de *Araucaria angustifolia* no ano de 2010 em relação à ocasião anterior as intervenções (2001) em todos os tratamentos de manejo que receberam cortes seletivos. No tratamento que não sofreu intervenção (T1) verificou-se perda de um indivíduo e, mesmo assim, ganho de 5,8% no VI nesse mesmo período. Já nos tratamentos que receberam os cortes seletivos ocorreu acréscimo de 8 ind.ha⁻¹ no T2, 8 ind.ha⁻¹ no T3 e 5 ind.ha⁻¹ no T4, respondendo assim a um ganho na faixa de 31,6%, 40,5% e 61,4% do VI para esses

mesmos tratamentos, respectivamente, em relação à medição anterior às intervenções de manejo.

O aumento da densidade de *Araucaria angustifolia* nos tratamentos em que ocorreram cortes seletivos, em contraste com o tratamento sem intervenção, indicou que a abertura do dossel, independente da intensidade dos cortes seletivos, com o aumento da disponibilidade de luz, beneficiou o recrutamento de indivíduos que se encontravam na regeneração natural e apresentaram crescimento suficiente para entrar na classe de vegetação adulta. Vale salientar que, no caso da *Araucaria angustifolia*, por ser uma espécie heliófita quando adulta (CARVALHO, 2003) e por ser beneficiada pelo leve sombreamento na fase de germinação e crescimento até dois anos (REITZ e KLEIN, 1966), o pleno desenvolvimento do sub-bosque ocasiona condições de sombreamento que impedem o recrutamento de novos indivíduos desta espécie (SOLÓRZANO-FILHO e KRAUS, 1999) no momento de sua fase de maturação.

No mesmo sentido, de acordo com Lingner et al. (2007), a *Araucaria angustifolia* tende a ser substituída pelas folhosas à medida que se avança para o estágio climácico. A falta de luz, associada ao adensamento do dossel da floresta, faz com que a araucária não encontre condições favoráveis para se regenerar e, em decorrência da competição com as espécies folhosas, poucos indivíduos da regeneração atingem grandes dimensões.

Ao analisar a densidade total de indivíduos no tratamento que não sofreu intervenção de manejo (T1), percebe-se que houve decréscimo de 47 indivíduos com o passar do tempo. Esse fato ressalta a necessidade de intervenções em florestas naturais, uma vez que possivelmente o T1 encontra-se superestocado, ou seja, a floresta encontra-se sob concorrência, o que ocasiona a sucumbência dos indivíduos que estão nos estratos inferiores, quer seja por falta de luz ou de nutrientes.

Para o tratamento Corte Seletivo Pesado, oito anos após as intervenções, verificou-se que os valores dos parâmetros fitossociológicos das espécies ainda estavam muito abaixo dos observados nos demais tratamentos. Sendo assim, constatou-se que os cortes seletivos foram demasiadamente pesados, dificultando a reestruturação da floresta. Um fato marcante que comprova essa afirmação foi que durante a coleta de dados do presente estudo observou-se para esse tratamento um elevado número de indivíduos caídos em decorrência de ventos, o que não foi observado nos demais tratamentos de manejo.

Mudanças na distribuição diamétrica para cada intensidade de corte seletivo

A evolução da estrutura diamétrica da densidade de indivíduos e da área basal por hectare, para as ocasiões de medição de um ano antes as intervenções de manejo (2001) e quatro e oito anos após as intervenções (2006 e 2010, respectivamente), pode ser observada na Figura 1. Utilizou-se a amplitude de 10 cm entre as classes pelo fato dessa ser a mais utilizada nos estudos em Florestas Ombrófilas Mistas no Sul do Brasil, além de mais restritivo e preciso, podendo-se, assim, realizar uma comparação entre esses estudos.

Na Figura 1, para cada tratamento de manejo, as barras dos gráficos referem-se às frequências observadas do número de indivíduos por hectare em cada ocasião de monitoramento. Já a linha pontilhada, retrata a frequência ajustada calculada para o ano de 2010. As demais linhas se relacionam com o eixo y secundário e significam a área basal por hectare por classe de diâmetro.

Para a distribuição da densidade de árvores por hectare, verificou-se que a vegetação estudada apresentou a típica distribuição J-invertido, característica de florestas multiânneas, nas três ocasiões de medição e para todos os tratamentos de manejo, ou seja, as diferentes intensidades de cortes seletivos não alteraram a estrutura original da floresta. Longhi (1980) afirmou que este tipo de distribuição diamétrica garante que o processo dinâmico da floresta se perpetue, pois a súbita ausência de indivíduos dominantes (maiores dimensões) dará lugar para o desenvolvimento das árvores chamadas de “reposição”.

A distribuição ajustada do número de indivíduos nas classes diamétricas em relação ao monitoramento de 2010 também foi demonstrada em todos os tratamentos, confirmando a tendência exponencial negativa. As equações usadas para as estimativas apresentaram boa precisão e podem ser verificadas na Tabela 3.

Na Figura 2, observou-se que a evolução da distribuição diamétrica da densidade de árvores nas três ocasiões de monitoramento, para as diferentes intensidades de cortes seletivos, revelou que oito anos após as intervenções, o número de árvores por hectare mostrou alta recuperação em todos os tratamentos de manejo em relação ao momento anterior às intervenções. Para o tratamento que não recebeu cortes seletivos (T1), verificou-se que praticamente a estrutura permaneceu constante, sendo observada diminuição da densidade de indivíduos na primeira classe de diâmetro (9,5 - 19,5cm) devido, provavelmente, a maior taxa de mortalidade em relação a taxa de ingresso que foi verificado nesse tratamento.

Para os tratamentos que receberam cortes seletivos, o T2 (Corte Seletivo Leve) apresentou as menores variações em relação às ocasiões anteriores de monitoramento, com diminuição do número de indivíduos por hectare na classe inicial de diâmetro e aumento nas demais classes, devido ao crescimento da floresta e migração desses indivíduos para classes sucessivas de diâmetro, superando, muitas vezes, a densidade que havia sido observado anterior às intervenções de manejo.

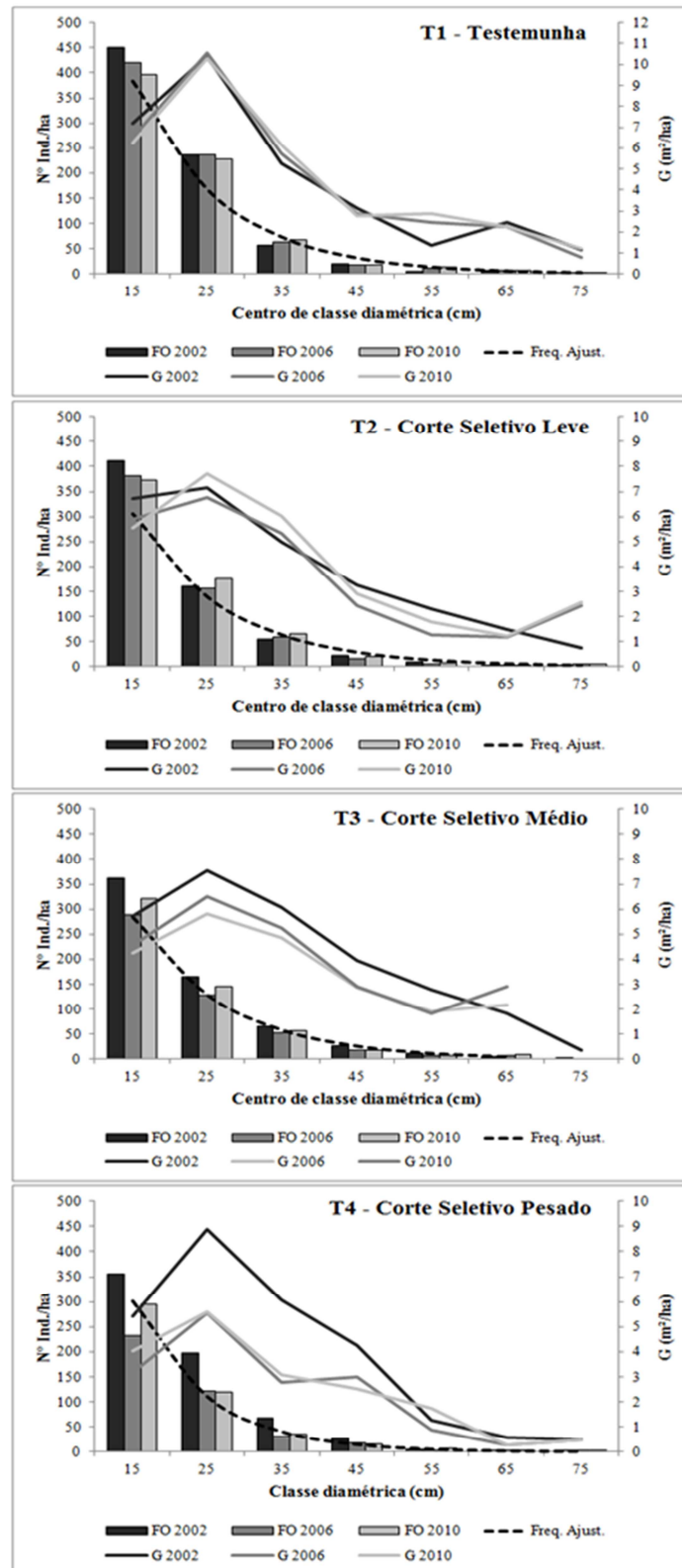


FIGURA 1: Distribuição diamétrica da densidade de indivíduos e área basal por hectare, por ocasião de medição, para cada tratamento de manejo, e frequência estimada do número de indivíduos por classe de diâmetro para o ano de 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

FIGURE 1: Diameter distribution of the density of individuals and basal area per hectare on each occasion of measurement, for each treatment management, and estimated frequency of the number of individuals per diameter class for the year 2010. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Já para as maiores intensidades de cortes seletivos (Corte Seletivo Médio e Corte Seletivo Pesado) nota-se que a floresta ainda apresenta déficits de indivíduos na grande maioria das classes de

diâmetro em relação ao momento anterior as intervenções, porém, vem mostrando boa capacidade de recuperação de sua estrutura.

Embora a densidade de indivíduos tenha mostrado boa capacidade de resiliência, independente da intensidade dos cortes seletivos, percebeu-se que a recuperação da área basal apresentou dificuldades quando realizadas intervenções muito pesadas, como observado no tratamento Corte Seletivo Pesado, o qual, oito anos após os cortes seletivos, ainda não apresentava sinais claros de recuperação.

O tratamento Corte Seletivo Leve (T2) foi o que demonstrou a maior recuperação em área basal com o passar do tempo, principalmente nas classes iniciais de diâmetro, mas apresentando ainda déficits nas classes superiores de diâmetro em relação ao momento anterior aos cortes seletivos. O mesmo comportamento foi observado para o tratamento Corte Seletivo Médio, porém de forma mais lenta, com pouca variação em relação ao momento após as intervenções de manejo, principalmente para nas maiores classes de diâmetro. Já para o tratamento que não recebeu cortes seletivos (T1), mostrou-se certa estagnação na distribuição da área basal nas classes de diâmetro, havendo mínima alteração para o período avaliado.

TABELA 3: Estatísticas de cada equação estimadora do número de indivíduos por hectare por classe de diâmetro para cada tratamento de manejo. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

TABLE 3: Statistics for each equation estimated the number of trees per hectare by diameter class for each treatment management. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Tratamento	Equação	Syx	CV (%)	R ² _{Aj}
T1 – Testemunha	$Ni = e^{7,36483 - 0,08865 * di}$	0,2852	8,26	0,975
T2 – Corte Seletivo Leve	$Ni = e^{6,81201 - 0,07889 * di}$	0,5022	14,94	0,919
T3 – Corte Seletivo Médio	$Ni = e^{6,77693 - 0,07992 * di}$	0,3731	13,51	0,939
T4 – Corte Seletivo Pesado	$Ni = e^{7,07678 - 0,10004 * di}$	0,3896	12,00	0,968

Onde: Ni = número de árvores por hectare ajustado; e = constante dos logaritmos neperianos; di = centro de classe de diâmetro.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, após oito anos da aplicação de diferentes intensidades de cortes seletivos na Floresta Ombrófila Mista da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS, chegou-se as seguintes conclusões:

a) As intervenções de manejo em matas secundárias da Floresta Ombrófila Mista mostraram-se eficientes quanto à melhoria da estrutura e composição de espécies desejáveis. Os cortes seletivos, independentemente da intensidade aplicada, ocasionaram aumento da densidade e nos parâmetros fitossociológicos das espécies comerciais, principalmente da *Araucaria angustifolia*, em comparação com o tratamento sem intervenção de manejo.

b) A distribuição diamétrica da densidade de indivíduos apresentou alta capacidade de recuperação após as intervenções de manejo. Já a distribuição diamétrica da área basal, se mostrou com dificuldades de recuperação para intensidades de cortes muito pesadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORSOI, G. A. **Subsídios para o manejo de uma Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado de regeneração natural**. 2004. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas Florestais. Colombo: EMBRAPA-CNPq; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo, PR: Embrapa Floresta. v. 1, 2003. 1039 p.

CARRERA, F.; LOUMAN, B.; GALLOWAY, G.; CARMINO, R. de. Relación Estado-manejo forestal. In: VILCHEZ, L. O. (Ed.). **Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales**. Turrialba: CATIE, 2002. p. 27- 98.

CIENTEC. **Software Mata Nativa 2: Sistema para Análise Fitossociológica, Elaboração de Inventários e Planos de Manejo de Florestas Nativas**. Viçosa - MG: Cientec, 2006.

- HACK, C. **Respostas da vegetação remanescente e da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista cinco anos após intervenções de manejo.** 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- HUECK, K. **A floresta da América do Sul.** São Paulo: Polígono, 1972. 466 p.
- LINGNER, D. V. et al. Caracterização da estrutura e dinâmica de um remanescente de floresta com araucária no planalto catarinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 55-56, 2007.
- LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil.** 1980. 198f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.
- MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, Bethesda, v.50, p. 85-92, 1952.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology.** New York: John Wiley & Sons. 1974. 574p.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M. **Araucariaceae.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 29p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, Itajaí, n. 34-35, p. 1-525, 1983.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: SEMA, 2001. 706 p.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal.** 2. Ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566p.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 438 p.
- SOLÓRZANO-FILHO, J. A.; KRAUS, J. E. Breve história das matas de araucária. In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FORESTS, 5., 1999, Curitiba. **Forest 99.**Rio de Janeiro: Biosfera, 1999. p. 37-40.
- SOUZA, D. R. et al. Ciclo de corte econômico ótimo em floresta ombrófila densa de terra firme sob manejo florestal sustentável, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 681-689, 2004.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2002. 107 p.

VOLUMETRIA E ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE ÁREAS DE CERRADO *SENSU-
STRICTO* NO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL

VOLUMETRY AND DIAMETER STRUCTURE IN AREAS OF BRAZILIAN SAVANNA IN
MINAS GERAIS, BRAZIL

Ana Beatriz Silva¹; Quinny Soares Rocha²; Daniela Vasconcelos Pinheiro³;
Bruna de Carvalho Roldão⁴; Christian Dias Cabacinha⁵

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar a volumetria e a estrutura diamétrica (horizontal) de três áreas de cerrado *sensu stricto* na região Norte de Minas Gerais, Brasil. Os dados utilizados foram provenientes de três inventários em três áreas distintas, onde 3.692 árvores foram amostradas. Foram coletados os valores de DAP a 1,30 m do solo e altura estimada. Para estimativa do volume individual das árvores foram utilizadas as equações de dupla entrada fornecidas pelo CETEC e Inventário Florestal de Minas Gerais. Utilizando-se o teste t de Student observou-se que houve diferença significativa nas estimativas de volume entre as equações utilizadas.

Palavras-chave: volume, altura, equações.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate and compare the diameter structure (horizontal) and hypsometric in three areas of cerrado *sensu stricto* in the northern region of Minas Gerais. The data used were from three inventories in three distinct areas, where 3692 trees were sampled. We collected the values of DAP at 1.30 m and estimated height. To estimate the volume of individual trees were used the equations provided by the double-entry CETEC and Forest Inventory of Minas Gerais. Using the Student t test showed that there was no significant difference in volume estimates between the equations provided. In the visual analysis of the distribution of heights, from histograms of frequencies, there was a concentration of individuals reaching the lowest point, indicating that the community is in a state of development or secondary may also be related to edaphic constraints, since all soils in this region are of low fertility.

Keywords: volume; height; equations.

INTRODUÇÃO

A estimativa do volume da árvore isolada em pé interessa ao engenheiro florestal como ponto de partida para a avaliação do volume sólido dos povoamentos florestais. A quantificação deste é imprescindível para execução de planos de manejo sustentável das florestas, haja vista que o volume individual fornece subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas.

Os métodos tradicionais adotados para estimar o volume de madeira nos inventários florestais envolvem, sobretudo, a utilização de equações volumétricas. Para obtê-las são utilizados dados de cubagem de árvores abatidas ou de árvores cubadas ainda em pé (OLIVEIRA et al., 2009).

Muitas equações matemáticas foram desenvolvidas para estimar o volume de povoamentos florestais, e apesar da eficiência de alguns modelos, estes nem sempre se ajustam a todas as espécies e

¹ Acadêmica de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Universitária, 1000. Bairro. Universitário, CEP: 39404-006. Montes Claros (MG). abs_bia@hotmail.com

² Acadêmica de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Universitária, 1000. Bairro. Universitário, CEP: 39404-006. Montes Claros (MG). qwynny@hotmail.com

³ Acadêmica de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Universitária, 1000. Bairro. Universitário, CEP: 39404-006. Montes Claros (MG). danielavp2005@yahoo.com.br

⁴ Acadêmica de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Universitária, 1000. Bairro. Universitário, CEP: 39404-006. Montes Claros (MG). brunaroldao@hotmail.com

⁵ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Universitária, 1000. Bairro. Universitário, CEP: 39404-006. Montes Claros (MG). christian.cabacinha@gmail.com

condições, sendo recomendável testá-los e, por meio de estatísticas adequadas, identificar o melhor para cada caso.

Inúmeros pesquisadores dedicaram esforços visando ao ajuste e comparação de equações de volume para diferentes espécies e situações. Dentre os trabalhos pioneiros, podem ser citados os de Dress (1959), Golding e Hall (1961), Veiga (1972), Paula Neto (1977a) e Siqueira (1977), além de muitos outros, inclusive mais recentes.

Como todas elas são empíricas faz-se necessário ajustá-las com frequência para adaptá-las a diferentes espécies, idades, distribuição e regiões, entretanto na prática não é isso que acontece. Na realidade na tentativa de reduzir as dificuldades apresentadas pela cubagem rigorosa, muitos técnicos lançam mão de equações ajustadas para outras condições e aplicam tais equações e dados de inventário para estimativa do volume individual das árvores amostradas.

O Instituto Estadual de Florestas, autarquia vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais, responsável pela proposição e execução de políticas florestais, permite o uso de equações desenvolvidas pelo Centro Tecnológico de Minas Gerais e pelo Inventário Florestal de Minas Gerais, por exemplo, nos inventários protocolados no órgão. Contudo não se sabe qual a precisão de tal prática.

De acordo com Assmann (1970), Leak (1964a) e Meyer (1943a, 1952b, 1953c), as formações florestais equilibradas apresentam a distribuição diamétrica dos indivíduos na forma exponencial negativa, ou seja, o histograma de frequência dos indivíduos se assemelha a um j-invertido, sendo que a maior frequência de indivíduos se encontra nas classes de diâmetro menores. Segundo Meyer et al. (1961d), a estrutura diamétrica reflete a história de uma comunidade vegetal e pode ser um indicativo de equilíbrio ou desequilíbrio (LEAK, 1964b; HARPER, 1990), e de sua adaptação às modificações do ecossistema (FELFILI, 2001). Para Paula et al. (2004b) a distribuição diamétrica é uma das ferramentas utilizadas para compreensão da sucessão florestal. Permite a avaliação previa de condições da dinâmica da floresta, possibilitando previsões futuras quanto ao desenvolvimento da comunidade vegetal (SIMINSKI et al., 2004).

Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar de acordo com esforço de amostragem a volumetria a partir da aplicação das equações do CETEC (1995) e Scolforo et al. (2008) e a estrutura diamétrica de três áreas de cerrado *sensu stricto* no norte do estado de Minas Gerais, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

As áreas de estudo localizam-se nos municípios de Montes Claros e Bocaiúva, no norte do estado de Minas Gerais, situados a aproximadamente 422 km da capital do estado. De acordo com a classificação climática de Köppen a região apresenta clima do tipo Bsh, caracterizado por ser tropical semi-árido, com verões quentes e secos, temperatura média anual de 24,1°C e precipitação anual entre 1.100 a 1.200 mm. A área de estudo é de cerrado *sensu stricto* com altitude média de 638 m, com predominância de solos com baixa fertilidade, com vegetação original e de cerrado com diferentes tipologias. Com relevo ondulado a suavemente ondulado.



FIGURA 1: Mapa da região onde os dados foram coletados.
FIGURE 1: Map of the region where the data were collected.

Levantamento dos dados

Os dados utilizados foram provenientes de três inventários em três áreas distintas. O procedimento de amostragem utilizado foi o de amostragem casual simples. As parcelas na Área 1 (100 ha) possuíam 1.000 m², e foram amostradas 1.867 árvores no total e 1 ha em áreas, na Área 2 (100 ha) as parcelas possuíam 500 m² e foram amostradas 831 árvores e 0,5 ha em área, na Área 3 (70 ha) as parcelas possuíam 500 m², com 738 árvores amostradas e 0,5 ha em área. No total, para os três levantamentos foram amostradas 3.437 árvores. Foram lançadas nas três áreas 10 parcelas. Foram amostrados todos os indivíduos arbóreos arbustivos com DAP ≥ 5,0 cm. Foram coletados os valores de circunferência a 1,30 m do solo (CAP) utilizando fita métrica, que foram posteriormente transformados em diâmetro (DAP) e altura foi estimada visualmente.

Em todo trabalho buscou-se seguir a mesma rotina utilizada por técnicos que atuam na região nas rotinas de inventário, inclusive para a amostragem. Normalmente os técnicos amostram 1% da área total a ser inventariada, mas alguns lançam uma parcela para cada 10 ha, independentemente do tamanho da parcela.

Estimativas volumétricas

Para estimativa do volume individual das árvores foram utilizadas as equações de dupla entrada, ajustadas pelo Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1995) e pelo Inventário Florestal de Minas Gerais (IFMG) (SCOLFORO et al., 2008). A Tabela 1 mostra as equações utilizadas, bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

TABELA 2: Equações volumétricas utilizadas.

TABLE 2: Volumetric equations used.

Equação	R ²	Autor
$Ln(VTcc) = -9,9180808298 + 2,4299711004 * Ln(DAP) + 0,5528661081 * Ln(H)$	0,975	Scolforo(2008)
$VTcc = 0,000066 * DAP^{2,475293} * H^{0,300022}$	0,981	Cetec (1995)

Onde: Ln = Logaritmo neperiano; VTcc = Volume total com casca; DAP = Diâmetro a 1,30 m do solo; H = Altura total.

A partir da aplicação das equações supracitadas nos dados de inventário das três áreas estudadas foi possível conhecer o volume por parcela de cada área.

Análise dos dados

As estimativas das duas equações foram comparadas para as três áreas separadamente a partir de um teste t para amostras relacionadas considerando o volume das parcelas do inventário e um nível de significância estatística de 5%, utilizando-se o programa estatístico BioEstat 3.0 (Ayres, 2003).

A partir de histogramas de frequências foi realizada uma análise visual da distribuição dos diâmetros para verificar o comportamento da distribuição desta variável nas três comunidades estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 pode-se observar uma síntese das estimativas de volume utilizando as diferentes equações. Observa-se que para a mesma área as equações mostram comportamentos na estimativa distintos.

TABELA 3: Síntese dos dados de volume.

TABLE 3: Summary of volume data.

Área	Amostragem		Equação	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	CV
	(Ha)							
1	1,0		CETEC	2,1625	8,2785	5,0991	2,1132	41,44%
2	0,5		CETEC	0,3582	6,0658	3,5972	2,1182	58,88%
3	0,5		CETEC	0,2970	2,4898	1,0607	0,7751	73,07%
1	1,0		IFMG	1,9121	8,0309	4,8291	2,0889	43,26%
2	0,5		IFMG	0,3370	5,7124	3,3903	1,9977	58,92%
3	0,5		IFMG	0,2822	2,3473	1,1006	0,7570	68,78%

Para Área 1 e 2 a equação do CETEC gerou estimativas superiores a equação do IFMG, já para a Área 3 o comportamento se inverteu, os volumes tiveram uma maior variação (CV=73,07% e 68,78%),

entretanto este resultado pode ser considerado normal, pois o comportamento das estimativas está diretamente relacionado a variação da base de dados. As equações para realizarem estimativas confiáveis devem ser aplicadas para dados de DAP e H com a mesma amplitude de variação da base de dados de cubagem que a gerou, por isso a necessidade de ajustá-las para as diferentes situações.

Ao comparar os volumes estimados pelas equações para as diferentes áreas utilizando-se o teste t de Student, observou-se que houve diferença significativa nas estimativas de volume entre as equações fornecidas pelo CETEC e IFMG para as Áreas 2 e 3, exatamente as áreas menos amostradas, conforme pode-se verificar na Tabela 4. Tal resultado pode estar associado a alta variabilidade dos dados de DAP e H encontrados nas áreas e ou que a amostragem não foi suficiente para captá-la.

TABELA 4: Resultado referente ao Teste t de Student.

TABLE 4: Results for the Student t test.

Estatísticas	Área 1	Área 2	Área 3
t	-0,4413	5,4245	3,4832
d	-0,0214	0,2070	0,0415
Valor - p	0,6694	<0,001	0,0069

Na Tabela 5 pode-se observar uma síntese dos dados de diâmetros das três áreas estudadas. Observa-se que ao contrário do volume a Área 3 possui diâmetros mais homogêneos, portanto a grande variação de volume provavelmente está ligada aos dados de altura. A Área 2 possuía árvores de menores diâmetros e a Área 3 árvores de maiores diâmetros, porém foi a área de menor volume médio, este resultado está associado a baixa frequência de indivíduos registrada nesta área que pode estar associada a condições edáficas ou perturbações na área que podem estar alterando as taxas de recrutamento e mortalidade.

TABELA 5: Síntese dos dados de diâmetro.

TABLE 5: Summary of diameter data.

Área	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV
1	5,00	34,06	8,22	3,30	40,13%
2	5,09	30,24	6,88	4,65	67,63%
3	5,10	46,18	8,75	2,09	23,98%

A partir da análise visual dos histogramas de frequência das três áreas não observa-se alterações nas taxas de recrutamento e mortalidade, portanto as diferenças no comportamento das equações para as Áreas 2 e 3 provavelmente não estão associadas à diferenças estruturais.

Observou-se que todas apresentaram a distribuição com padrão “J” invertido que é o padrão esperado para a distribuição dos diâmetros em florestas nativas (OLIVEIRA-FILHO; SCOLFORO e MELLO, 1994; FELFILI, 1997; FIDELIS e GODOY, 2003; MEIRA NETO e MARTINS, 2003; SILVA JÚNIOR, 2005; ALVES JÚNIOR et al., 2007). Todas as áreas tiveram distribuição de tendência balanceada conforme sugerido Meyer et al. (1961), Harper (1990) e Silva Júnior (2005).

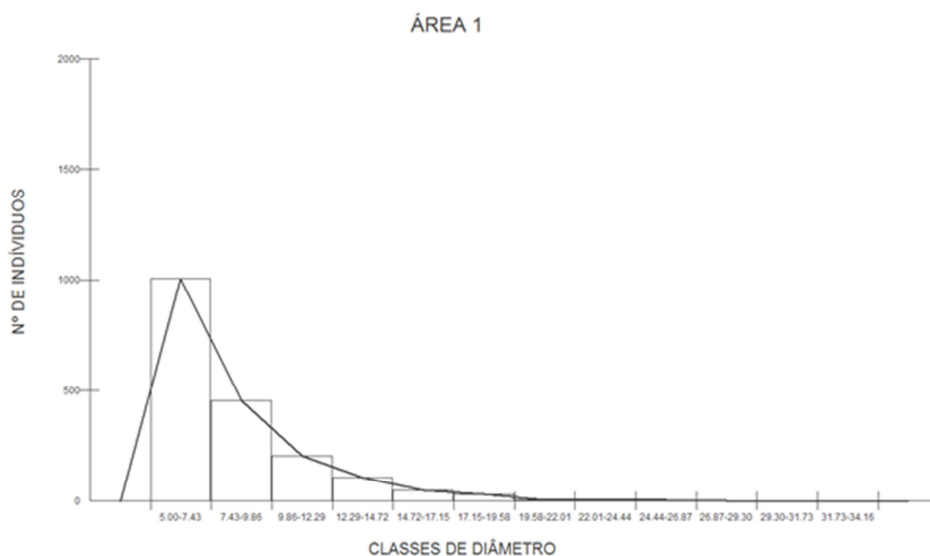


FIGURA 2: Distribuição diamétrica da Área 1.

FIGURE 2: Diameter distribution of the Area 1.

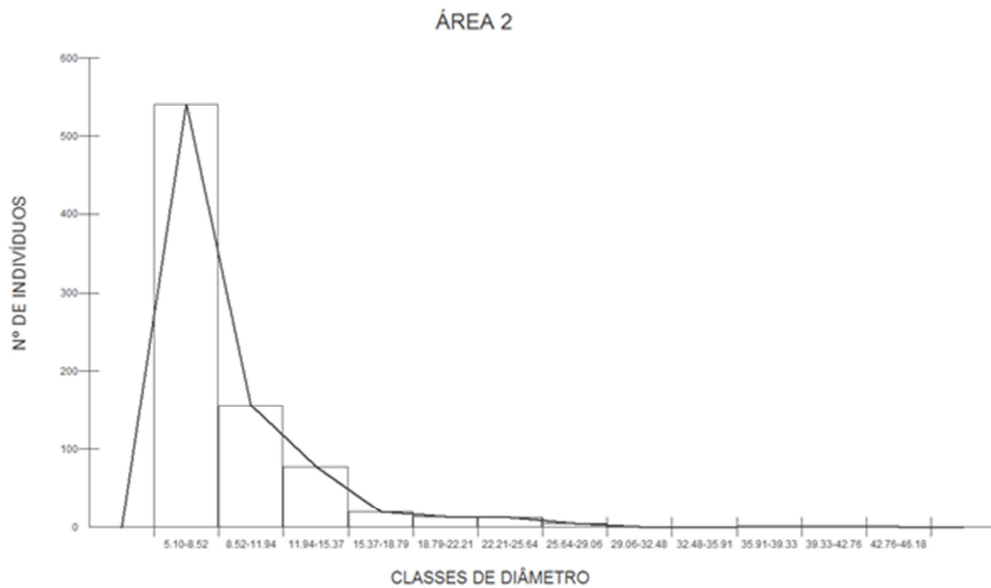


FIGURA 3: Distribuição diamétrica da Área 2.
 FIGURE 3: Diameter distribution of the area 2.

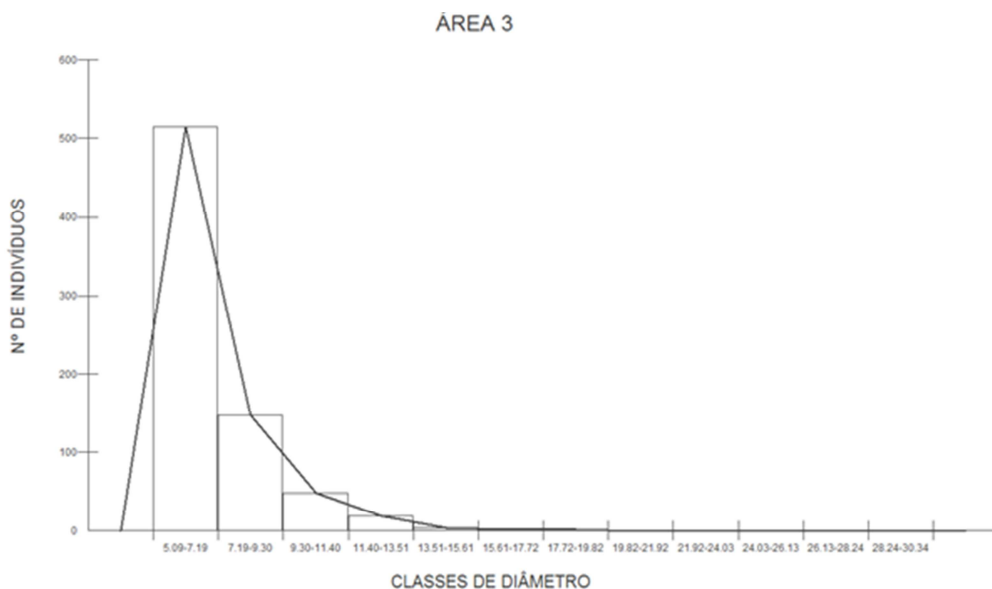


FIGURA 4: Distribuição diamétrica da Área 3.
 FIGURE 4: Diameter distribution of the Area 3.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que as equações do CETEC e IFMG geram estimativas do volume estatisticamente diferentes em áreas com alta variabilidade de diâmetros e alturas e ou insuficientemente amostradas, portanto devem ser utilizadas com cautela e sua acuidade deve ser testada em diferentes situações no norte de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA

COUTO, H.T.Z, BASTOS, N.L.M. Modelos de equação de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. IPEF, n.37, p.33-34,dez.1987.

SILVA,J.M.N. et al. Equações de volume para a floresta nacional de Tapajós. *Boletim de pesquisa florestal*, n.8/9,p.50-63,Jun./Dez. 1984.

THIERSCH,C.R. Acurácia dos métodos para estimativa do volume comercial de clones de *Eucalyptus* sp. **R. Cerne**, Lavras-MG, v.12, n.2, p.167-181, abr./jun. 2006.

OLIVEIRA,M.L.R. Equações de volume de povoamentos para fragmentos florestais naturais do município de Viçosa, Minas Gerais. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.2, p.213-225, 2005.

OLIVEIRA,J.C. **Considerações sobre a determinação e utilizações de equações volumétricas**. 2010. 36 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

GUSMÃO,E. et al. Biometria de Frutos e Endocarpos de Murici. **R. Cerne**, Lavras - MG, v. 12, n. 1, p. 84-91, jan./mar. 2006.

THOMAS,C. et al. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v.16, n. 3, p. 317-327, 2006.

CABACINHA,C.D. **Caracterização física, estrutural e da diversidade florística de fragmentos florestais na alta bacia do Rio Araguaia**.2008.113f. Tese – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SCOLFORO,J. R. et al. **Inventário de Minas: Equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fitofisionomias da Flora Nativa**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 216 p.:Il.

SOARES, C.P.B. et al. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: Ed. UFV, 2011. p. 78.

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA ESPÉCIE *Theobroma subincanum* Mart (Cupuí) NA RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO CAJARI, AMAPÁ- BRASIL

STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF *Theobroma subincanum* Mart. (Cupuí) IN THE EXTRACTIVE RESERVE CÁJARRIO, BRAZIL-AMAPÁ

Carla Samara Campelo de Sousa¹; Suellen Cristina Pantoja Gomes²; Vanessa Carla Campelo de Sousa³; Diego Armando Silva da Silva⁴; Wegliane Campelo da Silva Aparício⁵; Marcelino Carneiro Guedes⁶; Perseu da Silva Aparício⁷

RESUMO

A *Theobroma subincanum* Mart. conhecida popularmente como “cupuí”, pertence à família Malvaceae. É uma espécie silvestre nativa da Amazônia e é encontrada em florestas de terra firme, sendo caracterizada pela sua grande importância alimentícia e ecológica. Neste sentido o objetivo do estudo foi analisar a caracterização estrutural da espécie *Theobroma subincanum* Mart. na Reserva Extrativista do Rio Cajari, Amapá-Brasil. O trabalho foi desenvolvido numa área de terra firme da Unidade de Conservação denominada Resex do Rio Cajari, a qual possui 501,771ha, situada na região do extremo sul do estado do Amapá, nas coordenadas que abrange três municípios - Laranjal do Jarí (-1°07'12”S e -52°00'00”W, com altitude de 22m), Mazagão (-0°13'00” S e -51°26'00”W, com altitude de 60m) e Vitória do Jari (-0°55'02” S e -55°24'29”W, a 0m de altitude). A área possui um clima tropical úmido com poucas variações de temperatura. Sendo representada por uma extensa área de Floresta Densa de Terra Firme. Para o inventário da população da espécie de estudo foi implementada uma grade de 300 x 300m (9ha / grade) de forma permanente; dentro da grade foram distribuídas sistematicamente 44 parcelas de 250 m² (10 x 25m), distando 25m entre si, totalizando aproximadamente 1,1ha. Em que foram medidos todos os indivíduos da espécie que apresentaram CAP (circunferência a altura do peito medido a 1,30m do solo) ≥10 cm. A análise da distribuição diamétrica foi elaborada por meio de histograma com amplitude de 4 cm, com número de indivíduos por centro de classes de diâmetro. No levantamento foram encontrados 37 indivíduos da espécie, representando uma densidade de 33,63, número este significativo, a área basal foi de 3.07 m²/ha para as 44 parcelas inventariadas com diâmetro variando de 3,46 cm e 19,86cm. A distribuição diamétrica não seguiu o padrão característico de espécies nativas, ou seja, distribuição exponencial em forma de “J” invertido. Quanto ao padrão de distribuição espacial estimado através do índice de Morisita, constatou-se que a espécie segue uma distribuição agregada na área, demonstrando ter preferência por certos ambientes mais propícios ao seu crescimento e desenvolvimento.

Palavras-chaves: Silvestre; Florestas tropicais; Amazônia.

ABSTRACT

The *Theobroma subincanum* Mart. popularly known as “cupuí,” belongs to the family Malvaceae. It is a wild species native to the Amazon and is found in upland forests, characterized by its great food and ecological importance. In this sense the objective of the study was to analyze the structural

¹ Acadêmica de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Rua Armino Pinto, 120, CEP 68909-171, Macapá(AP). carla_samara17@hotmail.com

² Acadêmica de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. , Av. Presidente Vargas, nº 650, Centro, CEP 68906-970, Macapá-AP.eng.suellengomes@yahoo.com.br

³ Acadêmica de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Rua Armino Pinto, 120, CEP 68909-171, Macapá(AP). vanessa-ueap@hotmail.com

⁴ Acadêmico de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. , Av. Presidente Vargas, nº 650, Centro, CEP 68906-970, Macapá-AP. d-armando-silva@hotmail.com

⁵ Engenheira Florestal, Dr., Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellaparicio@unifap.br

⁶ Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa/AP, Professor do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. Rodovia JK quilômetro 5, CEP: 68900-000, Macapá (AP). mcguedes@cpafap.embrapa.br

⁷ Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá, Universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

characterization of *Theobroma subincanum* Mart. in the Extractive Reserve Cajari River, Amapá, Brazil. The study was conducted in an upland area known as the Conservation Unit Resex Cajari River, which has 501.771 ha, located in the southern state of Amapá, in coordinates which include three municipal districts - Laranjal do Jari (-1 ° 07'12 "S and -52 ° 00'00" W, at an altitude of 22m), Mazagão (-0 ° 13'00 "S and 51 ° 26'00" W, altitude 60 m) and Vitória do Jari (-0 ° 55'02 "S and 55 ° 24'29" W, altitude 0m). The area has a humid tropical climate with little variation in temperature. Being represented by an extensive area of upland dense forest. For the population of the species inventory of the study was implemented a grid of 300 x 300m (9ha / grid) permanently, within the grid were systematically distributed parcels of 44 250 m² (10 x 25m), with the distance of 25 m among them, totaling approximately 1.1 ha. That were measured in all individuals of the species that had CAP (circumference at breast height measured at 1.30 m above the ground) ≥ 10 cm. The analysis of the diametric distribution was prepared by means of histogram with amplitude of 4 cm, number of patients per center of diameter classes. In the survey was founded 37 individuals of the species, representing a density of 33.63, a figure significantly, basal area was 3.7 m² / ha for 44 inventoried plots have a diameter of 3.46 cm and 19,86 cm. The diametric distribution didn't follow the typical pattern of native species, or, exponential distribution in the form of "J" reversed. Regarding the pattern of spatial distribution estimated by the Morisita index, it was found that the species follows a clumped distribution in the area, showing a preference for certain environments more conducive to their growth and development.

Keywords: Wildlife; Rainforest; Amazon.

INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das maiores preocupações para a conservação das florestas tropicais é a transformação e a exploração deste habitat. A exploração modifica severamente a estrutura do habitat (LIEBERMAN e DOCK, 1982), atuando diretamente no padrão de distribuição espacial (ALMEIDA et al.1998) e fenológico das espécies nativas (COSTA e MAGNUSSON, 2003), já que uma série de fatores (luz incidente, umidade, disponibilidade de nutrientes) também são afetados.

A criação das Reservas Ecológicas, surgiram a partir de movimentos como o de resistência dos povos da floresta e representam uma alternativa de gestão dos recursos naturais sob a forma de Unidades de Conservação (UC). A área de estudo é categorizada como Reserva Extrativista (RESEX), que são UCs de uso direto, pertencentes à União, que concede o direito de usufruto às famílias residentes, através da Concessão Real de Uso, que tem como base um Plano de Utilização, calcado sobre o paradigma do desenvolvimento sustentável.

A Reserva Extrativista do Rio Cajari, localizada no sul do estado do Amapá, abriga áreas de campos e cerrados, mas a principal cobertura vegetal é de florestas densas. Existem também áreas ribeirinhas ao longo dos principais rios, o Cajari e o Ajuruxi, e em igarapés menores. O rio Cajari possui uma extensa planície de inundação nas porções média e baixa, com cheias e vazantes controladas pelos ciclos das marés. A ocupação na região teve início no ciclo da borracha, em meados do século passado. Em seguida, a área foi ocupada por extensas atividades florestais destinadas à produção de celulose, pecuária, madeira e mineração (BIODIVERSIDADE DO AMAPÁ). Uma espécie bastante encontrada nessa área é a *Theobroma subincanum* Mart. árvore silvestre muito apreciada, com alto potencial alimentício.

A *Theobroma subincanum* é uma frutífera silvestre, pertencente à família Malvaceae. Em alguns países da América do sul é conhecida como Cacao silvestre, sendo nativa deste continente (FERRÃO, 2001). Ocorre em toda a Amazônia Legal, principalmente em matas de terras altas e em margens dos igarapés onde é grande a umidade do terreno. Segundo Ferrão (2001), a espécie é comumente encontrada em áreas de terra firme e originou-se provavelmente nos vales dos rios Orenoco e Amazonas, onde vive à sombra de outras árvores. Sendo que seu fruto é considerado básico na alimentação dos animais da floresta. Para Duarte et al. (2010) espécies desse gênero têm despertado grande interesse da comunidade científica internacional, e o conhecimento da sua estrutura e dispersão da espécie é de fundamental importância para a ciência, sendo o primeiro passo para os programas de melhoramento genético e domesticação, facilitando as programações de coleta e preservação.

A espécie é uma árvore de porte mediano que geralmente não ultrapassa as espécies do segundo andar da floresta. Raramente atingem 20m de altura, a copa é multiramificada, apresentam folhas coriáceas, elíptico-oblongas até 30cm de comprimento e 10cm de largura; nervuras bem salientes na face inferior do limbo, as laterais 7-10 pares, fortemente inclinadas para o ápice. Inflorescências axilares ou extra axilares, de 1-3 flores; cálice com sépalas amarelo-ferrugíneas, espesso-carnosos e reflexas na antese; corola com 5 pétalas vermelho-escuras no limbo e amareladas na cógula; estames 5, filetes trifurcados no ápice, cada ramo com 2 anteras, fruto elipsóide, 7-11cm de comprimento e 5-6cm de diâmetro, pericarpo duro e resistente, recoberto por um indumento semelhante ao do cupuaçu verdadeiro; sementes numerosas, oblongas, 2-2,5cm, envolvidas pela polpa, branco-amarelada (CAVALCANTE, 1991). A floração pode ser observada nos meses de outubro-novembro (LORENZI et al., 2006). O cupuí

frutifica em outubro (CUNHA e ALMEIDA, 2002) e a maturação dos frutos ocorre de fevereiro a abril, de acordo com Lorenzi et al. (2006).

Sua madeira é utilizada em construção civil em geral (SILVA et al., 1977), porém não apresenta grande importância comercial. Os índios Waimiri-Atroari empregam os troncos como postes para suas moradas típicas; material que serve também como excelente combustível (MILLIKEN et al., 1986).

Possui uma grande importância econômica, alimentícia sendo sua polpa altamente valorizada, é consumida *in natura* (SOUZA et al., 1996), é sem perfume e doce, sendo apropriada para o preparo de sorvetes, refrescos, doces, compotas (GOMES, 1977) e geléia. Segundo Pesce (1941), a massa comestível do cupuí é menos perfumada, porém, mais doce que a do cupuaçu. As sementes fornecem um chocolate caseiro (SOUZA et al., 1996), de qualidade inferior ao cacauero (GOMES, 1977). Sendo seu fruto muito apreciado por macacos e roedores. Milliken et al. (1986) descreve a apreciação dos frutos pelo macaco-prego.

Estudos como os de distribuição diamétrica podem contribuir para o conhecimento de uma espécie florestal num povoamento, bem como o seu aproveitamento racional em regime de rendimento sustentável (FINOL, 1964). Assim como estudos da distribuição espacial das árvores que são de grande interesse para o manejo florestal, uma vez que está relacionada ao crescimento dos indivíduos, à distribuição diamétrica, à densidade de árvores e, conseqüentemente, à produção volumétrica (PUKKALA, 1988 e 1989; LOETSCH et al., 1973).

Diante disto, o trabalho pretendeu responder as seguintes perguntas:

A estrutura diamétrica da espécie apresentará um padrão característico encontrado para espécies de florestas tropicais?

Qual o padrão de distribuição espacial da *Theobroma subincanum*?

Espera-se que o comportamento da estrutura diamétrica da *Theobroma subincanum* seja em forma de “J” invertido, típico de espécie de floresta nativa, e sua distribuição espacial agregada, de acordo com a maioria dos estudos realizados em florestas de Terra firme.

Assim o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo sobre a estrutura horizontal da espécie *Theobroma subincanum* na Reserva Extrativista do Rio Cajari – Amapá.

MATERIAL E MÉTODO

Localização e caracterização da área

A área estudada localiza-se na Resex do Rio Cajari, possui uma área de 501.771ha que abrange três municípios - Laranjal do Jarí (-1°07'12”S e -52°00'00”W, com altitude de 22m), Mazagão (-0°13'00” S e -51°26'00”W, com altitude de 60m) e Vitória do Jari (-0°55'02” S e -55°24'29”W, a 0m de altitude), criada por meio do Decreto n° 9.145 de 12 de março de 1990. Sendo hoje categorizada como uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável e situada no sul do estado do Amapá.

De acordo com Veloso et al.(1991), as formações vegetacionais da área de estudo na Resex está representada por uma extensa área de Floresta Densa de Terra Firme.

O clima na região é classificado segundo Koëppen-Geiger como Aw (tropical de savana) e Am (tropical de monção) com precipitação média anual entre 2.300 mm e 2.400 mm (PELL *et al.*, 2007). Um clima tropical úmido com poucas variações de temperatura, sendo outubro o mês mais quente e de fevereiro a abril, o período mais frio. A temperatura média anual é de 26 °C e a temperatura anual varia entre 16°C e 38°C. A unidade apresenta a seguinte estrutura geológica: formação Curuá, aluviões do Quaternário, formação trombetas e formação de Barreiras. É drenada pelas bacias dos rios Cajari e Ajuruxi, do igarapé Tambaqui e outros pequenos igarapés (DRUMMOND, 2004).

Coleta de dados

O trabalho seguiu a metodologia de coleta de dados padronizada para as atividades da rede de pesquisas em produtos florestais não-madeireiros (PFNMs) na Amazônia – projeto Kamukaia.

Inventário da estrutura arbórea

Para o levantamento dos dados estruturais da população da espécie arbórea, foi implementada uma grade de 300 x 300m (9ha / grade) implantada de forma permanente. A grade foi dividida em transectos paralelos eqüidistantes em 50 m.

Dentro da grade foram distribuídas sistematicamente 44 parcelas de 250 m² (10 x 25m), distando 25m entre si, totalizando aproximadamente 1,1ha.

Dentro das parcelas, foram mensurados todos os indivíduos arbóreos vivos da espécie que apresentaram CAP (circunferência a altura do peito medido a 1,30m do solo) ≥ 10 cm, estes foram mensurados e receberam placas enumeradas devidamente rotuladas. Para as árvores que apresentaram ramificação, foi anotado apenas o maior valor de CAP.

Levantamento florístico / identificação

A identificação taxonômica das espécies para os dois ambientes estudados foi limitada aos indivíduos mensurados dentro da área amostral, sendo realizado um reconhecimento prévio em campo com ajuda de parataxônomos experientes. Em seguida todo material identificado foi descrito conforme o sistema de classificação Angiosperm Phylogeny Group versão III (APG, 2011).

Florística / Fitossociologia

A estrutura horizontal da espécie no ambientes de Terra Firme foi caracterizada por meio das análises dos seguintes parâmetros: NI (Número de Indivíduos), D (Densidade); G (Área basal), Distribuição Diamétrica e Distribuição espacial.

Análise dos dados

Para o estudo da distribuição diamétrica ambiente, a amplitude e o número de classes a serem utilizados foram calculados de acordo com a metodologia descrita por Higuchi et al. (2008), que considera: $n \text{ classes} = 1 + 3,33 \log N$ (N =número de dados), sendo que o intervalo entre as classes foi ajustado segundo o número de classes.

O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita (I_d), conforme recomendações de Brower e Zar (1977):

$$I_d = \frac{n \cdot (\sum_{i=1}^s X^2 - N)}{N \cdot (N - 1)}$$

Em que: I_d : índice de Morisita; n : número total de parcelas amostradas; N : número total de indivíduos por espécies, contidos em n parcelas; X^2 : quadrado do número dos indivíduos por parcela; s : número de espécies amostradas

A significância dos valores calculados para índice de Morisita (I_d) foi obtida mediante o teste do qui-quadrado, para $gl = ()$ e um nível de significância de 0,05 de probabilidade de erro.

$$X^2 = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^s X^2}{N} - N$$

N , X^2 e n : já definidos;

A interpretação do valor do qui-quadrado foi baseada no seguinte: se o valor calculado for menor que o valor tabelado, o (I_d) não difere significativamente de 1, e a espécie apresentará um padrão de distribuição aleatório. Porém, se o valor do qui-quadrado for maior que o valor tabelado, a espécie tenderá a um padrão de distribuição agregada, se ($I_d=1$), ou uniforme, ($I_d>1$) (BROWER e ZAR, 1977).

RESULTADO E DISCUSSÃO**Estrutura da população**

Neste levantamento foram encontradas 37 árvores da espécie, sendo que o diâmetro mínimo, médio e máximo encontrado foram respectivamente 3,46, 11,63 e 19,89cm. A densidade foi de 33,63 (ind/ha), a área basal foi de 3,07 m²/ha para as 44 parcelas inventariadas. Estes resultados são superiores aos encontrados por Bentes-Gama et al. (2002) no município do Afuá, ao norte do Estado do Pará, utilizando como nível de inclusão $dap \geq 15$ cm, que encontraram densidade, dominância e frequência de respectivamente, 4,8 ind/ha, 0,2 m²/ha e 48,3%. Resultado este influenciado pelo número de inclusão adotado.

A análise da distribuição diamétrica foi elaborada por meio de histograma (amplitude de 4cm) com número de indivíduos por centro de classes de diâmetro, iniciado pelo diâmetro mínimo de inclusão de 3,46cm (que corresponde ao CAP mínimo de 10 cm), adotado como critério de inclusão no levantamento, e a última classe contemplou os indivíduos com $DAP \geq 19,46$ cm.

A distribuição diamétrica dos indivíduos de *Theobromasubincanum* (Figura 1) não seguiu o padrão característico das espécies de florestas nativas, ou seja, distribuição exponencial em forma de “J” invertido, apresentando um comportamento diferenciado se comparando aos padrões conhecidos em florestas tropicais ineqüiâneas.

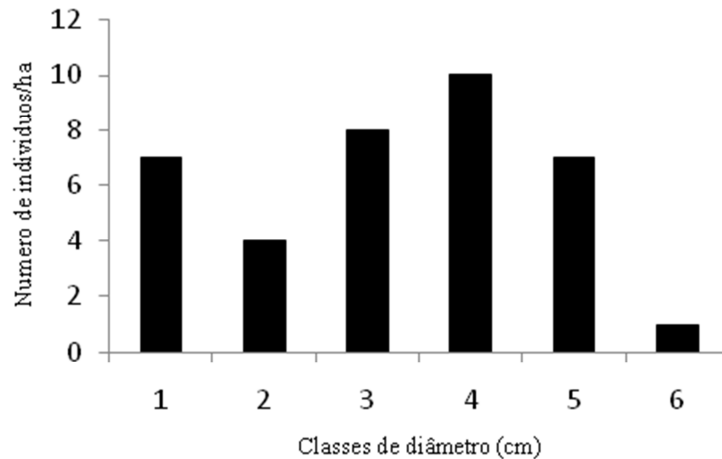


FIGURA 1: Distribuição diamétrica da espécie cupuí, 1ª classe com DAP (3,46 a 6,04), 2ª classe (7,41 a 9,23), 3ª classe (9,93 a 12,25), 4ª classe (13,24 a 15,15), 5ª classe (15,59 a 17,57) e 6ª classe com DAP (>19,89).

FIGURE 1: Diameter distribution of the species cupuí, 1st class with DAP (3,46 to 6,04), 2nd class (7,41 to 9,23), 3rd class (9,93 to 12,25), 4th class (13,24 to 15,15), 5th class (15,59 to 17,57) and 6th class with DAP (>19,89).

Denotou-se também que a espécie não foi encontrada com grandes diâmetros na área, isso estar relacionado ao comportamento natural da espécie que não apresenta muitos indivíduos com maiores diâmetros.

Esse comportamento pode ser explicado, pois se trata da população da *Theobroma subincanum*, em que os fatores bióticos, abióticos ou até mesmo fatores intrínsecos a espécie podem estar dificultando sua regeneração, em que a taxa de mortalidade pode possivelmente estar superando a taxa de crescimento. Estrutura diamétrica semelhante foi encontrada por Rabelo (1999) trabalhando com populações de *Callycophyllum spruceanum*, *Spondias mombin*, *Trichilia surinamensis* e *Carapa guianensis*.

Meyer (1952) citado por Rabelo (1999) comenta que quando se analisa as distribuições diamétricas para cada espécie, vê-se que algumas apresentam uma descontinuidade na sua curva representativa, isto é, os indivíduos se encontram agrupados em determinadas classes, enquanto que em outras, isso não ocorre.

Além disso, observou-se que a espécie *Theobroma subincanum* apresentou-se distribuída em todas as classes de diâmetro. Este tipo de comportamento segundo Boufleuer (2004) é característico de espécies tolerantes à sombra, a qual mantém uma taxa de estabelecimento de plântulas mais ou menos constantes. Estudos como o de regeneração natural e sucessão ecológica da espécie podem ser importantes, de modo a permitir um melhor entendimento sobre a dinâmica dessa espécie.

Entretanto segundo Costa Junior et al. (2008) para uma conclusão mais contundente sobre o comportamento e distribuição diamétrica das espécies, faz-se necessário um estudo de regeneração natural e da etnobotânica para verificar prováveis níveis de exploração dessa espécie pela comunidade local.

Distribuição espacial

Como o valor do qui-quadrado (54,56) foi maior que o tabelado (26,5) a um nível de significância de 0,05 para probabilidade de erro α (ID=1,32) difere significativamente de 1, resultando em um padrão de distribuição espacial agregado (Tabela 1).

TABELA 1: Demonstração dos valores encontrados no cálculo de distribuição espacial da *Theobroma subincanum*, em uma floresta de terra firme localizada na RESEX do Rio Cajari, Amapá.

TABLE 1: Statement of the values found in the calculation of spatial distribution of *Theobroma subincanum* in an upland forest located in RESEX Cajari River, Amapá.

Espécie	Índice de Morisita	χ^2	X tabelado	Distribuição Espacial
<i>Theobroma subincanum</i>	1.32	54.56	26.5	Agregado

Bentes-Gama et al. (2002) realizando estudo no município do Afuá, ao norte do Estado do Pará,

também encontraram distribuição agregada para a população da espécie em estudo, Gama et al. (2003) desenvolvendo pesquisa em floresta de várzea no estado do Pará, encontraram o mesmo padrão de distribuição. Já Queiroz et al. (2007) no rio Mutuacá, distrito de Carvão, município de Mazagão, Amapá, encontrou distribuição uniforme para o mesmo gênero (*Theobroma* sp), utilizando como metodologia o índice de dispersão de Mc Guinness (IGA). Resultados sobre distribuição espacial têm sido controversos, o que pode indicar comportamento distinto entre diferentes regiões na Amazônia, ou simplesmente refletir o emprego de diferentes metodologias de coleta de dados e análise da distribuição espacial.

Distribuição agregada é verificada naturalmente quando, em parcelas semelhantes, o número de indivíduos varia fortemente de uma parcela a outra (NASCIMENTO et al., 2001). Esse resultado parece refletir a elevada densidade da espécie (33,43 ind/hectare) como consequência do estágio de renovação que se encontra a floresta, com uma participação de árvores de pequeno porte, tendendo a formar pequenas e densas manchas na vegetação.

Este fato pode estar associado ao tipo de ambiente onde as árvores se desenvolveram, pois o tipo de distribuição espacial que uma espécie apresenta é padrão resultante de vários fatores que interagem entre si (MEIRELLES e LUIZ, 1995). Fatores abióticos como o tipo de solo, estresse hídrico, altitude, intensidade luminosa e fatores bióticos como polinizadores, dispersores e espécies competidoras são algumas das variáveis encontradas capazes de afetar o padrão de distribuição espacial de uma espécie (LEITE, 2001).

Espécies vegetais freqüentemente apresentam distribuição espacial agrupada, isto é, formam grupos de indivíduos em decorrência das formas de reprodução, presença de distúrbios ou fatores ambientais que limitam sua distribuição, e até mesmo, pelas complexas interações entre membros da comunidade (BORCARD et al., 1992; PERRY e DIXON, 2002)

Dessa maneira, ambientes heterogêneos levam as árvores a desenvolverem-se nos sítios mais favoráveis, como o que provavelmente ocorreu com a *Theobroma subincanum*, que apresentou distribuição espacial agregada, por ter preferência por certos ambientes mais propícios ao seu crescimento e desenvolvimento.

Com o conhecimento do padrão de distribuição espacial da *Theobroma subincanum* se pode compreender melhor a dinâmica dessa espécie, além de fornecer informações importantes para auxiliar em eventual melhora nas técnicas de manejo florestal, visto que, tendo o conhecimento da distribuição da espécie, evitará possíveis custos de colheita madeireira ou produto florestal não madeireiro, evitando assim a extinção da espécie e permitindo o uso sustentável dos recursos da floresta.

A grande variação existente na distribuição espacial das árvores, na composição de espécies, na densidade, distribuição diamétrica e estrutura da floresta criam condições favoráveis para o desenvolvimento de processos naturais como mortalidade, regeneração, formação de clareiras, dentre outras responsáveis pela manutenção da biodiversidade e dos estágios de sucessão na floresta (MALTAMO et al., 2000).

CONCLUSÃO

A distribuição diamétrica dos indivíduos de *Theobroma subincanum* Mart, não apresentou o padrão característico de florestas nativas, ou seja, distribuição exponencial em forma de “J” invertido, entretanto demonstrou que a espécie está bem distribuída com número de indivíduos significativo em todas as classes bem estabelecidas na área.

A densidade foi de 33.63 (ind/ha), evidenciando grande quantidade de indivíduos na área estudada.

Os indivíduos de *Theobroma subincanum* Mart, apresentaram padrão de distribuição espacial agregado, demonstrando ter preferência por certos ambientes mais propícios ao seu crescimento e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. R. L.; CARVALHO, C.; ROCHA, C.F. D. As bromeliáceas da Mata Atlântica da Ilha Grande, RJ: **composição e diversidade de espécies em três ambientes diferentes**. Bromélia. 1998. 5:54-65.

BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R.S.; GAMA, J.R. V.; OLIVEIRA, A.D. Estrutura e Valoração de uma Floresta de Várzea Alta na Amazônia. **Cerne**, v.8, n.1, 2002. p.088-102.

BORCARD, D.; LEGENDRE, P.; DRAPEAU, P. Partialling out the spatial component of ecological variation. **Ecology** 73(3): p.1045-1055. 1992.

BOUFLEUER, N. T. **Aspectos ecológicos da andiroba (*Carapaguianensis* Aublet. Meliaceae) subsídios para o manejo**. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) –

Universidade Federal do Acre, Rio Branco.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general Ecology**. 2. ed. Dubique:Win. C. Brown Publishers, 1977. 226 p.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 5.ed. Belém: CEJUP/CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991. 279p. (Coleção Adolfo Ducke).

COSTA JUNIOR, R. F. et al. Estrutura Fitossociológica do Componente Arbóreo de um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n. 2, 2008. p.173-183.

COSTA, F. R. C.; MAGNUSSON, W. E. Effects of selective logging on the diversity and abundance of flowering and fruiting understory plants on a Central Amazonian Forest. 2003. **Biotropica**, v. 35: 103-114.

CUNHA, M.C.; ALMEIDA, M.B. (orgs.). **Enciclopédia da Floresta**. São Paulo: Companhia de Letras, 2002. 735p.

DUARTE, O. R. et al. Distribuição geográfica de Cupuí em Roraima. **Reunião Regional da SBPC em Boa Vista**, Roraima. 2010.

DRUMMOND, J. A. Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá. **IBAMA; SEMA-AP**, Macapá, 2004.

FERRÃO, J.E.M. **Fruticultura tropical**: espécies com frutos comestíveis. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 2001.v.3.652p.

FINOL, U. H. Estudio silvicultural de alguns especies comerciales en el Bosque Universitario "El caimital". Estado Barinas. **Rev. For. Venezolana**. v. 7, n. 10-11, p. 17-63. 1964.

GAMA, J. R. V; BOTELHO, S.A; BENTES-GAMA, M. M; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro da regeneração natural de uma floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. **Ciência Florestal**, 2003. p.71-82.

GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 1977. 448p.

LEITE, E. J. Spatial distribution patterns of riverine forest taxa in Brasília, Brazil. **Forest Ecology and Management**. 2001. 140: p.257-264.

LIEBERMAN, S. S.; DOCK, C. F. Analysis of the leaf litter arthropod fauna of a lowland tropical evergreen forest site (La Selva, Costa Rica). **Rev. Biol. Trop.** 1982. 30; p.27-34.

LOESTSCH, F. et al. Forest inventory. Munchen: **BLV Verlagsgesellschaft**, 1973. v.2. 70 p.

LORENZI, H.; SARTORI, S.F.; BACHER, L.B.; LACERDA, M.T.C. de. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640p.

MALTAMO, M. et al. comparison of percentile based prediction methods and the diameter distribution of heterogeneous Scots pine stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, V.133, p.263-274, 2000.

MEIRELLES, M. L.; LUIZ, A. J. B. Padrões espaciais de árvores de um cerrado em Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**. 1995 18(2): 185-189.

MEYER, H. A. Structure, Growth and Drain in

Balanced Unevened Forests. **J. For.**, n. 21, p.98-108, 1952.

MILLIKEN, W. et al. **The ethnobotany of the Waimiri-Atroari Indians of Brazil**. Kew: Royal Botanic Garden, 1986.146p.

NASCIMENTO, N. A.; CARVALHO, J. O. P.; LEÃO, N. V. M. Distribuição espacial de espécies arbóreas relacionada ao manejo de florestas naturais. **Rev. Ciênc. Agr.** 37:175-194.2001.

PELL, M. C.; FLNLAYSON, B. L.; MCMAHONT, T. A. Updated world map of the Koeppen-Geiger climate classification. **Hidrology Earth System Science**, v.11, 1633-1644, 2007.

PERRY J.N.; DIXON, P.M. A new method to measure spatial association for ecological count data. **Ecoscience**.9(2): 133-141. 2002.

PESCE, C. **Oleaginosas da Amazônia**. Belém: Oficina Gráfica da Revista da Veterinária, 1941. 130p.

PICANÇO, J. R. A. Reserva Extrativista do Rio Cajari: verso e reverso da territorialização no sul do Amapá, 2008. **Latin America Knowledge Harvester**. Disponível

em:<(http://lakh.unm.edu/handle/10229/14227)>. Acesso em: 02 out. 2011.

PUKKALA, T. Effect of spatial distribution of trees on the volume increment of a Young Scots pine stand. *Silva Fennica, Helsinki*, V.2, n.1, p.1-17, 1988.

PUKKALA, T. **Prediction of tree diameter and height in a Scots pine stand as a function of the spatial pattern of trees.** *SILVA Fennica, Helsinki*, V.23, n.2, p.101-116, 1989.

QUEIROZ, J.A.L.; MACHADO, S.A.; HOSOKAMA, R.T.; SILVA, I.C. Estrutura e Dinâmica de Floresta de Várzea no Estuário Amazônico no Estado do Amapá. *Floresta*, Curitiba, PR.V.37,N.3-Set/Dez.2007.

RABELO, F. G. **Composição florística, estrutura e regeneração de ecossistemas florestais na região estuarina do rio Amazonas-Amapá-Brasil.** Belém, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1999. 72p.

SILVA, M.F. da; LISBOA, P.L.B.; LISBOA, R.C.L. **Nomes vulgares de plantas amazônicas.** Manaus: CNPq/INPA, 1977. 216p.

SOUZA, A. das G.C. de; SOUZA, N.R.; SILVA, S.E.L. da; NUNES, C.D.M.; CANTO, A.do C.; CRUZ, L.A. de A. **Fruteiras da Amazônia.** Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPACPA, 1996. 204p. (Coleção Biblioteca Botânica Brasileira, n.1).

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. **Corredor de biodiversidade do Amapá.** Disponível em:<(http://www.biodiversidadedoamapa.net/txt.php?id=13&men=1&title=Corredor/UnidadesdeConserva%E7%E3o)>. Acesso em: 02 out.2011.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: 1991.

**CUSTO BENEFÍCIO DE NÚCLEOS DE BIODIVERSIDADE NA RESERVA
HIDROFLORESTAL, SARANDI – RS.**

**COST BENEFIT OF NUCLEUS OF BIODIVERSITY, IN RESERVE
HIDROFLORESTAL, SARANDI – RS**

Dal Agnol G.¹; Balbinot R.²; Vendruscolo R.³; Wille V. K. D.⁴; Maffra C. R. B.⁵

RESUMO

Uma das necessidades evidenciadas atualmente é a restauração florestal, consistindo em avaliar a efetividade dos projetos de restauração que historicamente foram instalados de forma empírica. O objetivo do presente trabalho foi avaliar um sistema de restauração florestal implantados em uma área degradada pela *Urochloa decumbens* na Reserva Hidroflorestal Domingo Zancanella, no município de Sarandi – RS. A técnicas de Núcleos de biodiversidade consistiu em 22 núcleos espaçados entre si por 15 x 15 m em uma área com 0,5 ha, em cada núcleo foram plantadas 25 mudas de várias espécies nativas. Com relação à efetividade técnica os núcleos formaram novos micro-habitats propiciando a chegada de uma série de espécies de todas as formas de vida.

Palavras-chave: *Urochloa decumbens*; nucleação; restauração florestal.

ABSTRACT

One of the need highlighted today is forest restoration, will aim to evaluate the effectiveness of restoration projects that historically were installed empirically. The aim of this study was to evaluate three restoration systems deployed in the area degraded by *Urochloa decumbens* in the Reserve Hidroflorestal Domingos Zancanella in the city of Sarandi- RS. The techniques Nucleus of biodiversity, consisted of 22 nucleus spaced by 15x15m in an area of 0.5ha. In each nucleus were planted 25 seedlings of various native species. Regarding the technical effectiveness nuclei formed new microhabitats providing the arrival of a number of species of all life forms.

Keywords: *Urochloa decumbens*; nucleation; forest restoration.

INTRODUÇÃO

O uso inadequado dos recursos naturais interfere diretamente nos ecossistemas, alterando, prejudicando ou mesmo destruindo sua capacidade de auto-regulação e renovação, resultando em progressiva redução da biodiversidade, degradação ambiental, enfim, das condições de vida. Desta forma com a crescente necessidade de revegetação para a restauração destas áreas degradadas, tem-se desenvolvido diversas técnicas para a revitalização dos ambientes, imprescindível para o equilíbrio e a manutenção da diversidade biológica.

As atividades econômicas do município de Sarandi estão relacionadas ao uso intensivo do solo para cultivo agrícola e pecuário, restando poucas áreas com características naturais. Para reverter esta situação a Prefeitura Municipal, por meio da Lei nº 273/1953, delimitou uma área de 179 ha, e criou a Reserva Hidroflorestal Domingos Zancanella. Porém, mesmo após tantos anos ainda existem áreas degradadas pelo uso exaustivo do solo e cobertas por pastagens. Em certos pontos os proprietários lindeiros questionam a posse da terra e seguem plantando soja e milho, mesmo após a intervenção do Ministério Público, mantendo o ambiente degradado.

Segundo a lei 6.938 de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, degradação

¹ Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, CESNORS campus Frederico Westphalen. Rua Placido de Castro, 1055 – CEP:99560-000, Sarandi (RS). g_dalagnol@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. BR 386 km 40, Linha 7 de Setembro s/n, CEP 98.400-000, Frederico Westphalen (RS) rafaelo.balbinot@gmail.com

³ Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, CESNORS campus Frederico Westphalen, Rua 21 de Abril, 325 – CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). eng.rafaelvendruscolo@gmail.com

⁴ Engenheira Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, campus CESNORS/FW CESNORS campus Frederico Westphalen. Rua São Marcos, 65 - 98919-000, Nova Candelária (RS) vaniakarine@hotmail.com

⁵ Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, CESNORS campus Frederico Westphalen. Rua Dr. Tranquilo Damo, 158 - CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). charles.maffra@hotmail.com

ambiental é uma alteração adversa sobre as características do meio ambiente (BRASIL, 1981).

A degradação rural é ocasionada principalmente pela implantação de pastagens exóticas para pecuária, tal cultivo apresenta um ciclo considerado curto, cerca de dois a três anos de implantação da pastagem e o solo não tem mais capacidade de suprir a demanda de nutrientes, resultando na perda de vigor da gramínea, sem que haja, em contrapartida, a retirada de animais da área (OLDEMAN, 1994).

A invasão de espécies exóticas representa um grave problema para o funcionamento dos ecossistemas e ameaça a diversidade vegetal nas unidades de conservação. No Brasil, os estudos sobre invasão biológica em áreas protegidas são escassos, provavelmente porque o impacto é relativamente lento, pouco evidente nas fases de estabelecimento e dispersão (MARTINS, 2001; SILVA, 2003).

Gramíneas de origem exótica, como *Urochloa decumbens* (braquiária), foram introduzidas no Brasil, acidentalmente ou para fins comerciais, e se espalharam por grandes extensões dos ecossistemas naturais, deslocando espécies nativas graças à sua agressividade e ao seu grande poder competitivo. As plântulas das espécies nativas têm dificuldade em competir com a braquiária. A falta da competitividade com parasitas, predadores ou doenças, tem sido frequentemente sugerido como o maior responsável pelo sucesso do invasor (BARUCH *et al.*, 1985; PIVELLO *et al.*, 1999).

Desta forma a recuperação ambiental necessita de interferência antrópica para alcançar a partir da devolução da dinâmica natural a recuperação do ambiente, buscando aproximar-se ao máximo as características pré-existente. A sucessão florestal tem sido o sistema de maior êxito, devido ao fato de que favorece o rápido recobrimento do solo e conseqüentemente a auto-renovação da floresta (BOTELHO *et al.*, 1995).

Os sistemas de revegetação podem ser feito por meio de implantação, enriquecimento e regeneração natural. Com relação ao custo benefícios das metodologias a regeneração natural, é significativamente mais em conta, pois condiciona uma sucessão natural no local, com os propágulos das espécies presentes na área. Com um adequado abastecimento de sementes de alta qualidade, a regeneração natural torna-se uma alternativa prática, para a recuperação de ambientes degradados proporcionando condições para o restabelecimento de novas áreas de florestas nativas (CARVALHO, 2000; GANDOLFI e RODRIGUES, 1996).

Segundo Gandolfi e Rodrigues (1996), o sistema de implantação utiliza-se em áreas altamente perturbadas que não conservam praticamente nenhuma das características bióticas das formações florestais originais. Desta forma busca-se proporcionar uma sucessão entre as espécies introduzidas, seguindo uma seqüência cronológica, iniciando com as pioneiras, seguidas das secundárias e por último as com crescimento mais lento denominadas de clímax.

Já o enriquecimento deve ser usado num estágio intermediário de perturbação, mantendo algumas das características bióticas e abióticas das formações florestais típicas daquelas condições. Essas áreas encontram-se normalmente ocupadas por capoeiras, com domínio de espécies dos estágios iniciais de sucessão. A fase posterior passa a ser o enriquecimento com espécies secundárias e/ou clímax (GANDOLFI e RODRIGUES, 1996).

A regeneração natural trata de um aspecto fundamental para o sucesso das técnicas de recuperação, sendo assim, inicialmente devem ser escolhidas espécies; pioneiras, espécies que cobrem rapidamente a superfície e apresentam maior necessidade de luz, colonizam áreas abertas; secundárias, são espécies que apresentam como características a necessidade de maior sombreamento para seu desenvolvimento inicial e as Clímax, são as espécies que formarão o dossel superior da floresta em desenvolvimento, são espécies com o crescimento mais lento. O entendimento dos processos de regeneração natural de florestas é importante para o sucesso do seu manejo, o qual necessita de informações básicas em qualquer nível de investigação (DANIEL e JANKAUSKIS, 1989; GANDOLFI e RODRIGUES, 1996).

Um fator que merece destaque é a seleção das espécies para a implantação dos sistemas de revegetação porque tais espécies já estão adaptadas às condições ecológicas da região. Além disso, deve-se também considerar a relação entre a fauna e a vegetação. As espécies escolhidas devem apresentar crescimento rápido (de forma a cobrir o terreno rapidamente), melhorar as características do solo (agregação das partículas, deposição de serapilheira, umidade do solo), interação biótica, apresentar boa deposição de biomassa no solo, facilitar a regeneração natural e diversificá-la. (CASTRO *et al.* 2007)

A seleção cuidadosa de espécies vegetais, associadas a práticas de manejo baseadas no entendimento da sucessão natural e dos processos de ciclagem de nutrientes para a plantação de florestas são importantes instrumentos para a recuperação áreas degradadas (NAGY, 1997). Para a escolha das espécies deve-se considerar a adaptabilidade das espécies para cada condição ambiental. Conforme enfatizado por Gandolfi e Rodrigues (2000), a seleção adequada das espécies é senão a principal, uma das principais garantias de sucesso nos programas de recuperação.

Conforme Davide (1994), a escolha de espécies para utilização em recuperação de áreas degradadas deve ter como ponto de partida estudos de composição florística da vegetação remanescente da região. À partir destes levantamentos, experimentos silviculturais devem ser montados procurando explorar a variação ambiental e níveis de tecnologia. A utilização de espécies nativas é fundamental visto

que as espécies que evoluíram no local já têm as interações com polinizadores, dispersores e predadores estabelecidos, garantindo assim a reprodução e regeneração das populações implantadas, bem como torna o ecossistema mais próximo daquele originalmente existente e mais equilibrado ecologicamente (KAGEYAMA e GANDARA 2000).

A nucleação é um conjunto de técnicas de recuperação que consiste na utilização de espécies capazes de propiciar significativa melhoria nas qualidades ambientais, através de sua capacidade de florir e frutificar rapidamente atraindo predadores, polinizadores, dispersores e decompositores para os núcleos formados, além de permitir aumento da probabilidade de ocupação do ambiente por outras espécies (YARRANTON e MORRISON, 1974). Com o desenvolvimento de espécies nativas entre os núcleos busca-se restituir uma biodiversidade condizente com as características da paisagem e das condições microclimáticas locais (REIS *et al.*, 2003).

Esta técnica visa diminuir os gastos da recuperação e consiste em implantar núcleos, com várias mudas de espécies nativas plantadas próximas, que irão realizar o sombreamento da área de forma mais rápida e diminuir a mata competição. Recomenda-se a utilização de espécies de diferentes sucessões e principalmente de espécies frutíferas para atrair animais que auxiliam na dispersão de propágulos. Porém, tende a ser um processo lento de recuperação da área, pois depende do crescimento das árvores e de sua produção sementes para expandir os domínios do núcleo de diversidade (CARVALHO, 2000; KAGEYAMA e GANDARA, 2000; MARTINS, 2001).

A utilização de ações nucleadoras, que aumentam a resiliência das áreas degradadas, busca imitar processos sucessionais primários e secundários naturais, formando comunidades com biodiversidade específica que se adaptem e consigam tornarem-se auto-suficientes, além de estabilizarem-se com o mínimo de aporte energético (KAGEYAMA e GANDARA, 2000).

Portanto, para a efetiva implantação desta Reserva é necessário recuperar as áreas degradadas através de técnicas para acelerar a sucessão, já que recuperação natural ocorre de forma muito lenta, por ser uma área de pastagem abandonada, sendo dependente da dispersão de propágulos proveniente de remanescentes florestais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na Reserva Hidroflorestal Domingos Zancanella, no município de Sarandi – RS, como podemos visualizar na Figura 1, a área localizada na Latitude - 27°56'26'' e Longitude - 52°50'59'', a cerca de 10 km da zona urbana do município. O município de Sarandi tem uma área de 34.880 ha dos quais 7113 ha possuem cobertura florestal, representando cerca de 20% do território do município (PMS, 2007).

A Reserva Hidroflorestal foi criada no ano de 1953 pela Lei Municipal N° 273, a qual declarava as terras como de utilidade pública. As mesmas foram partes doadas e partes adquiridas, totalizando uma área de 179 ha.



FIGURA 1: Representação do local realizado o projeto.

FIGURE 1: Representation of the place carried out the project

Pela classificação de Köppen, Sarandi está localizado na Zona Climática temperada, apresentando clima do tipo úmido e variedade específica subtropical. Desse modo, o clima local é descrito como subtropical úmido, com chuva bem distribuída durante o ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22° C. A temperatura média anual é de 17,5 °C (MORENO, 1961).

As chuvas são abundantes e regularmente distribuídas, com normais entre 1550 a 2500 mm anuais. Em resumo, há predominância na região de tempo bom com dias ensolarados, interrompidos por

seqüência de dias chuvosos decorrentes da frente polar, especialmente no inverno e início da primavera, e por dias de chuvas intensas, mas de curta duração, decorrentes das linhas de instabilidade tropical, especialmente no verão e final da primavera (MORENO, 1961).

Fitogeograficamente, a área em estudo encontra-se inserida, segundo o sistema adotado pelo Projeto Radam Brasil (1986), em Floresta de Planalto, Tratando-se de uma floresta que não apresenta espécies exclusivas, e, que age como zona de transição para outras formações, apresentando elementos oriundos das Florestas Ombrófila Densa e Ombrófila Mista. Em nível de Bioma, Sarandi está inserido como Mata Atlântica (IBGE, 1992).

Técnica utilizada

Na Reserva Hidroflorestal onde foi implantado o projeto, já havia sido feito uma tentativa de recuperação, por meio do plantio sistemático de mudas de pequeno porte de espécies nativas da região com espaçamento de 3 x 3 m. Porém não foi realizado nenhum tipo de controle da mata competição, e desta forma as mudas foram dominadas e suprimidas pelo agressivo desenvolvimento do sistema radicular da gramínea presentes.

A partir disto surgiu a idéia de testar a metodologia de núcleos de biodiversidade para recuperação da reserva. A área onde foi implantado o projeto para a recuperação possui aproximadamente 0,5 ha, para a implantação da metodologia utilizou-se as espécies que constam na Tabela 1. Capazes de incorporar certo nível de diversidade local, buscando uma maximização no uso dos recursos disponíveis e interação entre as plantas, possibilitando a evolução natural da floresta para um sistema mais avançado de sucessão e mais próximos da estabilidade, minimizando problemas de adaptação de algumas espécies.

TABELA 1: Lista das espécies selecionadas para implantação nos núcleos.

TABLE1: List of species selected for deployment in the nucleus

Número	Nome Científico	Familia	Grupo Ecológico	Nome comum
1	<i>Myrcia bombycina</i>	Myrtaceae	Primária	guamirim
2	<i>Ilex paraguariensis</i>	Aquifoliáceas	Secundária	erva mate
3	<i>Peltophorum dubium</i>	Fabáceas	Secundária	canafistula
4	<i>Handroanthus albus</i>	Bignoniaceae	Secundária	ipe Amarelo
5	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Bignoniaceae	Secundária	ipe roxo
6	<i>Schinus terebinthifolia</i>	Anacardiaceae	Primária	arroeira vermelha
7	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	Climax	cedro
8	<i>Inga marginata</i>	Fabáceas	Primária	inga
9	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae	Climax	araucaria
10	<i>Sebastiania commersoniana</i>	Euphorbiaceae	Primária	branquilha
11	<i>Cordia trichotoma</i>	Boraginaceae	Climax	louro
12	<i>Paraptadenia rigida</i>	Fabáceas	Climax	angico
13	<i>Patagonula americana</i>	Boraginaceae	Secundária	guajuvira
14	<i>Psidium cattleianum</i>	Myrtaceae	Primária	araça
15	<i>Myrcianthes pungens</i>	Myrtaceae	Secundária	guabiju
16	<i>Eugenia involucrata</i>	Myrtaceae	Primária	cerejeira
17	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	Primária	pitanga
18	<i>Luehea divaricata</i>	Malvaceae	Primária	Acoita - cavalo
19	<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	Primária	Chal - chal
20	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	Primária	Mamica de cadela

Para a implantação deste método foi alocado 22 núcleos com 5 m² cada, contendo em média 25 mudas, estas que foram obtidas junto ao Departamento do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Sarandi-RS, a partir de doações da população e da AMZOP (ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA ZONA DA PRODUÇÃO).

Anteriormente ao plantio realizou-se o controle de formigas na área com a aplicação de formicida de forma sistemática, aplicando 1,5 kg de isca formicida na área, seguido de uma descompactação no local de plantio feita de forma manual com auxílio de um enxadão, pois o solo encontrava-se com alto grau de compactação causado pelo pisoteio do gado.

O plantio foi realizado no mês de agosto de 2010, com aplicação de 300g de N-P-K (12-06-12) em cada núcleo. Com o início da estação de crescimento no mês de setembro foi realizado uma limpeza

no interior dos núcleos evitando a entrada ou desenvolvimento das gramíneas em seu interior além de expandir cerca de 2 m a área dos tratamentos com roçada semi-mecanizada. A partir realizou-se a análise do método a cada três meses com o propósito de diagnosticar a viabilidade da técnica para recuperar áreas que tenham sofrido degradação devido ao cultivo de pastagens e a capacidade de utilização da mesma no restante das áreas degradadas da reserva. Os pontos analisados foram: Taxa de sobrevivência, precocidade de floração, efetividade técnica e custo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das avaliações realizadas na área dos núcleos pode-se determinar o comportamento das espécies junto aos núcleos, as que mais se destacaram nos núcleos foram: *Schinus terebinthifolia*, *Paraptadenia rígida*, *Chorisia speciosa*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Psidium cattleianum* e *Luehea divaricata*. Estas espécies apresentaram um rápido crescimento e boa área foliar que auxilia no sombreamento da área dos núcleos, mantendo a umidade no solo e auxiliando na ciclagem dos nutrientes ali presentes. A figura 2 representa a evolução dos núcleos no decorrer dos nove meses avaliados.

Com relação à capacidade de disseminação de propágulos em apenas nove meses após o plantio ocorreu floração e frutificação (Figura 3) da espécie *Schinus terebinthifolius*. Este é um dos principais objetivos dos núcleos, com essa precocidade para floração e frutificação é possível atrair, polinizadores, dispersores e decompositores para os núcleos. Esta dispersão das sementes irá viabilizar a disseminação de novas plântulas, ampliando os domínios dos núcleos.

Outro ponto favorável dos núcleos foi à constatação da dificuldade para a gramínea penetrar no interior dos núcleos, onde já realizavam um bom sombreamento no interior evitando a disseminação da gramínea.

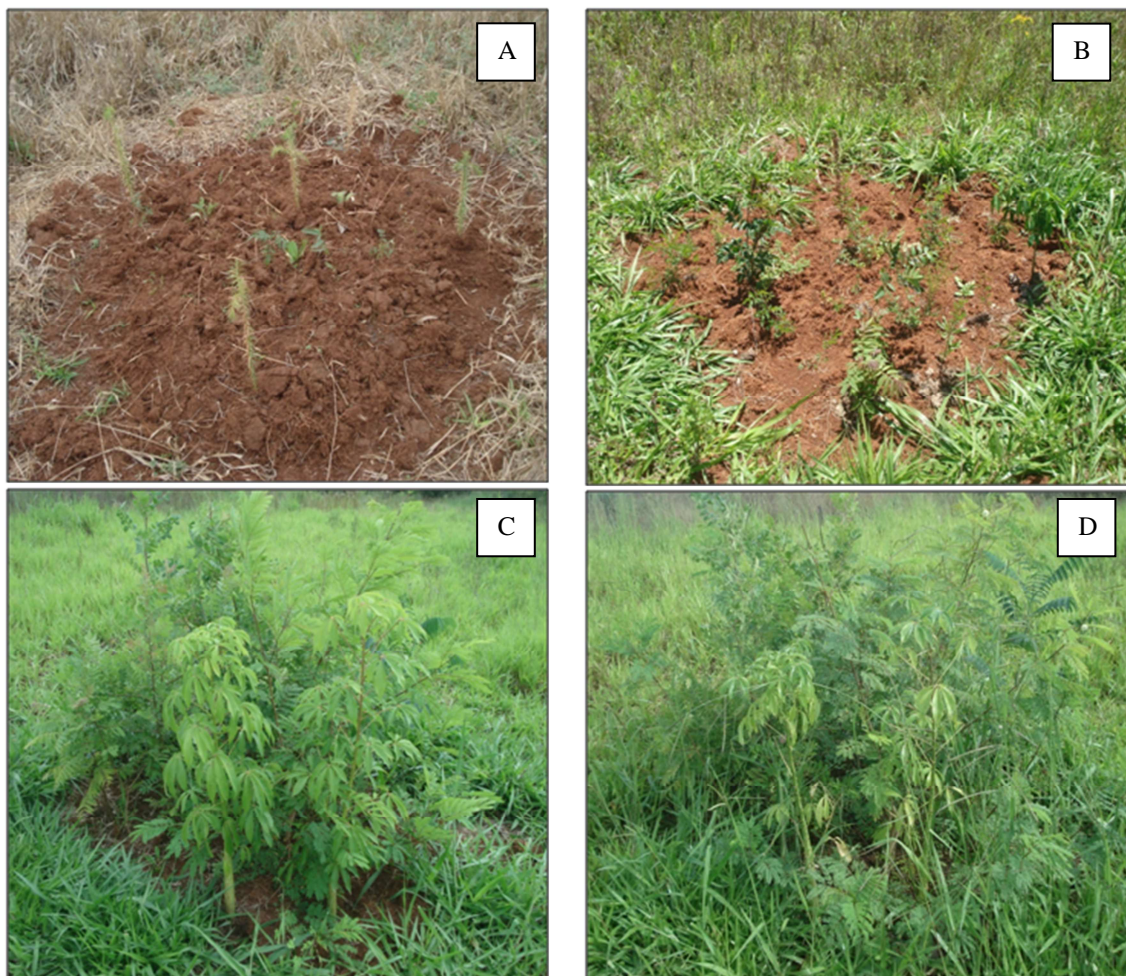


FIGURA 2: Evolução do núcleo de biodiversidade com o passar dos meses: (A) implantação, (B) 3 meses, (C) 6 meses; (D) 9 meses.

FIGURE2: Evolution of the nucleus of biodiversity over the months: (A) implantation, (B) 3 months, (C) 6 months, (D) 9 months.



FIGURA 3: Floração e frutificação de *Schinus terebinthifolium* (aroeira periquita)
 FIGURE3: Flowering and fruiting of *Schinus terebinthifolium* (aroeira periquita)

O aparecimento de insetos no interior dos núcleos também foi observado. Esse processo possibilita a formação de uma nova cadeia trófica e aumenta a diversidade funcional da área, promovendo a reconstrução da comunidade em todos os seus elementos (produtores, consumidores e decompositores) (REIS *et al.*, 2003; BECHARA, 2006; TRÊS, 2006).

A atividade de restauração, tendo como princípio básico a nucleação, tende a facilitar o processo sucessional natural, tornando-se mais efetivos quanto mais numerosos e diversificados forem estes núcleos (ARAUJO *et al.*, 2008).

Com relação à taxa de sobrevivência no interior dos núcleos pode-se visualizar na Tabela 2.

TABELA 2: Taxa de sobrevivência das mudas conforme as avaliações
 TABLE2: Survival rate of seedlings according to the assessments

NÚCLEOS	ESPÉCIES PLANTADAS	MUDAS CONFORME AS AVALIAÇÕES			TAXA DE SOBREVIVÊNCIA %		
		1º	2º	3º	1º	2º	3º
1	25	16	15	15	64	94	100
2	25	17	17	15	68	100	88
3	25	15	15	13	60	100	87
4	25	18	18	16	72	100	89
5	25	16	16	15	64	100	94
6	25	15	13	13	60	87	100
7	25	19	17	15	76	89	88
8	25	20	20	18	80	100	90
9	25	17	16	14	68	94	88
10	25	14	14	11	56	100	79
11	25	17	16	14	68	94	88
12	25	18	17	17	72	94	100
13	25	16	16	15	64	100	94
14	25	14	13	13	56	93	100
15	25	17	13	9	68	76	69
16	25	18	16	15	72	89	94
17	25	14	14	10	56	100	71
18	25	17	15	11	68	88	73
19	25	13	12	9	52	92	75
20	25	17	16	13	68	94	81
21	25	15	13	10	60	87	77
22	25	16	11	11	64	69	100
TOTAL	550	359	333	292	-	-	-
MÉDIA	25	16	15	13	65	93	87

O baixo índice de sobrevivência de 65% na primeira avaliação é constatado devido ao período de plantio ter sido no mês de agosto, sendo que o mesmo ainda apresentou algumas geadas além do período de setembro a outubro de 2010 a região ter marcado um índice pluviométrico abaixo do normal interferindo na climatização e desenvolvimento das mudas ao campo, consequentemente levando algumas a morte.

Nas avaliações seguintes o índice teve uma média aceitável com algumas reduções devido a competição no interior dos núcleos, buscando um equilíbrio entre as plantas criando estágios diferentes de

desenvolvimento entre as plantas dos núcleos.

Custos de implantação

Os custos de implantação desta metodologia foram calculados para 0,5 há e extrapolados para 1 ha, com o objetivo de facilitar o entendimento dos valores.

O custo fixo da metodologia foi de R\$ 968,90 (Tabela 3) o qual diz respeito a aquisição de ferramentas (enxadas, cavadeiras, enxadões, regadores, trenas) sendo que na maioria das vezes estes bens encontram-se nas propriedades, e matérias necessários para implantação como as mudas e o adubo estes que podem ser produzidos pelo agricultor o que reduziria muito o custo do projeto. Os custos variáveis foram de R\$ 200,76 (Tabela 4) relacionados a mão de obra necessária para a implantação e com relação a materiais que alteram conforme necessidade (formicida e combustível). Totalizando assim um gasto total de R\$ 1169,66 por hectare.

TABELA 3: Custos fixos de implantação dos núcleos de biodiversidade por hectare.

TABLE3: Fixed costs of deployment of the nucleus of biodiversity per hectare

CUSTOS FIXOS				
	FERRAMENTAS	QUANTIDADE / ha	CUSTO UNITARIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
IMPLANTAÇÃO	CAVADEIRA	1	23.30	23.30
	ENXADÃO	2	27.40	54.80
	ENXADA	2	28.40	56.80
	MUDAS	1100	0.65	715.00
	REGADOR	2	17.00	34.00
	TRENA	1	45.00	45.00
	ADUBO	1	40.00	40.00
				SOMATÓRIO

TABELA 4: Custos variáveis de implantação dos núcleos de biodiversidade por hectare.

TABLE4: Variable costs of implementation of the nucleus of biodiversity per hectare.

CUSTOS VARIÁVEIS				
ETAPA DE SERVIÇO	PRODUTO	QUANTIDADE / ha	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
CONTROLE DE FORMIGA	MAO DE OBRA (h/h)	2	5	10.00
	FORMICIDA (Kg)	3	8.6	25.80
CAPINA	MAO DE OBRA (h/h)	13	5	65.00
COVEAMENTO	MAO DE OBRA (h/h)	3	5	15.00
ADUBAÇÃO	MAO DE OBRA (h/h)	2	5	10.00
TRANSPORTE	COMBUSTIVEL (l)	12	2.08	24.96
PLANTIO	MAO DE OBRA (h/h)	5	5	25.00
IRRIGAÇÃO	MAO DE OBRA (h/h)	5	5	25.00
			SOMATÓRIO	200.76

Um dos aspectos positivos a ser realçado é a possibilidade de aplicação destas técnicas em pequenas áreas, tal como em pequenas propriedades na recuperação em áreas de preservação permanente. As mudas podem ser produzidas na propriedade ou coletadas da regeneração em fragmentos florestais que já estejam em estágio sucessional avançado, diminuindo o custo da metodologia que além de viável e simples, pode utilizar apenas mão de obra familiar.

CONCLUSÕES

- Verificou-se com esse estudo que para o sucesso das metodologias escolhidas para a recuperação de uma área deve-se levar em consideração o histórico de uso da área, bem como as espécies e a distância de vegetação que pode servir como alternativa de fonte de propágulos.

- A escolha da época de implantação dos tratamentos e o número de manutenção necessária são fatores necessários para o sucesso das metodologias.

- A técnica de nucleação para restauração de áreas degradadas apresentou resultados satisfatórios nos primeiros nove meses após a implantação. Foi possível observar algumas funções ecológicas essenciais tais como floração e frutificação de algumas espécies. Dentre as espécies utilizadas, *Schinus terebinthifolius* teve precocidade de floração e frutificação. A espécie *Chorisia speciosa* apresentou um rápido crescimento e boa área foliar desenvolvida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, F. C.; SANTOS, K. G.; SILVA, B. K.; PACCIERI, M. R. A.; ÂNGELO, A. C. **Estratégias de nucleação voltadas para a recuperação de ambientes degradados.** In: Anais da VI Semana de Estudos da Engenharia Ambiental, UNICENTRO, DENAM. Irati, 2008.
- BARUCH, Z.; LUDLOW, M.M.; DAVIS, R. **Photosynthetic responses of native and introduced C4 grasses from Venezuelan savannas.** *Oecologia* 67: p. 388-393, 1985.
- BECHARA, F.C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga.** 2006. 249 f. Tese, (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006
- BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; PRADO, N.J.S.; FONSECA, E.M.B. **Implantação de mata ciliar.** Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 1995, 28p.
- CARVALHO, P. E.R. Técnicas de recuperação e manejo de áreas degradadas. In: **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais – um guia para ações municipais e regionais.** Embrapa, Brasília, SP: ed. Galvão, A. P. M. , 2000. cap. 14, p.251-268.
- CASTRO, C.C.; MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R. A focus on plant reproductive biology in the context of forest restoration. In: RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (Eds.) **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil.** New York: Nova Science Publishers, 2007. pp. 197-206.
- DANIEL, O.; JANKAUSKIS, J. **Avaliação de metodologia para o estudo do estoque de sementes do solo.** SÉRIE IPEF, Piracicaba, v. 41-42, p.18-26, 1989.
- DAVIDE, A.C. Seleção de espécies vegetais para recuperação de áreas degradadas. In: **SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS,** 2., 1994, Foz do Iguaçu, PR. Anais. Curitiba: FUPEF, 1994, p. 401-408.
- GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Recomposição de florestas nativas: algumas perspectivas metodológicas para o estado de São Paulo.** In: **Recuperação de áreas degradadas – III curso de atualização.** UFPR, Curitiba/PR. 1996. p.83-100.
- GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares.** In: **Matas ciliares: conservação e recuperação.** RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. Fapesp, 2000. 249-259p.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 132p.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação.** RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. Fapesp, 2000. 249-259p.
- MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares.** Viçosa: Aprenda fácil 2001. 146p.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73p.
- NAGY, S. C. S. **Avaliação de alguns parâmetros químicos e físicos de um solo submetido a vários processos de ocupação e à recomposição da floresta ripária.** In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS,** 3., Ouro Preto, 1997. **Anais.** Viçosa: UFV / SOBRAD, 1997. p.154-165.
- OLDEMAN, L.R. **The global extent of soil degradation.** In: **Soil Resilience and Sustainable Land Use.** GREENLAND, D. J. & SZABOCLS, I (Eds.) Cab International, Wallingford, VK, 1994, p. 99-118.
- POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – PNMA.** Lei nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981 Acessado em: 18/04/2011; Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SARANDI – **Plano ambiental municipal.** FRARE, M. (coord). Sarandi, RS. 2007. 65p.
- REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPINDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K.; SOUZA, L.L. **Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais.** *Natureza & Conservação*, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 28-36, 85-92, abr. 2003.
- SILVA, J.S.O. **Acúmulo de biomassa aérea e concentração de nutrientes em *Melinis minutiflora* e gramíneas nativas do Cerrado.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2003.

TRES, D.R. **Restauração ecológica de uma mata ciliar em uma fazenda produtora de Pinus taeda L. no norte do Estado de Santa Catarina.** 85p. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UFSC, Florianópolis. 2006.

YARRANTON, G.A.; MORRISON, R.G. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology, Oxford**, v. 62, n. 2, p. 417- 428, 1974.

ESTUDO DIGITAL EM ANÉIS DE *Araucaria angustifolia* LOCALIZADAS NA FLORESTA NACIONAL DE PIRAÍ DO SUL - PR

STUDY DIGITAL IN RINGS OF *Araucaria angustifolia* LOCATED IN THE FOREST NATIONAL OF PIRAÍ DO SUL - PR

Vanessa Silva Moreira¹; Adelton Prestes¹; Nivaor Rodolfo Rigozo²; Alan Prestes³

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo dos registros naturais em anéis de árvores de *Araucaria angustifolia*, coletadas na Floresta Nacional de Pirai do Sul - PR. Aplicou-se uma metodologia de análise de imagem, desenvolvida no grupo de pesquisa Geofísica Espacial por Análise de Registros Naturais (GEONAT), que determina com eficiência a espessura dos anéis de árvores. A identificação visual dos anéis de árvores foi feita com a ajuda de uma lupa binocular o que permitiu uma melhor identificação dos anéis de crescimento e dos falsos anéis presentes nas amostras. Com isso, obteve-se uma melhor datação cronológica das amostras. Após a identificação dos anéis de crescimento foi feita a digitalização das imagens das amostras de árvores, com um digitalizador de mesa de alta resolução. Para efetuar a determinação das espessuras, utilizou-se a ferramenta computacional Image Tool onde se obteve as espessuras dos anéis, e o número de anéis de cada amostra digitalizada. Por fim, foram gerados os gráficos e acrescentado à datação cronológica de cada amostra, assim obtendo as séries temporais, a fim de verificar o comportamento, tendência de crescimento dos anéis em função do tempo, em anos. Este método de tratamento digital de imagens para a medida das espessuras dos anéis de árvores foi considerado muito vantajoso, pois além de ser simples e prático, ele foi eficiente, confiável, sem custo elevado e sem muita sofisticação.

Palavras-chaves: Anéis de árvores; espessuras dos anéis; ferramenta computacional; séries temporais;

ABSTRACT

The study was made of the digital records in natural tree rings *Araucaria angustifolia*, collected in the National Forest Pirai do Sul - PR. We applied an image analysis methodology, developed in the research group Geophysical Space Analysis for Natural Records (GEONAT), which effectively determines the thickness of tree rings. The visual identification of tree rings with the help of a binocular lens which allowed a better identification of growth rings and false rings present in the samples. Thus, we obtained a better chronological dating of the samples. After the identification of growth rings was made to scan images of samples of trees, with a flatbed scanner with high resolution. To make the determination of thicknesses, used the Image Tool software tool where we got the ring width and the number of rings in each sample scan. Finally, the graphs were generated and added to the chronological dating of each sample, thus obtaining time series in order to verify the behavior, growth trend of the rings as a function of time in years. This method of digital imaging to measure the thickness of tree rings, was considered very beneficial, as well as being simple and practical, he was efficient, reliable, without the high cost and without much sophistication.

Keywords: tree rings; ring width; computational Tool; time series;

INTRODUÇÃO

A dendrocronologia é um ramo bem estabelecido da ciência que, além de realizar a datação, ou seja, a determinação da idade das plantas, também consegue avaliar as condições do clima em tempos remotos. Isso é possível através da observação criteriosa da disposição, cor, tamanho e número de anéis formados a cada ano na seção transversal do tronco, os anéis de crescimento. Os estudos da dendrocronologia podem ser realizados com o uso de árvores mortas, que caíram naturalmente ou que foram cortadas no chamado método destrutível, ou com árvores vivas, usando uma ferramenta especial que retira pequenas varetas do interior do tronco, denominada de trado de Pressler, este sendo o método não-destrutível (COL et al., 2009).

¹Curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP: 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista PIBIC/CNPq. vanessaeng.ftal@gmail.com e adeltonprestes@bol.com.br

²Físico, Dr., Pesquisador Adjunto II do Instituto Nacional de pesquisas Espaciais, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais. Av. Roraima CEP: 97105-970, Santa Maria (RS). nivaor.rigozo@crs.inpe.br

³Físico, Dr., Professor da Universidade do Vale do Paraíba, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais. Av. Shishima Hifumi, 2911, CEP: 12244-000, São José dos Campos (SP). aprestes@gmail.com

Muitos são os métodos desenvolvidos para identificar e estudar os anéis de árvores seja através da espessura ou da densidade dos anéis. Medidas de séries temporais das espessuras e das densidades dos anéis pela análise de imagens têm um grande potencial nas análises dos anéis de árvores (THETFORD et al., 1991). Sabe-se que cada anel se equivale à quantidade de madeira produzida em um período de 12 meses, ou seja, um ano. Estes são considerados como estruturas anatômicas do xilema secundário que analisados num corte transversal possuem círculos no entorno da medula relacionados com o tronco, uns são mais escuros e outros mais claros, definindo assim o lenho tardio e o inicial. O número de anéis está relacionado à quantidade de chuva (escassez ou abundância), às variações de temperatura (altas e baixas), à exposição ao sol (sombra ou a pleno sol), dentre outros parâmetros. Quanto maior forem as adversidades do tempo, mais lento será o crescimento dos anéis, gerando assim anéis estreitos, caso contrário os anéis são mais largos.

No presente estudo dendrocronológico foi aplicado um método de análise de imagem que determina com eficiência a espessura dos anéis de árvores, em uma espécie de conífera do Gênero *Araucária*, pertencente à Família *Araucariaceae*, que é exclusiva do hemisfério Sul (WEHR et al.; 2000 apud JOLY; 1975), possuindo apenas duas espécies na América. No Brasil é conhecida como *Araucaria angustifolia* (Pinheiro-do-Paraná), possui uma população natural na Região Sul e alguns exemplares no sul do estado de São Paulo.

A vantagem deste método é que ele é simples e prático, pois utiliza apenas um computador, um digitalizador de imagens de mesa de alta resolução e um software de programação (RIGOZO et al., 2007). Esse método é considerado vantajoso, pois não possui um custo elevado e não necessitando de aparelhos tão sofisticados.

Pelo exposto, o presente estudo tem como objetivos o estudo dos registros naturais em anéis de árvores de *Araucaria angustifolia*, coletadas na Florestal Nacional de Piraí do Sul - PR para a obtenção de séries temporais de suas das espessuras.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um estudo de 17 amostras de *Araucaria angustifolia*, coletadas no estado do Paraná, na Florestal Nacional de Piraí do Sul (Figura 1).



FIGURA 1: Imagem das amostras de *Araucaria angustifolia* coletadas no Paraná.
FIGURE 1: Image of *Araucaria angustifolia* samples collected in Parana.

As amostras foram analisadas uma a uma. Para que essas análises fossem feitas corretamente e com um grau de precisão elevado, utilizou-se duas lupas, uma manual e outra binocular mostrada na Figura 2, assim identificando os anéis de crescimento e os falsos anéis. Com isso obteve-se uma correta datação cronológica das amostras.

Depois do estudo visual das amostras, estas passaram por uma digitalização com auxílio de um scanner de mesa de alta resolução, para a obtenção de imagens digitais dos anéis. As amostras estavam acompanhadas de uma régua o que acabou facilitando na calibração de pixel da imagem em milímetros, (Figura 3). As imagens foram salvas em bitmap com a finalidade de se obter uma imagem de boa qualidade, assim auxiliando na identificação visual dos anéis. As resoluções das imagens variaram entre 600 dpi a 3.000 dpi, dependendo da visibilidade dos anéis.

Anéis mais estreitos, ou seja, muito próximo uns dos outros, de difícil visibilidade, utilizou-se uma resolução superior a 600 dpi, já anéis bem visíveis, mais afastados, utilizaram-se uma resolução de 600 dpi. Algumas amostras foram usadas os dois tipos de resolução, então estas foram divididas em duas partes, anéis largos com uma resolução menor e anéis estreitos com resolução maior (Figura 4 e 5). O inconveniente de se usar alta resolução na obtenção das imagens é a grande quantidade de memória que cada arquivo de imagem ocupa (RIGOZO et al., 2007).



FIGURA 2: Imagem da lupa binocular utilizadas para a contagem dos anéis.
FIGURE2: Image of the binocular lensused to count therings.

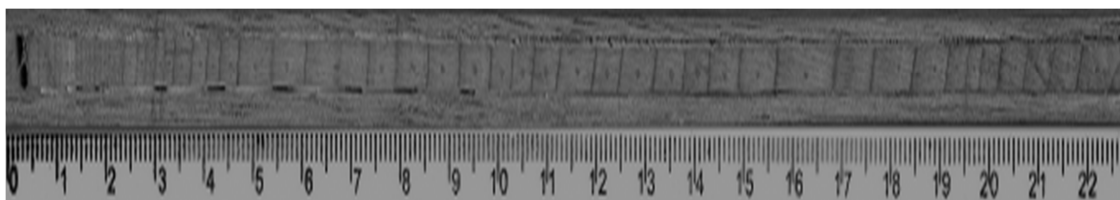


FIGURA 3: Imagem digital de amostra de anéis de árvore.
FIGURE3: Digital imagesampletree rings.

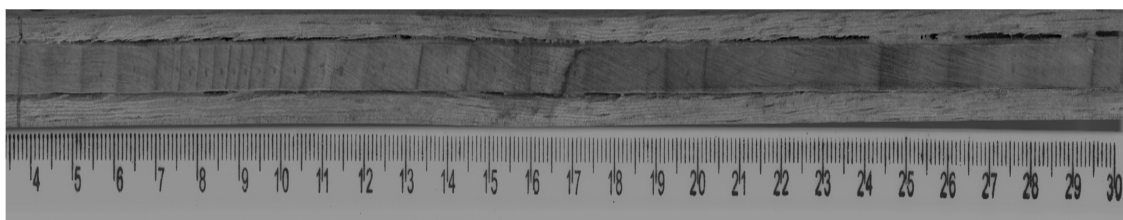


FIGURA 4: Primeira parte da amostra salva em bitmap, com uma resolução de 600 dpi.
FIGURE4: Firstpart of the samplesaved inbitmapwitharesolution of 600dpi.

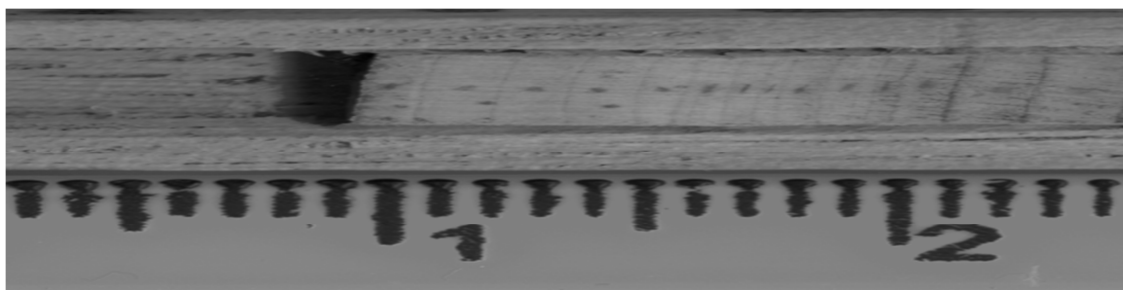


FIGURA 5: Segunda parte da amostra salva em bitmap, com uma resolução de 3.000 dpi.
FIGURE5: Second part of the samplesaved inbitmapwitharesolution of 3.000dpi.

Logo após a digitalização fez-se o uso da ferramenta computacional, o software Image Tool, para a obtenção das espessuras dos anéis, com a unidade de medida em milímetros e o número total de anéis por árvore. Para a obtenção das espessuras foi feito a calibração do pixel da amostra, transformando-o em 10 (dez) mm (milímetros) (Figura 6).

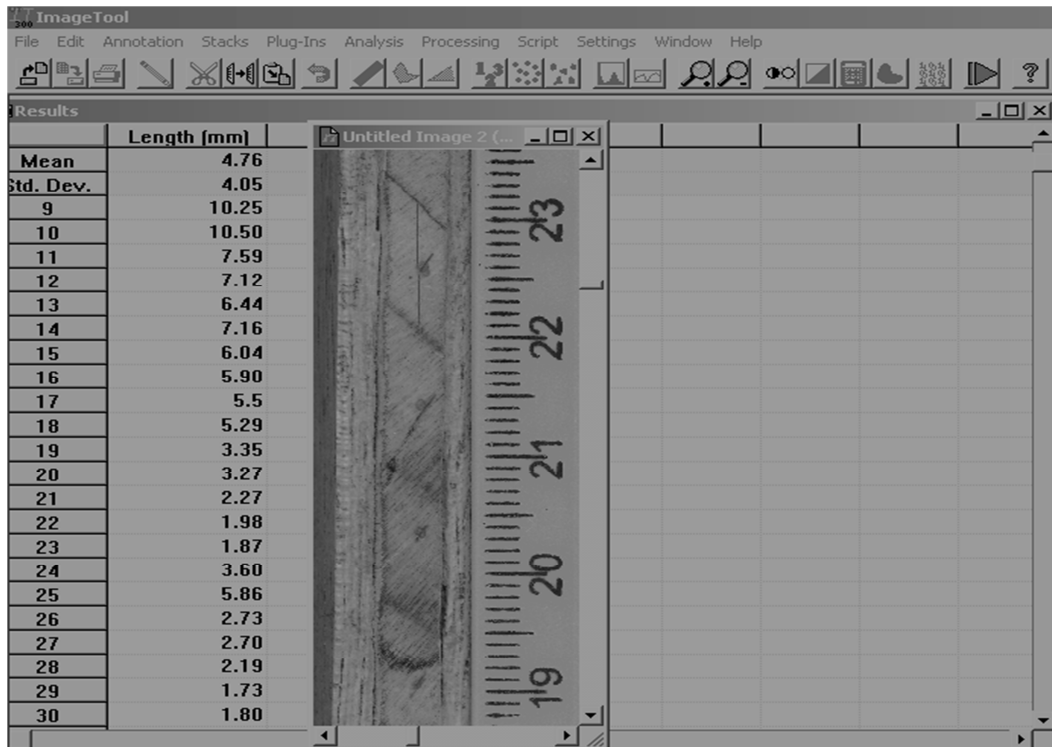


FIGURA 6: Imagem do software Image Tool, onde se obteve a espessura dos anéis de árvores em mm, a média, o desvio padrão e o número de anéis de cada amostra.

FIGURE6: Image of the Image Tool software, where we got the thickness of tree rings in mm, the mean, standard deviation and the number of rings in each sample.

Os dados foram salvos em arquivo texto (TXT), com o valor da média, do desvio padrão e das espessuras em mm. Após isso, foram gerados os gráficos, e acrescentado à datação cronológica de cada amostra, assim obtendo as séries temporais das espessuras dos anéis de árvores, estas estão dispostas em uma relação espessura (mm) x tempo (anos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o uso da metodologia na análise das amostras e o uso das ferramentas de datação cronológica, tais como computador, scanner de mesa de alta resolução, o software Image Tool pode-se obter as séries temporais das espessuras de anéis de árvores para cada uma das amostras apresentadas, como é apresentado na Figura 7.

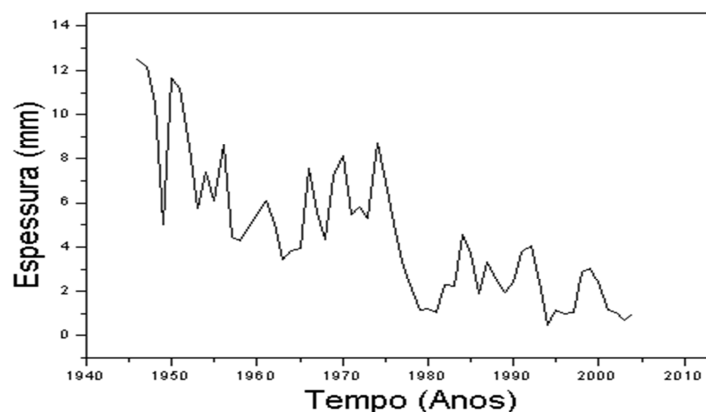


FIGURA 7: Série temporal das espessuras dos anéis de uma das amostras, com a relação espessura x tempo.

FIGURE7: Series of ring width of the samples with the thickness ratio x time.

Estas séries foram datadas de acordo com a idade da coleta das amostras de *Araucaria angustifolia* que foi no ano de 2004 (Tabela 1).

TABELA 1: Localidade de coleta, espécie coletada, número de amostras e o ano da coleta.

TABLE1: Location of collection, species collected, number of samples and the year of collection.

Local de Coleta	Espécie Coletada	Número de Amostras	Ano da Coleta
Floresta nacional de Piraí do Sul - PR	<i>Araucaria angustifolia</i>	17	2004

Cada árvore possuía em média uma única amostra, para uma maior acurácia o ideal é 4 amostras por árvore, uma amostra de cada quadrante, assim tendo precisão nos resultados das séries temporais das espessuras. Muitas amostras estavam rachadas, então os anéis que continham rachaduras eram descartados, evitando erros, ou extrapolação dos valores das espessuras, assim gerando uma série temporal com espaços incompletos (Figura 8).

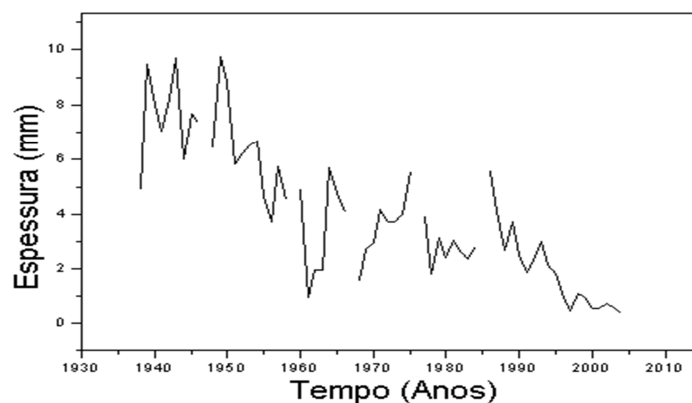


FIGURA 8: Série temporal de uma amostra com anéis descontados, devido às rachaduras.

FIGURE8: Time series of a sample with rings discounted, due to cracks.

CONCLUSÃO

Este estudo permitiu a obtenção da datação cronológica local e das séries temporais das espessuras de anéis de árvores para a localidade de Piraí do Sul – PR, na Floresta Nacional de Piraí do Sul, localizada na região sul do Brasil.

Utilizou-se uma metodologia digital de análise de imagens para as 17 amostras coletadas de *Araucaria angustifolia*. Duas amostras acabaram sendo descartadas, pois seus anéis não estavam bem visíveis, não podendo fazer a identificação dos anéis, a datação cronológica e com isso não obtendo as espessuras dos anéis de cada amostra.

Este método de tratamento digital de imagens para a medida das espessuras dos anéis de árvores de *Araucaria angustifolia* foi muito vantajoso, pois além de ser simples e prático, ele foi eficiente, confiável, sem custo elevado e sem muita sofisticação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica, processo 116180/2010-2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COL, J.A.; Bueno, M.I.M.S. Emprego da fluorescência de raios X por dispersão de energia para o mapeamento de troncos de árvores em Campinas. São Paulo. **Quim. Nova**, Campinas, SP, vol.32, n.9, p.2407-2411, 2009.

JOLY, A.B. **Botânica**: introdução a taxonomia vegetal. 2. ed. São Paulo: Nacional EDUSP, 1975. 777 p.

RIGOZO, N.R. et al. Tratamento Interativo de Imagens Digitais de Anéis de Árvores – TIIDAA. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis – SC. Anais... Florianópolis: INPE, 2007, p. 6083-6088.

THETFORD, R.D. et al. An image analysis system for determining densitometric and ring-width time series. **Canadian Journal of Forest Research**, v.21, p.1544-1549, 1991.

WEHR, N. J. et al. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios x. **Scientia Forestalis**, n.58, p. 161-170, 2000.

**PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E ESTRUTURA DIAMÉTRICA DA ESPÉCIE
Protium pallidum Cuatrec. EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME NA RESEX CAJARI,
AMAPÁ-BRASIL**

**SPATIAL DISTRIBUTION PATTERN AND DIAMETRIC STRUCTURE OF *Protium pallidum*
Cuatrec. IN AN UPLAND FOREST IN RESEX CAJARI, AMAPÁ-BRAZIL**

Caroline da Cruz Vasconcelos⁴; Marcos Alves Nicacio¹; Jaynna Gonar Lôbo Isacksson¹;
Wegliane Campelo da Silva Aparício⁵; Marcelino Carneiro Guedes⁶; Perseu da Silva Aparício⁷

RESUMO

O *Protium pallidum* Cuatrec. conhecido como “Breu Branco”, é uma espécie nativa da Floresta Amazônica, ocorrendo na Guiana Francesa central, Amapá, norte do Pará até o oeste do Maranhão, com populações separadas ao redor de Manaus, possui grande importância na indústria de perfumaria nacional por conta da sua resina com cheiro agradável. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi analisar a estrutura diamétrica e caracterizar o padrão de distribuição espacial da espécie *Protium pallidum* Cuatrec. em uma área de terra firme, localizada na Reserva Extrativista do Rio Cajari (Resex Cajari). Para o estudo foi instalada neste local uma grade de 300 x 300 m (9 ha) de forma permanente. A grade foi dividida em transectos paralelos e equidistantes em 50 m, sendo distribuídas sistematicamente 48 parcelas de 250 m² (10 x 25m), distando 25 m entre si, onde foram mensurados indivíduos que apresentaram CAP (circunferência a altura do peito, medido a 1,30m do solo) ≥ 10 cm. Para a análise da distribuição diamétrica os dados foram divididos em classes cuja amplitude foi devidamente calculada. Para a determinação do padrão de distribuição espacial foi utilizado o Índice de Morisita. No levantamento foram encontrados 32 indivíduos, representando uma densidade de 26,6 ind./ha, número este significativo para a realização de um plano de manejo específico para a espécie. Em relação à distribuição diamétrica constatou-se que a espécie amostrada apresentou o padrão “J” invertido na distribuição de indivíduos nas classes de tamanho, possuindo maior número de indivíduos nas classes inferiores decrescendo nas classes superiores, sugerindo que a espécie está em equilíbrio. Quanto à distribuição espacial constatou-se por meio do índice de dispersão de Morisita que a espécie segue uma distribuição aleatória em que os indivíduos estão dispersos ao acaso considerando assim que um plano de manejo sustentável para espécie deve ser realizado de maneira mais cautelosa diminuindo os custos.

Palavras-chave: Unidade de Conservação; Breu Branco; Índice de Morisita.

ABSTRACT

The *Protium pallidum* Cuatrec. known as "White Pitch" is a species native to the Amazon rainforest, occurring in central French Guiana, Amapá, north Pará up to west Maranhão, with separate populations around Manaus, has great importance in the national perfume industry because of resin with its pleasant smell. In this sense, the objective of work was to analyze the diametric structure and characterize the spatial distribution pattern of the species *Protium pallidum* Cuatrec. in an upland area, located in the Extractive Reserve Rio Cajari (Resex Cajari). For the study was installed in this place a grid of 300 x 300 m (9 ha) permanently. The grid was divided in parallel and equidistant transects at 50 m, distributed systematically in 48 parcels with 250 m² (10 x 25m, with the distance of 25 m among them, which were measured individuals who had CAP (circumference at breast height measured at 1,30m ground) ≥ 10 cm. For the analysis of the diametric distribution data were divided into classes whose amplitude was properly calculated. To determine the spatial distribution pattern was used Morisita index. The survey found 32 individuals, representing a density of 26.6 ind./ha, a significantly number, to the achievement of a specific management plan for the species. Regarding the diametric distribution was found that the species sampled presented the standard "J" inverted in the distribution of individuals in size classes, owning a higher number of individuals in the lower classes decreasing in the upper classes, suggesting

⁴Graduandos em Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá, UEAP, Av. Presidente Vargas, nº 650, Centro, CEP 68906-970, Macapá-AP, cc_vasconcelos@hotmail.com.

⁵Engenheira Florestal, Doutora em Ciências Florestais, Professora do Departamento de Ciências Biológicas, UNIFAP, Rua 1ª Avenida da Universidade, nº 1523, CEP 68903410, Universidade, Macapá, AP, wellaparicio@unifap.br.

⁶Engenheiro Florestal, Doutor em Recursos Florestais, pesquisador da EMBRAPA – Amapá, Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, nº 2600, CEP 68903-419, Macapá, AP. mcguedes@cpafap.com.br.

⁷Engenheiro Florestal, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Professor da Universidade do Estado do Amapá, UEAP, Rua 1ª Av. da Universidade, nº 1523, Universidade, CEP 68903-410, Macapá-AP, perseu_aparicio@yahoo.com.br.

that the species is in equilibrium. The spatial distribution was found by means of the Morisita index of dispersion of the species follows a random distribution in which individuals are randomly dispersed so considering a sustainable management plan for the species should be performed more cautiously reducing costs.

Key words: Conservation Unit; White pitch; Morisita Index.

INTRODUÇÃO

A região amazônica ocupa aproximadamente 60% do território brasileiro, sendo constituída por diferentes tipos de vegetação. A floresta densa de terra firme é a tipologia florestal mais representativa dessa região, caracterizada pela elevada riqueza e diversidade de espécies (SILVA, 2010). Segundo Oliveira (1997) e Oliveira e Amaral (2004), esta tipologia abrange cerca de 65% da região amazônica.

Para Souza et al. (2006), a maioria das florestas tropicais nativas da Amazônia tem sido explorada de forma não sustentável, sem aplicação dos critérios de sustentabilidade do manejo florestal, o que caracteriza perda da cobertura florestal e da diversidade de espécies, antes mesmo que se tenha o conhecimento dessa riqueza natural.

Souza et al. (2006), salienta ainda que qualquer intervenção planejada em determinada floresta tem de ser precedida de inventário minucioso, que forneça estimativas fidedignas dos parâmetros: diversidade, frequência, densidade, dominância e as distribuições diamétrica e espacial das espécies, as quais permitem verificar as condições em que se encontram a floresta e determinar quais espécies e números de indivíduos podem ser explorados ou mantidos na área, de forma que a reprodução seja garantida.

O Amapá dispõe de cerca de 98% de suas florestas nativas intactas (IEPA, 1998), além de uma alta diversidade de fitofisionomias (florestas de várzea, terra firme, cerrado e restingas, entre outras), agregando uma enorme gama de espécies ainda desconhecidas pela ciência (PEREIRA et al., 2011).

Dessa forma, a prática do manejo florestal sustentável e o conhecimento cada vez maior sobre a dinâmica das espécies que compõem o ambiente florestal é de fundamental importância para a valorização de espécies pouco conhecidas e das que também já são conhecidas (COSTA, 2006).

A espécie *Protium pallidum* Cuatrec., pertencente à família Bursaceae, é conhecida popularmente como Breu Branco e nativa da Floresta Amazônica, onde ocorre desde a Guiana Francesa central até o Amapá (porém interrompido pelas savanas do Amapá central) e norte do Pará até o oeste do Maranhão, com populações disjuntas na região ao redor de Manaus no Amazonas. São árvores geralmente de grande porte (10 a 31 metros de altura), apresentando tronco cilíndrico e sapopemas, casca externa lisa (marrom a cinza), casca interna alaranjada, brilhosa, estriada, quando ferida exsuda uma resina clara, pegajosa, que ao secar fica branca e pulverulenta. Apresenta folhas jugadas (aos pares). A inflorescência é subterminal e as flores são pentâmeras. O fruto apresenta coloração verde quando maduro, geralmente é ovóide e levemente comprimido dorso-ventralmente (DALY, 1987).

Com poucas exceções, *Protium pallidum* Cuatrec. é uma árvore frequentemente de sub-bosque, ou de dossel de floresta primária de terra firme em terreno ondulante (COSTA, 2006). Distingue-se das demais espécies do gênero por causa da presença habitual (até mesmo em rebentos) de sapopemas e raízes de suporte e por causa da brancura do lado inferior dos folíolos. Ao longo de seu ciclo de vida, esta espécie floresce de agosto a novembro e frutifica de novembro a abril (DALY, 1987).

Sua resina macia, de odor natural agradável e fresco, tem vários usos na cultura local, principalmente como defumador e incenso em rituais religiosos. É usado, também, como combustível e como ingrediente para a calafetação de canoas (COSTA, 2006).

O objetivo deste estudo foi determinar o padrão de distribuição diamétrica e espacial, dos indivíduos de *Protium pallidum* Cuatrec. em uma área de terra firme localizada na Reserva Extrativista do Rio Cajari, no extremo sul do estado do Amapá.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido em uma área de terra firme, localizada na Reserva Extrativista do Rio Cajari (Resex Cajari), considerada uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável com 501.771 ha, no extremo sul do Estado do Amapá (Figura 1).

A Resex Cajari, criada pelo decreto Federal nº 99.145 de 12 de março de 1990, abrange os municípios de Mazagão, Laranjal do Jarí e Vitória do Jarí entre as coordenadas 0° 15' S e 52° 25' W e 1° 5' S e 51° 31' W, de acordo com Funi (2009).

Segundo Pell et al. (2007) o clima nessa região é do tipo Aw (clima tropical com estação seca de Inverno) e Am (tropical de monção) com precipitação média anual entre 2.300 mm e 2.400 mm quanto à classificação de Köppen-Geiger. Gomes (2010) ressalta que o período chuvoso ocorre com maior frequência entre fevereiro e junho. A partir de julho ocorre um período caracteristicamente seco, sendo

mais frequente de setembro a novembro. A temperatura anual varia entre 16°C e 38°C.

A UC é drenada pelas bacias dos rios Cajari e Ajurixi, do igarapé Tambaqui e outros pequenos cursos d'água. Todas as suas águas se dirigem ao canal do rio Amazonas. O solo apresenta formação Curuá, formação Trombetas, formação de Barreiras e Aluviões do Quaternário. A área da Resex Cajari é rica em formações vegetacionais, apresentando uma extensa área de Floresta Densa de Terra Firme, cujo relevo apresenta-se na condição de Floresta Densa de Baixos Platôs e de Floresta Densa Sub-montana, e Floresta Densa de Planície Aluvial, conhecida também por Floresta de Várzea.

O trabalho foi desenvolvido em uma das comunidades existentes na região da Resex Cajari, correspondente a uma área de Floresta de Terra Firme (Alto Cajari).



FIGURA 1: Localização da Resex Cajari no Estado do Amapá (FUNI, 2009).

FIGURE 1: Location Resex Cajari in State of Amapá (FUNI, 2009).

Coleta dos dados

O trabalho seguiu a metodologia de coleta de dados padronizada para as atividades da rede de pesquisas em produtos florestais não-madeireiros (PFNMs) na Amazônia.

Inventário da Estrutura Arbórea

Para o levantamento dos dados estruturais da espécie estudada, foi implantada uma grade de 300 x 300 m (9 ha) de forma permanente. A grade foi dividida em transectos paralelos e equidistantes em 50 m, sendo distribuídas sistematicamente 48 parcelas de 250 m² (10 x 25m), distando 25 m entre si (Figura 2).

Em cada parcela os indivíduos arbóreos vivos da espécie *Protium pallidum* Cuatrec. que apresentaram CAP (circunferência a altura do peito medido a 1,30m do solo \geq 10 cm, foram mensurados e receberam placas devidamente rotuladas com numeração progressiva. Entretanto, para as árvores que apresentaram ramificação, foi anotado apenas o maior valor de CAP. Para mensurar os indivíduos foi utilizada a trena de bolso.

Quanto à identificação taxonômica da espécie *Protium pallidum* Cuatrec., realizou-se um reconhecimento prévio em campo com ajuda de parataxônomos experientes. Em seguida todo material identificado foi descrito conforme o sistema de classificação Angiosperm Phylogeny Group versão III (APG, 2009). Para conferência da grafia e sinonímia dos *taxa* foi consultado o banco de dados do Missouri Botanical Garden - MOBOT.

Análise dos dados

Estrutura da população

Segundo Paiva (2009) a estrutura de uma espécie florestal pode ser caracterizada tanto em estrutura horizontal (distribuição espacial, distribuição diamétrica e área basal), quanto em estrutura vertical (altura, estratificação e características do dossel). Nesse estudo foram consideradas apenas as variáveis de estrutura horizontal, sendo avaliados os seguintes parâmetros: NI (Número de Indivíduos); D (Densidade); Distribuição Diamétrica e Distribuição Espacial.

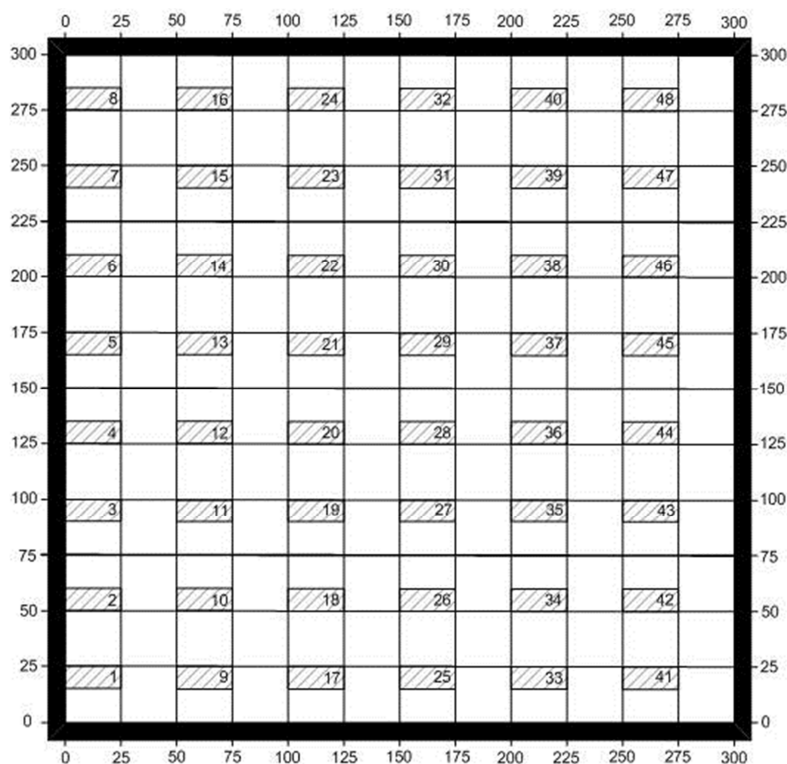


FIGURA 2: Disposição das parcelas na grade em uma área de Terra firme na RESEX Cajari, Amapá.
 FIGURE 2: Allocation of parcels in the grid in an upland area in Resex Cajari, Amapá.

Distribuição Diamétrica

Conforme Queiroz (2004) a estrutura diamétrica das árvores informa sobre o agrupamento das mesmas em classes de diâmetro, podendo as classes variar de acordo com o objetivo do estudo ou da conveniência do pesquisador. Neste estudo, o número de classes e a amplitude foram calculados de acordo com a metodologia descrita por Higuchi et al. (2008).

Distribuição Espacial

Para determinar o padrão de distribuição espacial da espécie *Protium pallidum* Cuatrec. (CAP \geq 10) dentro das parcelas, aplicou-se o Índice de Morisita (IM), que utiliza unidades de amostra (quadras), e é pouco influenciado pelo tamanho da unidade amostral, apresentando excelentes qualidades de detecção (NASCIMENTO et al., 2001). A significância estatística calculada para IM foi constatada por meio do valor X^2 (Qui-quadrado), para graus de liberdade (n-1=47, onde n é o número total de parcelas) e um nível de significância igual a 0,05.

Silva et al. (2004) afirma que o conhecimento dos padrões de distribuição espacial das árvores no povoamento é importante e parte-se do princípio de que as árvores, na natureza, respondem a algum tipo de distribuição que se enquadra como aleatório (ao acaso), regular (uniforme) ou agregado (contagiosa).

A tabulação e o processamento dos dados, desenhos e gráficos foram realizados, respectivamente, por meio dos programas MS Excel 2007, MS Visio 2003 e BioEstat 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização estrutural e distribuição diamétrica

Foram amostrados 32 indivíduos vivos de *Protium pallidum* Cuatrec. com CAP \geq 10 cm gerando 6 classes com 3cm de amplitude, os quais ocorreram somente em 23 das 48 parcelas distribuídas na grade. A densidade foi de 26,6 ind.ha⁻¹, o que pode ser explicado em decorrência da morfologia especializada desta espécie que possui grande habilidade competitiva (COSTA, 2006). Além disso, devido à alta densidade, o manejo dessa espécie para fins comerciais seria viável economicamente, podendo ser trabalhada isoladamente ou em conjunto com outras espécies.

A distribuição diamétrica da população amostrada apresentou forma de “J” invertido. A maior parte dos indivíduos se concentrou nas menores classes diamétricas, diminuindo progressivamente até atingir menor proporção nas maiores classes (Figura 3), evidenciando o padrão típico para florestas maduras, em estado de regeneração natural (BLANC et al., 2000).

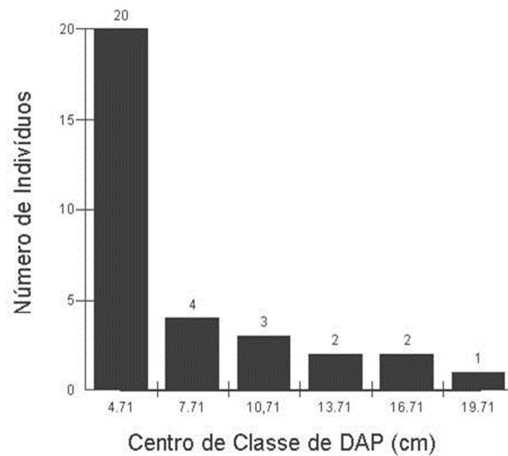


FIGURA 3: Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Protium pallidum* Cuatrec. inventariados na RESEX Cajari, Amapá, Brasil.

FIGURE 3: Diametric distribution of individuals of *Protium pallidum* Cuatrec. inventoried in RESEX Cajari, Amapá, Brazil.

Em um estudo realizado por Costa (2006) sobre a dinâmica populacional de *Protium pallidum* Cuatrec. em uma floresta tropical de terra firme no Pará, durante todo o período de observação, a distribuição diamétrica da espécie se apresentou na forma exponencial decrescente ou “J” invertido na área estudada, o que confirma o resultado obtido neste estudo.

Para Lamprecht (1962) uma distribuição regular (maior número de indivíduos nas classes inferiores) é a maior garantia para a existência e sobrevivência das espécies, e ao contrário, quando ocorre uma estrutura diamétrica irregular, as espécies tenderão a desaparecer com o tempo.

Distribuição espacial

Neste estudo, o índice de dispersão de Morisita para o Breu Branco foi de $I_d = 1,25$, onde o valor do Qui-quadrado ($X_c^2 = 55$) foi menor que o valor tabelado ($X_t^2 = 64,001$), denotando uma distribuição aleatória (Figura 4). Benício et al. (2010) afirma que neste tipo de distribuição os indivíduos são dispersos ao acaso e o ambiente é considerado homogêneo.

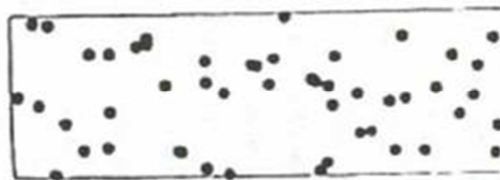


FIGURA 4: Representação do modelo de distribuição Aleatória (BRAZ et al., 2003).

FIGURE 4: Schematic representation of aleatory distribution model (BRAZ et al., 2003).

Carvalho (2002) afirma que essa homogeneidade ambiental dentro de cada área; muita predação de sementes, plântulas e mudas e alta mortalidade da regeneração natural devido às condições edafoclimáticas e aos mecanismos de dispersão são os principais responsáveis pelo padrão de distribuição espacial aleatória das espécies.

Quanto à exploração florestal da espécie estudada, este resultado exigirá um plano de manejo mais cauteloso para tentar reduzir os custos gerados na execução de atividades de corte e extração, uma vez que aumentará a quantidade de ramais a serem construídos. Sob o ponto de vista ecológico, por se tratar de uma distribuição aleatória, esse resultado favorece a disseminação da espécie havendo, portanto, a manutenção de sua sustentabilidade ecológica.

Para Kanieski et al. (2009), a distribuição espacial da espécie dentro da comunidade é característica importante para o planejamento de medidas de manejo e conservação de formações florestais. Anjos et al. (2004) ratificam ainda que o conhecimento acerca do padrão de distribuição espacial pode fornecer informações sobre a ecologia, subsidiar a definição de estratégias de manejo e/ou conservação, auxiliar nos processos de amostragem ou simplesmente esclarecer a estrutura espacial de uma espécie.

CONCLUSÕES

Dos 32 indivíduos vivos de *Protium pallidum* Cuatrec. amostrados, a densidade gerada foi de 26,6 ind.ha⁻¹, sendo considerada alta, o que pode ser explicado em decorrência da espécie ser

extremamente competitiva.

A população apresentou distribuição das classes de diâmetro tendendo ao “J” invertido, onde a maior parte dos indivíduos se concentrou nas menores classes diamétricas, evidenciando o padrão típico para florestas maduras, em estado de equilíbrio.

Em relação à distribuição espacial, o índice de dispersão de Morisita para o Breu Branco apresentou um padrão de distribuição aleatório, denotando que um plano de manejo sustentável para a espécie deve ser realizado de maneira mais cautelosa diminuindo os custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, A; MAZZA, M. C. M; SANTOS, A. C. M. C; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da araucária (*Araucaria angustifolia*) em algumas áreas do estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Revista Scientia Forestalis**, n.66, p.38-45, 2004.

BENÍCIO, M. H. M.; PIRES, G. G.; SANTOS, M. de C. N.; COSTA, M. do P.; MENDES, C. B. de FONTES, L.; M. A. L.. Estudo da distribuição espacial de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish em três setores florestais, sob diferentes pressões ambientais, em Lavras, sul de Minas Gerais. In: XIX Congresso de pós-graduação da UFLA, 2010, São Paulo. **Anais...** Universidade Federal de Lavras: Lavras.

BLANC, L.; MAURY-LECHON, G.; PASCAL, J. P. Structure, floristic composition and natural regeneration in the forests of Cat Tien National Park, Vietnam: an analysis of the successional trends. **Journal of Biogeography**, v. 27, p. 141-157, 2000.

BRAZ, S. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C.E; FONSECA, D. M. da; BARBOSA, R. A. Caracterização da Distribuição Espacial das Fezes por Bovinos em uma Pastagem de *Brachiaria decumbens*. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.4, p.787-794, 2003.

CARVALHO, J. O. P. Changes in the spatial distribution of tree species in a terra firme rain Forest in brazilian amazônica after logging. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 37, p.53-70, 2002.

COSTA, S. C. C. da. **Dinâmica populacional de *Protium pallidum* Cuatrec. (Breu Branco) em uma floresta tropical de terra-firme explorada seletivamente no estado do Pará, Brasil.** 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Botânica, área de concentração em Botânica Tropical) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

DALY, D. C. **A taxonomic revision of *Protium* (Burseraceae) in eastern Amazonia and the Guianas.** Ph.D dissertation. City University of New York. 1987. 469 pp.

FUNI, C. **Padrões espaciais e temporais do desmatamento na Reserva Extrativista do Rio Cajari, Amapá, Brasil.** 2009. 222 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Macapá.

GOMES, H. S. R. **Estrutura populacional e produção de andiroba em terra firme e várzea no sul do Amapá.** 2010. 72f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Macapá.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N. **Biometria Florestal.** INPA, Manaus-AM, 2008. 14 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ. 1998. **Zoneamento Ecológico Econômico.** Relatório. Macapá. Relatório. (Mimeo).

KANIESKI, M. R.; ARAUJO, A. C. B.; GRACIOLI, C. R.; SOARES, P. R. C.; CALLEGARO, R. M.; LONGHI, S. J. Padrão de distribuição da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. **AUGM Ambiente 2009.** Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A1-019.pdf>>. Acesso em: 29 de set. de 2011.

LAMPRECHT, H. Ensayo sobre unos metodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. **Acta Científica Venezolana**, v. 13(2), 57-65 p. 1962.

MMA. **Altasdas unidades de conservação do estado do Amapá.** Macapá: MMA/IBAMA-AP, GEA/SEMA. 2008.

NASCIMENTO, A. R. T; LONGHI, S. J; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de floresta ombrófila mista em Nova prata, RS. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v.11, n.1, 2001.

OLIVEIRA, A. A. **Diversidade, estrutura e dinâmica do componente arbóreo de uma floresta de terra firme de Manaus – Amazonas.** 1997. 187 f. Tese de doutorado - Universidade de São Paulo, São

Paulo.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. 2004. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica** 34(1): 21-34.

PAIVA, P. M. V. de. **A Coleta intensiva e a agricultura itinerante são ameaças para os castanhais da Reserva Extrativista do Rio Cajari?** 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Macapá.

PELL, M. C. ; FLNLAYSON, B. L.; MCMAHONT, T. A. Updated world map of the Koeppen-Geiger climate classification. **Hidrology Earth System Science**, v.11, 1633- 644, 2007.

PEREIRA, L.A.; PINTO SOBRINHO, F. de A.; COSTA NETO, S.V. da. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Rio Iratapuru, Amapá, Amazônia oriental, Brasil. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 1, p. 113-122, jan./mar. 2011.

QUEIROZ, J. A. L. de. **Fitossociologia e distribuição diamétrica em floresta de várzea do estuário do rio Amazonas no estado do Amapá.** 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, K. E. da. **Florística e estrutura espacial: 15 hectares de parcelas permanentes na floresta densa de terra firme na Amazônia central.** 2010. 89 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, D. R. de; SOUZA, A. L. de; LEITE, H. G.; YARED, J. A. G. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia oriental. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.75-87, 2006.

RELAÇÃO DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA DAS ESPÉCIES ACAPÚ (*Vouacapoua americana* Aublet) E BREU-BRANCO (*Protium pallidum* Cuatrec) COM DIFERENTES ALTURAS COMERCIAIS

RELATIONSHIP FOR THE DIAMETER STRUCTURE OF SPECIES BREU WHITE (*Vouacapoua americana* Aublet) AND ACAPÚ (*Protium pallidum* Cuatrec) WITH DIFFERENT COMMERCIAL HEIGHT

Erick Silva dos Santos¹; Perseu da Silva Aparício²; Wegliane Campelo da Silva Aparício³; Eleneide Doff Sota⁴; Marcelino Carneiro Guedes⁵; Lana Patrícia dos Santos Oliveira⁶

RESUMO

As florestas tropicais são caracterizadas pela riqueza florística e intensidade de interações, no qual a ecologia florestal tem tentado elucidar como tantas espécies são capazes de aparentemente coexistir no mesmo ambiente. Nesse contexto, percebe-se que no estado do Amapá cada vez mais aumenta o número de espécies em associação a outras, como o caso das lianas, todavia os estudos nesta linha são insuficientes para explicar essas correlações. Dentre as diversas espécies destacam-se o Bréu-branco (*Protium pallidum* Cuatrec) e o Acapú (*Vouacapoua americana* Aublet). Para explicar a relação entre duas ou mais variáveis, ou seja, se a alteração em uma variável influi nas outras, utilizam-se diversos tipos de correlações. Não obstante, a correlação simples, a partir do método de Pearson um dos mais utilizados. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi analisar a correlação entre a estrutura diamétrica e os atributos da vegetação das espécies *Protium pallidum* Cuatrec e *Vouacapoua americana* Aublet no entorno da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA-AP). Para obtenção dos resultados foi utilizada amostragem aleatória com parcelas em conglomerado, onde foram inventariados todos os indivíduos das duas espécies nas parcelas conforme os níveis de inclusão definidos para cada espécie. Associaram-se os diâmetros das espécies com as alturas nas interações com cipó (presença e ausência) e qualidade do fuste. A partir dos resultados, observou-se que a *Vouacapoua americana* Aublet obteve a mais significativa associação dos seus diâmetros com as alturas na qualidade de fuste 1 na classe 5 (5 indivíduos) com a presença de cipó (0.897) (correlação forte), enquanto que sem a presença de cipó os mesmos correlacionaram-se de forma negativa (-0.139). Em contrapartida, os de *Protium pallidum* Cuatrec correlacionaram-se melhor na qualidade de fuste 1 com a presença de cipó, a associação dos diâmetros com as alturas comerciais obtiveram melhor nível de correlação nas classes 1 (0.691) (28 indivíduos) e 4 (-0.532) (48 indivíduos), respectivamente e seus piores níveis nas classes 5 (0.58) com 6 indivíduos e 6 (-0.151) com 3 indivíduos. Assim, conclui-se os diâmetros das duas espécies *Vouacapoua americana* Aublet demonstraram qualidade boa de fuste com tronco reto e cilindro de excelente aproveitamento comercial. Em suma, ainda se fazem necessários estudos mais pontuais sobre a relação entre as variáveis e os atributos para melhor entendimento e exploração destas espécies.

Palavras-chave: estrutura diamétrica; florestas tropicais

ABSTRACT

Tropical forests are characterized by richness and intensity of interactions in which the forest ecology has attempted to explain how so many species are apparently able to coexist in the same environment. In this

¹ Engenheiro Florestal, Universidade do Estado do Amapá, Av. Presidente Getúlio Vargas, 650, Macapá (AP). ericks_santos@hotmail.com

² Engenheiro Florestal, Msc, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). perseu_aparicio@yahoo.com.br

³ Engenheira Florestal, Dra., Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amapá. 1ª. Avenida da universidade, 1523, CEP: 68900-000, Macapá (AP). wellaparicio@unifap.br

⁴ Engenheira Florestal, Dra., Pesquisador (a) da Embrapa/AP, Professora do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. Rodovia JK quilômetro 5, CEP: 68900-000, Macapá (AP).

⁵ Engenheiro (a) Florestal, Dr. (a), Pesquisador (a) da Embrapa/AP, Professor do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. Rodovia JK quilômetro 5, CEP: 68900-000, Macapá (AP). mcguedes@cpafap.embrapa.br; esotta@cpafap.embrapa.br

⁶ Bióloga, Msc, Gerente do Núcleo de Serviços Ambientais, Instituto Estadual de Florestas – IEF/AP. Avenida Procópio Rola, 90, CEP: 68900-000, Macapá (AP). lana_p_oliveira@hotmail.com

context, it is clear that the state of Amapá increasing the number of species increases in association with others, as the case of lianas, however in line studies are insufficient to explain these correlations. Among the various species stands out Breu-white (*Protium pallidum* Cuatrec) and Acapu (*Vouacapoua americana* Aublet). To explain the relationship between two or more variables, namely, that the change in one variable influences the other, we use various types of correlations. Nevertheless, the simple correlation from the Pearson method most widely used. In this sense, the objective of analyzing the correlation between the diameter structure and attributes of the vegetation species *Protium pallidum* Cuatrec and *Vouacapoua Americana* Aublet surrounding the Amapá State Forest (FLOTA-AP). To obtain results of random sampling was used with plots in the conglomerate, which were inventoried all individuals of both species in the plots as inclusion levels defined for each species. Joined the diameters of these species with the highest vines in interactions with (and without) and quality of the stem. From the results, it is observed that the *Vouacapoua Americana* Aublet obtained the most significant association of its diameter with heights as a trunk in class 5 (5 subjects) with the presence of vine (0.897) (strong correlation), while that without the presence of the same vine correlated negatively (-0.139). In contrast, the *Protium pallidum* Cuatrec correlated better in bole quality with the presence of a vine, the association of height with diameter business had better correlation level in a class (0.691) (28 subjects) and 4 (-0.532) (48 subjects), respectively, and their worst levels in five classes (0.58) with six individuals and six (-0.151) with three individuals. In conclusion, the diameters of the two species *Vouacapoua Americana* Aublet demonstrated good quality of trees, with straight trunk and good cylinder for commercial use. In sum, although more studies are needed on the relationship between specific variables and attributes for better understanding and exploitation of these species.

Keywords: diameter structure; tropical forests.

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são caracterizadas por um nível elevado de biodiversidade. No entanto, é caracterizada por variações na composição florística, distribuição espacial e estrutura das espécies, demonstrando um número enorme de interações distintas (TUOMISTO et al., 2003).

A formação das florestas tropicais, notadamente, é caracterizada por sua riqueza florística, no qual a ecologia florestal tem tentado elucidar como tantas espécies são capazes de aparentemente coexistir no mesmo ambiente (SILVA et al., 2004). Essa coexistência suscita a pergunta: como diversas espécies sobrevivem mesmo sendo “atacadas”, principalmente, pelas lianas?

A associação de lianas com espécies florestais é freqüente. No estado do Amapá percebe-se que cada vez mais aumenta o número de espécies convivendo com os cipós, seja benéfica ou maleficamente. Dentre as diversas espécies destaca-se o Bréu-branco (*Protium pallidum* Cuatrec) e o acapú (*Vouacapoua americana* Aublet) pela importância que representa para o estado.

O *Protium pallidum* Cuatrec pertence à família Burseraceae, sendo uma árvore nativa da Floresta Amazônica. São caracterizadas por exsudar resinas, que se encontram armazenadas em dutos ou cavidades. As burseráceas têm traços de látex branco resinoso tanto em seus ramos, como dispersos em forma de gotículas em talhos feitos na casca. Ferimentos nos troncos são caracterizados pelo esbranquiçamento, devido a rápida secagem da resina aromática (SIANI et al., 2004).

O gênero *Protium* Burm. f. contém aproximadamente 145 espécies de árvores tropicais, porém com nove limitadas ao Neotrópico. Como todas as Burseraceae, este gênero é caracterizado por todos os exemplos de folhas compostas, alternadas e imparipinadas com 1-9 ou mais pares de folíolos opostos (DALY, 1991). O *Protium pallidum* Cuatrec se distingue entre todas as espécies do gênero por causa da presença habitual (até mesmo em rebentos) de sáporomas e raízes de suporte e por causa da brancura do lado inferior dos folíolos, daí seu nome (DALY, 1987).

Dendrológicamente, a espécie apresenta como características principais: Árvores geralmente de grande porte (10 a 31 metros de altura), máximo DAP registrado de 55 cm, apresentando tronco cilíndrico e sáporomas, casca externa lisa, marrom a cinza, casca interna alaranjada, brilhosa, estriada, quando ferida exsuda uma resina clara, pegajosa, que ao secar fica branca e pulverulenta; Folhas jugadas (aos pares); Inflorescência subterminal; Flores pentâmeras; Fruto de cor verde quando maduro, geralmente ovóide e levemente comprimido dorso-ventralmente (DALY, 1987).

Embora representado por um número apreciável de espécimes nos herbários, *P. pallidum* é conhecido em poucos locais de coleção. Baseado nos dados de distribuição disponíveis, a espécie ocorre desde a Guiana Francesa central até o Amapá (porém interrompido pelas savanas do Amapá central) e norte do Pará até o oeste do Maranhão, com populações disjuntas na região ao redor de Manaus no Amazonas (DALY, 1987).

A espécie apresenta uma resina macia, de odor natural agradável e fresco, tem vários usos na cultura local, principalmente como defumador e incenso em rituais religiosos.

O mercado internacional é muito receptivo a este tipo de resina, por exemplo, como fonte fixadora de tintas artísticas, cosméticos, perfumes uma propriedade devido à riqueza de triterpenos nas

resinas do *Protium spp.* (RAMOS et al., 2004).

A *Vouacapoua americana* Aublet pertence a família Fabaceae, a qual compreende 650 gêneros e 18.000 espécies incluindo, dentro deste número, algumas das espécies economicamente importantes do mundo. *Vouacapoua* pertence à subfamília Caesalpinioideae, abundante na América do Sul, África Tropical e Sudeste Asiático (POLHILL e RAVEN, 1981).

A espécie possui uma madeira de primeira qualidade. Seu local de ocorrência vai desde a floresta amazônica, passando pelo Amazonas, Maranhão, Amapá, Pará, Acre. Seu lenho é de cor pardo escuro virando para o preto, duro, apropriado para assoalhos, portas, vigamento, escadas, esquadrias, caibros, vagões, dormentes, estacas, tanoaria, construção civil em geral, obras hidráulicas, etc. Por ser madeira de lei, resiste muito tempo, sendo impudrescível. É uma das mais resistentes madeiras da Amazônia (GONZAGA, 2006).

Apresenta as seguintes características: alburno bege-claro, bem diferenciado; anéis de crescimento pouco distintos, demarcados pelo tecido fibroso mais escuro e/ou pelo parênquima marginal; possui brilho moderado; seu cheiro é adocicado e pouco acentuado; gosto distinto; grã direita; o peso de sua madeira é pesada dura ao corte, trabalhabilidade razoável; sua textura é mediana; sua contração por secagem é boa; compressão axial com limite de resistência alta; coeficiente de qualidade alto (um dos mais altos do país); tração normal às fibras bom; dureza janka alta; cisalhamento médio; choque, trabalho absorvido, médio; flexão estática, limite de resistência, alto e fendilhamento médio (GONZAGA, 2006).

É considerada como uma das belas madeiras brasileiras, seu aspecto lembra a sucupira, não obstante é da cor mais escura, quase negra, às vezes algo marrom. Excelente para peças decorativas.

Estas espécies são consideradas de alto potencial econômico, entretanto pouco são os estudos que envolvam análises estruturais da população da mesma ou que retratem suas relações ecológicas.

Em busca de respostas de como ocorrem essas relações, estudos baseados em métodos distintos, têm sido desenvolvidos na tentativa de explicar a existência correlativa entre várias características bióticas e abióticas. E um dos métodos mais utilizados na avaliação da relação de diferentes variáveis é a correlação simples utilizando o método de Pearson.

Em pesquisas, freqüentemente, procura-se verificar se existe relação entre duas ou mais variáveis, isto é, saber se as alterações sofridas por uma das variáveis são acompanhadas por alterações nas outras. Por exemplo, diâmetro vs. idade, diâmetro vs. cipó, diâmetro vs. altura, de uma população vegetal. Tais relações são, então, denominadas de correlações simples.

O termo correlação significa relação em dois sentidos (co + relação), e é usado em estatística para designar a força que mantém unido dois conjuntos de valores. A verificação da existência e do grau de relação entre as variáveis é o objeto de estudo da correlação.

Dessa forma, pode-se afirmar que o uso da análise de correlações simples é um método que permite reduzir as dimensões e facilitar a compreensão das associações relevantes em um grupo complexo de variáveis (BRUN, 2009).

Neste sentido o objetivo do presente trabalho foi analisar a correlação entre a estrutura diamétrica das espécies *Protium pallidum* Cuatrec e *Vouacapoua americana* Aublet e as alturas comerciais, quanto a presença de cipós e qualidade do fuste na Floresta Estadual do Amapá.

MATERIAS E MÉTODOS

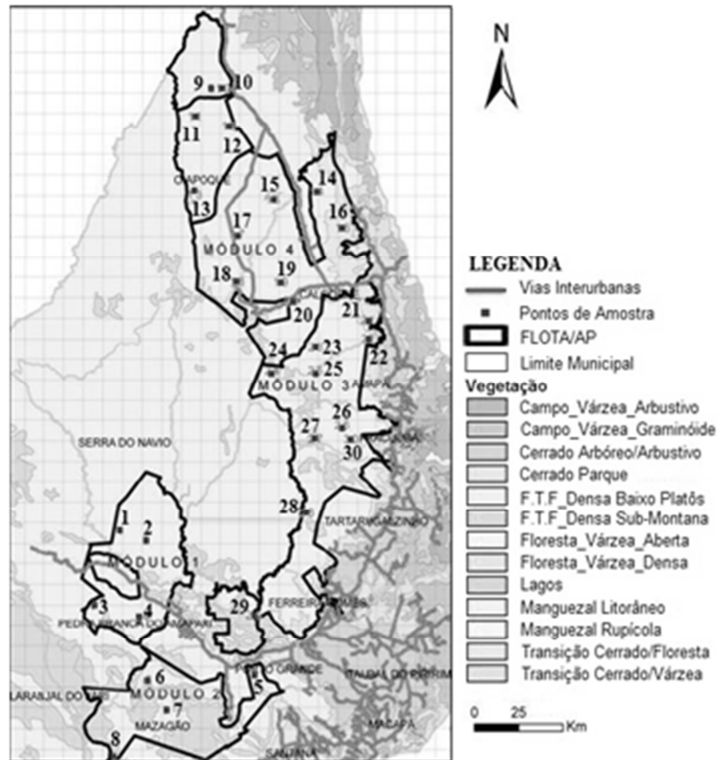
Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), que está localizada na parte central do estado Amapá abrangendo 10 municípios e possui uma área de 2.369.400,00 ha, dividida em quatro módulos. O estado do Amapá está localizado no extremo norte do Brasil e faz fronteira com a Guiana Francesa e é banhado pelo oceano Atlântico. O trabalho foi realizado no município de Porto Grande, precisamente no módulo 2 (Figura 1).

A vegetação da área é classificada como Floresta de Terra Firma Densa de Baixos Platôs (FTDBP), Floresta de Terra Firme Densa Submontana (FTFDSm) e Transição Cerrado Floresta (TCF).

O clima da região é determinado de acordo com a classificação de Köppen, quente-úmido, do tipo Af, ocorrendo chuvas em todas as estações do ano. O período de julho a novembro registra os menores índices de chuva, sendo os meses de setembro, outubro e novembro os mais secos (SUDAM, 1984).

A identificação taxonômica da espécie foi realizada com um levantamento prévio em campo por especialistas e os nomes botânicos foram conferidos com na página da WEB do Missouri Botanical Garden <http://mobot.bobot.org/WT3/Search/vas.html>, segundo o sistema APG II (2003).



Fonte: PAOF (2010)

FIGURA 1: Localização da Floresta Estadual do Amapá com seus limites e tipologias florestais características.

FIGURE 1: Location of the Amapá State Forest with its limits and characteristics of forest types.

Sistema de amostragem

O trabalho foi realizado mediante dados de inventário florestal desenvolvido pelo IEF (Instituto Estadual de Floresta) no período de agosto e setembro de 2009, utilizando o processo de amostragem aleatório com parcelas em conglomerados. Para tanto foram alocados 30 conglomerados Unidades Primárias (UP), subdivididos em cinco subunidades conglomeradas (Unidade Secundária- US), dispostas na forma de cruz. Por outro lado, as US's foram subdivididas em Unidades Terciárias (UT) de forma retangular, equidistante 50m do ponto central, a partir do uso de imagens de satélite, de acordo com a Figura 2.

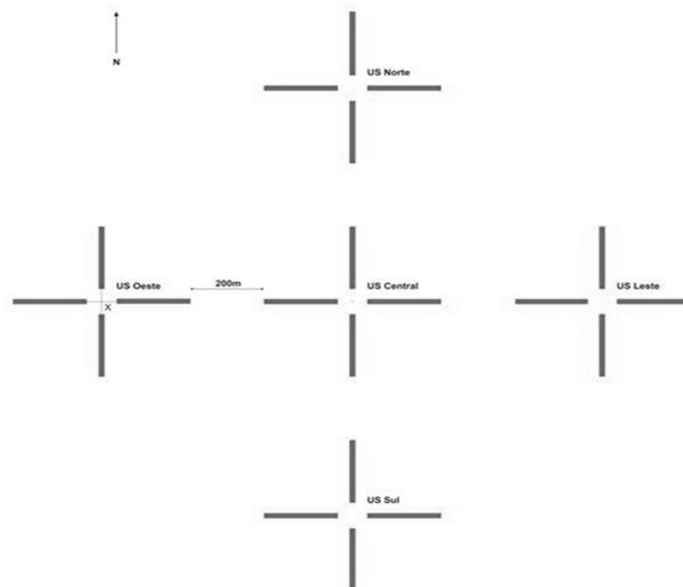


FIGURA 2: Unidade Primária (UP) com distribuição espacial das Unidades Secundárias (US) e Unidades Terciárias (UT) do inventário florestal realizado pelo IEF/AP na FLOTA/AP.

FIGURE 2: Primary Unit (UP) with the spatial distribution of Secondary Units (US) and Tertiary Unit (UT) of forest inventory realized by IEF/AP of FLOTA/AP.

Foram inventariados todos os indivíduos das espécies *Protium pallidum* Cuatrec e *Vouacapoua americana* Aublet dentro das diferentes áreas amostrais nos distintos níveis de inclusão a seguir: para as parcelas de 10 x 10 m, foram medidos todos os indivíduos com $10 \leq \text{DAP} < 20$ cm (Nível 1); para as parcelas de 20 x 100 m, foram medidos todos os indivíduos com $20 \leq \text{DAP} < 40$ cm (Nível 2); e para as parcelas de 20 x 100 m, foram medidos todos os indivíduos com $\text{DAP} \geq 40$ cm (Nível 3).

Correlação simples

Para análise da correlação simples das espécies, foram estabelecidos dois padrões distintos de classes diamétricas, sendo um padrão para cada espécie. Para a *Vouacapoua americana* Aublet estabeleceu-se 7 classes de diâmetro com uma amplitude 10 cm de DAP, sendo que: classe 1 contemplou indivíduos $5 \leq \text{DAP} < 15$ cm; classe 2, com indivíduos $15 \leq \text{DAP} < 25$ cm; classe 3, indivíduos com $25 \leq \text{DAP} < 35$ cm; classe 4, com indivíduos $35 \leq \text{DAP} < 45$ cm; classe 5, com indivíduos $45 \leq \text{DAP} < 55$ cm; classe 6, com indivíduos $55 \leq \text{DAP} < 65$ cm e classe 7, com indivíduos ≥ 65 cm.

Para a espécie *Protium pallidum* Cuatrec estabeleceu-se 6 classes de diâmetro com uma amplitude 10 cm de DAP, sendo que: classe 1 contemplou indivíduos $0 \leq \text{DAP} < 10$ cm; classe 2, com indivíduos $10 \leq \text{DAP} < 20$ cm; classe 3, indivíduos com $20 \leq \text{DAP} < 30$ cm; classe 4, com indivíduos $30 \leq \text{DAP} < 40$ cm; classe 5, com indivíduos $40 \leq \text{DAP} < 50$ cm; classe 6, com indivíduos ≥ 50 cm.

Para as análises da correlação simples utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson, na qual se associaram os diâmetros das referidas espécies com as alturas comerciais. Essas correlações foram realizadas com as seguintes interações: Presença de Cipó (PC) e Qualidade de Fuste (QF).

A qualidade do fuste foi avaliados sob três tipos: a qualidade 1 são árvores com tronco reto e cilíndrico, sem nós e com excelente aproveitamento comercial; a qualidade 2 são árvores com tronco reto e levemente tortuoso, sem mais defeitos aparentes e com bom aproveitamento comercial; já a qualidade 3 são árvores com tronco com tortuosidade acentuada, com sinais de defeitos internos, presença de galhos e sem aproveitamento comercial.

O coeficiente de correlação de Pearson é um número puro que varia de -1 a $+1$ e sua interpretação dependerá do valor numérico e do sinal, de acordo com a Tabela 1.

TABELA 1: Coeficiente de Pearson e suas interpretações.

TABLE 1: Personcoefficient and their interpretations.

Números de Pearson	Interpretação
$r_{xy} = -1$	Correlação perfeita negativa
$-1 < r_{xy} < 0$	Correlação negativa
$r_{xy} = 0$	Correlação nula
$1 < r_{xy} < 1$	Correlação positiva
$r_{xy} = 1$	Correlação perfeita positiva
$0,2 < r_{xy} < 0,4$	Correlação fraca*
$0,4 < r_{xy} < 0,7$	Correlação moderada*
$0,7 < r_{xy} < 0,9$	Correlação forte*

*possui o mesmo significado para os casos negativos ou positivos.

Todas as análises foram realizadas com auxílio do software SYSTAT 10 e Microsoft Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontrados 199 indivíduos de *Vouacapoua americana* Aublet e 393 indivíduos de *Protium pallidum* Cuatrec, sendo que os menores diâmetros foram 2,38 e 3,81 cm e os maiores 95,49 e 101,85 cm, respectivamente.

A Tabela 2 apresenta as correlações simples realizadas em comparação aos diâmetros dos indivíduos da espécie *Vouacapoua americana* Aublet com suas alturas comerciais nas interações com cipó e qualidade de fuste.

Na análise da correlação simples dos diâmetros de *Vouacapoua americana* Aublet com as alturas comerciais nas qualidades de fuste, observa-se que a mais significativa associação se deu na qualidade de fuste 1 na classe 5 (5 indivíduos) com a presença de cipó (0.897) (correlação forte), enquanto que sem a presença de cipó os mesmos correlacionaram-se de forma negativa (-0.139). A menor relação ocorreu na classe 1 (4 indivíduos) (-0.015) com a presença de cipó na qualidade de fuste 2, cuja correlação foi quase nula.

Na qualidade de fuste 1 com a presença de cipó os diâmetros associaram-se as alturas comerciais positivamente nas classes 2 (4 indivíduos), 4 (9 indivíduos), 5 (5 indivíduos) e 7 (9 indivíduos), sendo que apresentaram correlações forte, moderada, forte e moderada, respectivamente. Na classe 1 não houve indivíduos. Já para os sem a presença de cipó as mais significativas correlações se

deram nas classes 7 (12 indivíduos), 1 (8 indivíduos) e 6 (15 indivíduos), sendo todas do tipo moderadas. Na classe 4 (21 indivíduos) houve uma correlação quase nula.

TABELA 2: Correlação simples com índice de Pearson dos diâmetros dos indivíduos da espécie *Vouacapoua americana* Aublet com as alturas comerciais com seguintes interações: Presença (P) e Ausência (S) de Cipó (C) nas 7 classes.

TABLE 2: Simple correlation index of Pearson diameters of individuals of the species *Vouacapoua americana* Aublet commercial heights with the following interactions: Presence (P) and absence (O) Liana (C) in 7 classes.

CD	QF1		QF2		QF3	
	Hc	Hc	Hc	Hc	Hc	Hc
	PC	SC	PC	SC	PC	SC
1	-	0.516	-0.015	0.803	-	-
2	0.755	-0.171	0.392	0.344	-	-
3	0.108	0.200	-0.162	0.704	-	-
4	-0.705	-0.029	0.793	-0.892	-	-
5	0.897	-0.139	-	-1.000	-	-
6	-0.071	0.430	-0.420	-	-	-
7	-0.542	0.553	-	-	-	-

Dessa forma, observa-se que na qualidade de fuste 1 as associações entre os diâmetros e as alturas comerciais com a presença de cipós foram positivas, significando que esta relação não prejudica o desenvolvimento dos indivíduos jovens e adultos. Sendo assim, Pode-se dizer que os 151 indivíduos de *Vouacapoua americana* Aublet nas 7 classes, com a presença de cipó, demonstraram uma qualidade boa de fuste a partir do seu desenvolvimento, com tronco reto e cilindro de excelente aproveitamento comercial.

De acordo Mattos et al. (2003) a altura do fuste livre de galhos e bifurcações, bem como a forma do tronco, são fatores que determinam o valor das árvores, haja vista que suas presenças degradam as características das madeiras, reduzindo seu aproveitamento.

Para a qualidade de fuste 2 com os indivíduos na presença de cipós a classe 4 (3 indivíduos) apresentou o melhor nível de associação (0.793) com correlação forte. Contudo, as classes 1 (4 indivíduos) e 3 (4 indivíduos) obtiveram as piores correlações: nula e negativa, respectivamente. Já sem a presença de cipó, a correlação dos diâmetros com as alturas comerciais foram majoritariamente positivas, com destaque para as classes 4 (4 indivíduos) e 1 (5 indivíduos), uma vez que foram fortemente associados. As classes 5 (2 indivíduos), 6 (1 indivíduo) e 7 (1 indivíduo) não apresentaram indivíduos suficientes para as análises de correlação.

Percebe-se, então que na qualidade de fuste 2, os diâmetros de *Vouacapoua americana* Aublet melhor se correlacionaram com as alturas comerciais sem a presença de cipó. Tal fato implica dizer que a presença de cipó funciona, em algumas classes diamétricas, como um limitante para a associação dos diâmetros com as alturas comerciais desta espécie.

Na qualidade de fuste 3, com ou sem presença de cipó não houve indivíduos suficientes para realização das análises de correlação simples.

A determinação da correlação do cipó com as espécies florestais é importante uma vez que, Putz (1984) constatou que as lianas diminuem o crescimento em altura das árvores jovens em desenvolvimento. Entretanto, além de experimentalmente ainda muito pouco embasada, esta idéia pode decorrer do fato de que fica mais evidente a presença de cipós em áreas perturbadas do que em florestas fechadas, onde a maior parte de sua biomassa está sobre o dossel e pouco visível. Em florestas fechadas elas também são abundantes e com alta diversidade de estratégias regenerativas.

Janzen (1980) discute hipóteses que explicam o sucesso deste mecanismo de propagação vegetativa em regiões tropicais. Segundo o autor, a ocorrência de clima quente ao longo do ano todo, como o caso da Amazônia, permite a utilização pelo broto novo dos mesmos recursos disponíveis para a planta mãe, ao invés de ficar restrito às reservas da semente. Além disso, a subdivisão pode ser favorável em ambientes com recursos altamente heterogêneos como são as florestas tropicais.

Além da influência na dinâmica de regeneração natural das florestas, os efeitos das lianas sobre árvores individuais podem ser sentidos pelas suas taxas de crescimento e mortalidade. As lianas competem com as árvores por luz e espaço por água e nutrientes, por espaço para desenvolvimento de folhagem, além de causarem injúrias mecânicas pelo seu peso sobre as copas e efeitos no torque provocado por ventos (PUTZ et al., 1984). Logo, os efeitos esperados geralmente são negativos e de fato devem ser considerados no caso de florestas de produção de madeira.

A Tabela 3 apresenta as correlações simples para comparação dos diâmetros dos indivíduos da espécie *Protium pallidum* Cuatrec com suas alturas comerciais nas interações com cipó e qualidade de

fuste.

TABELA 3: Correlação simples com índice de Pearson dos diâmetros dos indivíduos da espécie *Protium pallidum* Cuatrec com as alturas comerciais nas seguintes interações: Presença (P) e Ausência (S) de Cipó (C) e Qualidade de fuste (QF) nas 6 classes.

TABLE3: Simple correlation index of Pearson diameters of individuals of the species *Protium pallidum* Cuatrec with commercial heights in the following interactions: Presence (P) and absence (O) Liana (C) and bole quality (QF) in six classes.

CD	QF1		QF2		QF3	
	Hc		Hc		Hc	
	PC	SC	PC	SC	PC	SC
1	0.691	0.650	0.224	0.232	1	0.838
2	0.482	0.360	0.443	0.458	1	0.001
3	0.501	0.368	-0.119	-1	-	-
4	-0.532	0.008	0.43	0.699	-	-
5	0.58	-	-	1	-	-
6	-0.151	1	-	-	1	-

A análise da correlação simples dos diâmetros com as alturas comerciais nas distintas qualidades de fuste dos indivíduos da espécie *Protium pallidum* Cuatrec demonstrou que a associação mais significativamente se deu na qualidade de fuste 3 (classe 1 com 3 indivíduos) sem a presença de cipó (0.838). Todavia, na mesma qualidade de fuste (classe 2 com 3 indivíduos) a correlação foi nula (0.001).

Na qualidade de fuste 1 com a presença de cipó, a associação dos diâmetros com as alturas comerciais obtiveram melhor nível de correlação nas classes 1 (0.691) (28 indivíduos) e 4 (-0.532) (48 indivíduos), respectivamente e seus piores níveis nas classes 5 (0.58) com 6 indivíduos e 6 (-0.151) com 3 indivíduos. Para a associação sem a presença de cipó, a melhor correlação se deu na classe 1 (0.650) do tipo moderada, enquanto que na classe 4 (8 indivíduos) esta foi quase nula (0.008).

Assim, observa-se que os indivíduos de *Protium pallidum* Cuatrec apresentaram melhor associação de seus diâmetros com as alturas comerciais com a presença de cipó, principalmente nas classes iniciais, o que valoriza a comercialização de sua madeira, haja vista que a qualidade de fuste 1 representa troncos cilíndricos e retos com e excepcional aproveitamento madeireiro.

Na análise da qualidade de fuste 2, verifica-se que a melhor correlação se deu na classe 4 (5 indivíduos) sem a presença de cipó (0.699), demonstrando moderada associação. Na presença de cipó a classe 4 (4 indivíduos) obteve correlação moderada, enquanto que a 3 (6 indivíduos) negativa. Já sem a presença de cipó o pior nível de associação se deu na classe 3 (2 indivíduos) (-1), sendo perfeita negativa. As classes 5 e 6 com ou sem cipó não obtiveram indivíduos suficientes para a realização das análises de correlação simples. As classes desta qualidade de fuste tiveram 35 e 60 indivíduos para altura comercial com e sem cipó, respectivamente.

Para a qualidade de fuste 3 na presença de cipó, os diâmetros de *Protium pallidum* Cuatrec conseguiram nível de correlação perfeita positiva em três classes: 1 (2 indivíduos), 2 (1 indivíduo) e 6 (1 indivíduo) com as alturas comerciais. Já sem a presença de cipó, obteve na classe 1 correlação forte (0.838) e nula na 2 (0.001). As classes 3, 4 e 5 com ou sem cipó e a classe 6 sem cipó não apresentaram indivíduos suficientes para a realização das análises de correlação simples. A quantidade de indivíduos com e sem cipó nas classes foram 7 e 6, respectivamente.

Sendo assim, verifica-se que os indivíduos de *Protium pallidum* Cuatrec obteve boa correlação de seus diâmetros com as alturas tanto com cipó como sem, o que torna um fator positivo, posto que esta qualidade de fuste apresenta nível elevado de tortuosidade, bem como defeitos internos, o que desvalorizaria o preço da madeira retirada, comprometendo seu potencial volumétrico.

O entendimento da relação da espécie com o cipó é relevante, visto que a proporção de árvores infestadas por lianas em uma floresta pode indicar o grande potencial de dano que estas plantas podem causar sobre suas hospedeiras. Cerca de 43 a 47% das árvores com mais de 20 cm de DAP em Barro Colorado, Panamá estão infestadas por lianas (PUTZ et al., 1984), assim como 50% das árvores de uma floresta em Sarawak, Malásia (PUTZ e CHAI, 1987).

Clark e Clark (1990) em um estudo de um fragmento de 60 ha de mata secundária tardia em Botucatu, SP, descobriram que em média 69,3% das árvores com DAP > 10 cm estão colonizadas por cipós na copa ou no caule. A carga de lianas também está positivamente relacionada com o diâmetro da árvore hospedeira e é comum encontrarem-se árvores infestadas por mais de uma liana, mostrando que algumas árvores são mais susceptíveis à infestação, ou que a colonização por uma liana favorece o aparecimento de outras.

Essa ênfase dada à variável qualidade de fuste é importante, uma vez que em países de maior tradição florestal aspectos dimensionais e qualitativos do tronco influenciam na atribuição do preço das

toras, a finalidade a qual irá ser empregada, assim como a escolha do mercado consumidor e rendimento na serraria. Isso ocorre posto que algumas características dos troncos das principais espécies são bastante conhecidas e, por vezes, já assentadas em rigorosas normas com vistas, especialmente, à comercialização.

CONCLUSÃO

Os diâmetros da *Vouacapoua americana* Aublet demonstraram maior correlação com as alturas comerciais na qualidade de fuste 1, com a presença de cipó, demonstraram que há uma qualidade boa de fuste a partir do seu desenvolvimento, com tronco reto e cilindro de excelente aproveitamento comercial. Já na qualidade de fuste 2, os diâmetros melhor se correlacionaram com as alturas comerciais sem a presença de cipó;

A *Protium pallidum* Cuatrec apresentaram melhor associação de seus diâmetros com as alturas comerciais na presença de cipó, principalmente nas classes iniciais, o que valoriza a comercialização de sua madeira, haja vista que a qualidade de fuste 1 representa troncos cilíndricos e retos com e excepcional aproveitamento madeireiro. Na qualidade de fuste 3, na presença de cipó, os diâmetros de *Protium pallidum* Cuatrec conseguiram nível de correlação perfeita positiva com as alturas comerciais nas classes: 1, 2 e 6.

Para um correto entendimento e futura exploração das espécies são necessários estudos mais pontuais que possam caracterizar a relação das variáveis ambientais com os atributos das espécies.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Estadual de Florestas do Amapá (IEF/AP) e a Universidade do Estado do Amapá, ao professor Perseu da Silva Aparício e a Taline de Lima Silva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. A.; VETTER, D. A. A análise de relações entre conjuntos de variáveis na matriz na geográfica: correlação canônica. In: FAISSOL, S. Tendências atuais na geografia urbano/regional: teorização e quantificação. Rio de Janeiro: IBGE, p. 133-144, 1978.
- APG II. **An update of the angiosperm phylogeny group classification for orders and families of flowering plants.** APG II. Bot. J. Linn. Soc. 141: 399-436, 2003.
- BRUN, B. **Relações entre variáveis de: sementes, plântulas, plantas, produção e óleo em mamoneira.** Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, RS. 121 f, 2009.
- CLARK, D. B.; CLARK, D. A. Distribution and effects on tree growth of lianas and woody hemiepiphytes in a Costa Rican Tropical Wet Forest. **Journal of tropical ecology**, v. 6, p. 321-331, 1990.
- COSTA, S. C. C. **Dinâmica populacional de *Protium pallidum* Cuatrec. (breu branco) em uma floresta tropical de terra - firme explorada seletivamente no estado do Pará, Brasil.** , 2006. 67f. Dissertação (mestrado em Botânica Tropical)- Museu Paraense Emílio Goeld, Belém.
- DALY, D. C. **A taxonomic revision of *Protium* (Burseraceae) in eastern Amazonia and the Guianas.** Ph.D dissertation. City University of New York. 469 p., 1987.
- DALY, D. C. Studies in Neotropical Burseraceae IV. The unifoliolate species of *Protium* (burseraceae). **Bolet. Do Museu Par. Emílio Goeldi.** Ser. Botânica Vol. 7(2), p.249-262, 1991.
- ENGEL, V. L.; FONSECA, R. C. B.; OLIVEIRA, R. E. Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais. SÉRIE TÉCNICA IPEF, v. 12, n. 32, p. 43-64, 1998.
- GONZAGA, A. L. Madeira: uso e conservação. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Natural, Brasília. p.246, 2006.
- JANZEN, D.H. **Ecologia vegetal nos trópicos.** São Paulo: Epu/Edusp, 1980. 79p.(Temas de biologia, 7).
- MATTOS, R. B.; DURLO, M. A.; LÚCIO, A. D. Possibilidade de ganho de fuste em espécies euxilóforas nativas da região central de Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 002, p. 111-120, 2003.
- POLHILL, R. M.; RAVEN, P. H. **Advances in legume systematics.** Part 1. Kew: Royal Botanic Gardens. v. 2, 1981.
- PUTZ, F. E.; CHAI, P. **Ecological studies of lianas in Lambir National Park**, Sarawak, Malaysia. **Journal of ecology**, v. 75, p. 523-531, 1987.

- PUTZ, F. E.; LEE, H. S.; GOH, R. Effects of post-felling silvicultural treatments on woody vines in Sarawak. **Malaysian forest**, v. 47, n. 3, p. 214-226, 1984.
- RAMOS, M. F. S.; SIANI, A. C.; TAPPIN, M. R. R.; GUIMARÃES, A. C. RIBEIRO, J. E. L. S. Essential oils from oleoresins of *Protium spp.* of the Amazon region. **Flavour and Fragrance journal**, v. 150, p. 383-387, 2004.
- SIANI, A. C.; GARRIDO, I. S.; MONTEIRO, S. S.; CARVALHO, E. S. RAMOS, M. F. S. *Protium icariba* as a source of volatile essences. **Biochemical systematics and ecology**, v. 32, p. 447-489, 2004.
- SILVA, J. A.; LEITE, E. J.; NASIMENTO, A. J. T.; REZENDE, J. M. Padrão de Distribuição Espacial e Diamétrica de Indivíduos *Aspidosperma spp* na Reserva Genética Florestal de Tamanduá, DF. 2004.
- SUDAM 1984. Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira. Belém, PA. Publicação, Nº39, 125 p.
- TUOMISTO, H., RUOKOLAINEN, K.; YLI-HALLA, M. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. **Science**, n.299, p.241-244. 2003.
- WALTER, H. **Ecology of tropical and subtropical vegetation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1971.

**EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS DE SIMPLES E DUPLA ENTRADA PARA ESTIMAR
VOLUME COMERCIAL EM PÉ EM FLORESTA TROPICAL ÚMIDA**

**VOLUMETRIC EQUATION OF SINGLE AND DOUBLE ENTRY TO ESTIMATE VOLUME
BUSINESS STANDING IN TROPICAL RAIN FOREST**

Marilu Ramos¹; Afonso Figueiredo Filho²

RESUMO

O planejo florestal, mais precisamente o manejo de florestas naturais, depende de ferramentas matemáticas que forneçam informações precisas de volume de madeira. Neste estudo, foram investigados modelos volumétricos para a Floresta Tropical Úmida – Fazenda Monte Verde, nas áreas de manejo da Empresa Mil Madeireiras, na cidade de Itacoatiara (AM), baseados numa cubagem rigorosa de 343 árvores para obter o diâmetro, altura comercial do fuste e volume sólido pelo método de Smalian. Um total de 5 modelos de dupla entrada e 4 de simples entrada foram testados para o diâmetro mínimo de 40 cm. Para seleção do melhor modelo foram usadas as estatísticas do coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa e distribuição dos resíduos. Entre os modelos de simples entrada o modelo logarítmico de Hohenadl-Krenn se ajustou melhor aos dados ($R^2 = 0,8184$ e $Syx = 30,24\%$) e entre os de dupla entrada o logarítmico de Meyer se ajustou melhor ($R^2 = 0,9091$ e $Syx = 21,41\%$). O resultado destas equações possui propriedades estatísticas e comportamento dos modelos desejáveis, e pode ser usado para estimar o volume comercializável de madeira comum para espécies florestais nas áreas de floresta tropical úmida da região de Itacoatiara (AM).

Palavras-chave: equações de volume; manejo florestal; equações de volume padrão; floresta tropical.

ABSTRACT

The forest plan, namely the management of natural forests, depends on the mathematical tools that provide accurate volume of wood. This study investigated volumetric models for tropical moist forest - Fazenda Monte Verde, in the areas of management of Thousand Timber Company in the city of Itacoatiara (AM), based on a 343 cubed trees by obtaining dbh, stem commercial height and solid volume by the method of Smalian. A total of five models of double entry and single entry 4 were tested for the minimum diameter of 40 cm. To select the best model were used statistics of the coefficient of determination, standard error of estimate and distribution of residuals. Among the simple models of the logarithmic model of entry-Krenn Hohenadl adjusted better to the data ($R^2 = 0.8184$ and $Syx = 30.24\%$) and between the double-entry logarithmic Meyer adjusted better ($R^2 = 0,9091$ and $Syx = 21.41\%$). The result of these equations has statistical properties and behavior of desirable models, and can be used to estimate the volume of merchantable timber forest species common in the areas of rainforest in the region of Itacoatiara (AM).

Keywords: volume equations; forest management; standard volume equations; tropical forest.

INTRODUÇÃO

A floresta tropical úmida é um dos principais tipos de vegetação do planeta Terra, como afirmaram Akindele e LeMay (2006) citando Richards (1996) e Whitmore (1998). A redução do estoque madeireiro deste tipo de florestal deriva de inúmeras causas, sendo uma delas o aumento crescente da demanda por produtos florestais, sua valorização e o desperdício na industrialização dessas madeiras. Outras questões somam-se a isso, como o alto custo de implantação e de manutenção e o tempo de crescimento de florestas plantadas.

Uma afirmação de Scolforo (1997), citada por Colpini *et al.* (2009), diz que a precisão nas estimativas de produtividade em formações vegetais tropicais, torna-se um pré-requisito importante no planejamento e estabelecimento de ações de manejo. Colpini *et al.* (2009) afirmaram que para a vegetação amazônica, devido à sua diversidade, estudos dessas estimativas ainda são escassos, isto é, não se tornaram alvo de estudo dos pesquisadores florestais, como os de povoamentos de espécies exóticas. Apesar disso, encontram-se algumas equações gerais para as espécies arbóreas dessa região, para estimar volume (total ou comercial), capazes de gerar boas estimativas, como as desenvolvidas por Higuchi *et al.*

¹ Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Centro Oeste, BR 153, s/n, CEP 84500-000, Irati (PR). Bolsista da CAPES. mariluflorestal@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro Oeste, BR 153, s/n, CEP 84500-000, Irati (PR). afonso@irati.unicentro.br

(1997).

O uso de equações volumétricas adequadas é uma condição para que suas estimativas representem a realidade volumétrica da floresta, implicando diretamente na veracidade dos levantamentos em campo.

Poucos trabalhos referentes ao ajuste de modelos matemáticos, para estimativa do volume de árvores em pé, têm sido realizados em nível de espécie ou mesmo a nível de um agrupamento de espécies interessantes, ditas comerciais, no sentido de conhecer o volume das espécies tropicais.

O ajuste de equações de volume de simples e dupla entrada permite verificar a precisão com que estas ferramentas estimam o volume de madeira das áreas a serem exploradas. Verifica-se que com o uso equações de dupla entrada se obtêm uma precisão geralmente superior as equações de simples entrada, pois estas incluem em seus modelos a variável independente altura. Para firmar o uso das equações de dupla entrada é importante considerar os custos de levantamento e os possíveis erros de medição ou estimação que estão relacionados a esta variável; como afirma Silva *et al* (1984), a inclusão da variável altura no modelo de regressão geralmente aumenta a precisão das estimativas; porém, aumenta, com isso, os custos do levantamento.

De acordo com a Instrução Normativa – IN – do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – “só será aceito pelo IBAMA o cálculo do volume de árvores em pé, mediante equação de volume desenvolvida, especificamente para esse fim na área de abrangência sobre a qual é proposto o Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS”. Portanto, em se tratando de Floresta Amazônica, que possui um expressivo número de espécies torna-se, ainda, inviável utilizar uma equação de volume para cada espécie. Sendo assim, é necessário elaborar tabelas de volume para grupo de espécies comerciais e por cada região.

Para a estimação de volume em pé é freqüente o uso de equações de volume. Couto e Bastos (1987), citando Couro (1984) ressaltam a precisão deste método, afirmando ser este “o mais preciso dos métodos de determinação de volume de árvores em pé, contrapondo-se aos métodos de volume cilíndrico e da área basal”. Os modelos matemáticos empregados para o cálculo do volume sólido de árvores individuais são desenvolvidos e testados para apresentarem a maior precisão possível, dependendo obviamente, do conjunto de dados que se trabalha.

O volume de árvores tem sido estimado com certa facilidade e acuracidade, empregando-se equações de volume, ajustadas quase sempre a partir de medições do diâmetro à altura do peito e da altura total ou até mesmo, altura comercial.

As equações de volume, nas quais os modelos matemáticos empregam uma única variável para a estimação de volume, são chamadas Equações de Volume de Simples Entrada ou locais, sendo normalmente esta variável o DAP. Este procedimento pode ser adotado se confirmada a existência de elevada relação hipsométrica, ou seja, quando o diâmetro é capaz de explicar a altura por meio da correlação entre elas (OLIVEIRA, 2010).

Já as equações que utilizam modelos envolvendo a duas variáveis, DAP e altura, são chamadas Equações de Volume de Dupla Entrada ou regionais (FIGUEIREDO *et al.*, 2006). Este modelo é utilizado quando não existe uma elevada relação hipsométrica que possibilite um ajuste adequado da equação, o que ocorre na maioria das ocasiões (OLIVEIRA, 2010).

A generalidade das equações de volume depende das variáveis independentes empregadas no modelo, sendo que as equações “cujos modelos incluem como variável independente, a altura e o DAP da árvore, são mais gerais podendo abranger sítios diferentes” (COURO, 1984 *apud* COUTO e BASTOS, 1987).

Um arranjo de equações de volume para cada uma das espécies poderá utilizar coeficientes baseados no agrupamento de determinadas espécies de árvores. Em um trabalho desenvolvido por Akindele e LeMay (2006), apesar de uma mesma equação não ser ideal para todas as espécies, devido às diferenças em suas características, uma única equação foi indicada, sendo capaz de se utilizar os mesmos coeficientes como base para o agrupamento.

De acordo com Akindele e Lemay (2006), o volume do tronco da árvore é calculado em função do diâmetro, altura e fator de forma, como na expressão:

$$v = f(d, h, f)$$

Onde: v = volume total ou comercializável; d = DAP; h = total, comercializável, ou altura de algum limite específico, f = medida de forma.

A maioria das equações de volume usa o DAP (equações de volume local) e, por vezes, d e h (equações de volume padrão ou de dupla entrada) como variáveis independentes, uma vez que as medidas de forma são mais difíceis e caras de se obter (AKINDELE e LEMAY, 2006). Estes mesmos autores afirmaram que “desde que o volume é linearmente relacionado à área transversal da árvore, a relação entre o volume da árvore e o DAP é curvilínea. Também, a variância do erro para a função de volume,

geralmente aumenta com o tamanho da árvore”. Para corrigir essa heterogeneidade da variância do erro, frequentemente, a transformação logarítmica tem sido empregada.

Uma dificuldade no uso de equações de volume, para cálculo de volume em floresta natural está no fato de que as equações de volume de muitos trabalhos publicados se limitam a características específicas, como uma determinada área, idade, espaçamento, notação ou espécie (COURO, 1984 *apud* COUTO e BASTOS, 1987).

Em um trabalho desenvolvido por FIGUEIREDO FILHO *et al.* (2006), uma série de equações foi desenvolvida, sem contudo entrar em detalhes quanto às espécies ou sítio, com exceção para a espécie de maior importância econômica do fragmento florestal estudado, a Araucária ou Pinheiro do Paraná.

A existente falta de planejamento na exploração madeireira das florestas tropicais da região amazônica tem dificultado o manejo florestal sustentável, tanto na teoria como na prática. A estimação de volume para as áreas a serem exploradas é feita de forma empírica ou utilizando a ferramenta fator de forma, de valor igual, para todo o maciço florestal. A equação de volume desenvolvida para a Floresta Nacional (FLONA) de Tapajós tem sido empregada para a maioria dos casos. A quantificação da produção, com uma precisão aceitável requer o ajuste de equações volumétricas desenvolvidas especificamente para as áreas dos Planos de Manejo Florestal Sustentável, sendo este um método eficiente e econômico, permitindo um planejamento mais próximo do real em termos de área e de espécies a serem exploradas.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo geral selecionar a(s) equação (ões) de volume para árvores em pé da floresta da Fazenda Monte Verde, estabelecida no município de Itacoatiara no estado do Amazonas, bem como o de ajustar e testar equações de volume de simples e dupla entrada; avaliar o estoque em pé do volume comercial por meio da enumeração completa, estimando-o pelas equações de volumes testadas e determinar o volume comercial derrubado após exploração florestal por meio de cubagem e comparar com as estimativas obtidas com os procedimentos testados.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O levantamento de campo foi realizado na floresta da Fazenda Monte Verde, localizada no município de Itacoatiara (AM), sob as coordenadas geográficas de latitude 12°44'26" leste e longitude 60°08'45" oeste, estando a uma altitude de 612 metros. Possui uma área de 8.600 km² e seu território tem como limite as cidades de: Manaus, Urucará, Rio Preto da Eva, Nova Olinda do Norte, Silves, Itapiranga e São Sebastião do Uatumã. Localiza-se na Região Metropolitana de Manaus (IBGE, 2010).

O clima da região, tipicamente amazônico, é caracterizado como equatorial, com duas estações distintas com temperatura média anual em torno de 27°C, variando entre 21° e 33°C. A área apresenta uma vegetação característica de Floresta Tropical Densa de terra firme. O terreno apresenta um relevo que varia do ondulado ao suave ondulado, sem grandes variações de níveis na superfície, apresentando, assim, algumas áreas abaciadas com dificuldades de drenagem. O solo predominante da área é o Latossolo amarelo distrófico de textura média (AGRITEMPO, 2011).

Coleta de dados de campo

A seleção das espécies foi feita de acordo com os critérios de interesse da empresa proprietária da Fazenda Monte Verde, cubando-se árvores de todas as espécies em toda a extensão de área explorada, aleatoriamente, por ocasião da exploração florestal (Tabela 1). Não se delimitou parcelas para a cubagem e nem o número de árvores-amostra por classe de diâmetro. A cubagem foi realizada sem intervalo de diâmetro definido.

Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos listados nas Tabelas 2 e 3 foram ajustados por regressão linear, selecionando-se o mais adequado para estimar o volume comercial com uma (DAP) e com duas variáveis de entrada (DAP e altura comercial). As árvores cubadas das espécies Abiurana e Acariquera foram desconsideradas para o ajuste por possuírem características de crescimento distintas das outras espécies.

As variáveis volume real e o seu respectivo logarítmico foram consideradas como variáveis dependentes, enquanto que o diâmetro e a altura em suas variações foram tidas como variáveis independentes, envolvidas nos diferentes modelos de regressão testados.

Os dados foram coletados de árvores cubadas pelo método de Hohenadl por ocasião da exploração. A altura comercial foi tomada no ponto onde houve a separação do fuste da copa das árvores derrubadas. O volume real foi calculado pelo método de Smalian. Os dados referentes à altura e seus respectivos diâmetros com casca, de d1a a d11, medidos a cada 10% da altura total foram digitados e verificados sua consistência através da distribuição diamétrica e do ajuste do modelo chave de Spurr.

TABELA 1: Lista de espécies cubadas e número de indivíduos cubados por espécie
 TABLE 1: List of species and scaled cubed number of individuals per species

Espécie	Nº de indivíduos	Espécie	Nº de indivíduos
Abiurana	6	Louro gamela	29
Acariquara	37	Louro itaúba	18
Amapá	7	Louro preto	35
Angelim pedra	20	Mandioqueira	10
Angelim Vermelho	4	Maparajuba	4
Arurá vermelho	5	Massaranduba	28
Breu branco	2	Muiracatiara	2
Breu vermelho	1	Muirapiranga	1
Castanha sapucaia	2	Piquiá marfin	8
Cedrinho	4	Piquiá	4
Cumaru	7	Piquiarana	9
Cupiúba	16	Sucupira amarela	2
Cumaru vermelho	1	Sucupira vermelha	4
Fava amargosa	1	Tachi	13
Guariúba	18	Tanimbuca	4
Itaúba surubim	7	Tachi preto	1
Jarana	4	Tauari branco	3
Jutaí pororó	4	Tauari vermelho	6
Louro amarelo	3	Timborana	7
Louro aritu	3	Uchi	2
Louro faia	1		
Total geral		343	

TABELA 2: Equações de volume de simples entrada a serem ajustadas
 TABLE 2: Equations of simple input volume to be adjusted

N. da equação	Equação	Autor
01	$v = b_0 + b_1 d^2$	Dissescu-Stanescu
02	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	Hohenald-Krenn
03	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d$	Berkhout
04	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d + b_2 1/d$	Brenac

Fonte: Adaptado de Finger (1992).

TABELA 3: equações de volume de dupla entrada a serem ajustadas
 TABLE 3: Volume equations of Double entry to be adjusted

N. da equação	Equação	Autor
01	$v = b_0 + b_1 d^2 h$	Spurr
02	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$	Stoate
03	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h + b_5 h$	Meyer
04	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d^2 h$	Spurr log.
05	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \ln h$	Schumacher-Hall

Fonte: Adaptado de Finger (1992).

Critérios de seleção dos modelos de regressão

Foram ajustados os nove modelos matemáticos citados nas Tabelas 2 e 3, os quais foram submetidos aos critérios estatísticos de seleção. Os critérios utilizados para a seleção das melhores equações ajustadas foram: maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}); menor porcentagem do Erro padrão de estimativa ($Sy_x\%$) na unidade de medida, metros cúbicos, da variável de interesse volume e a análise de resíduos através do valor do DMP% (Desvio Médio Porcentual), para verificar a magnitude do percentual de subestimativa ou superestimativa dos volumes estimados pelos modelos.

- Coeficiente de determinação (R^2)

$$R^2_{adj} = 1 - \left[\left(\frac{n-1}{n-p} \right) \times \left(\frac{SQResíduo}{SQTotal} \right) \right]$$

- Erro Padrão da Estimativa porcentual ($Sy_x\%$)

$$Sy_x\% = \left(\frac{Sy_x}{\bar{v}_{real}} \right) \times 100$$

- Desvio médio porcentual

$$DMP\% = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{|v_{real} - v_{est}|}{v_{real}} \right) \times 100 \right)$$

Onde: SQ Resíduo = soma de quadrados do resíduo; SQ Total = soma de quadrados totais; n = número de observações; p = número de coeficientes do modelo; v_{real} = volume real cubado; v_{est} = volume estimado; \bar{v}_{real} = média dos volumes cubados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ajustes e seleção dos modelos de regressão testados

Os resultados dos ajustes dos modelos testados, tanto dos modelos de simples entrada quanto dos modelos de dupla entrada, são apresentados na Tabela 4 e 5, respectivamente.

TABELA 4: Coeficientes e estatísticas de análise dos modelos de simples entrada testados

TABLE 4: Coefficients and statistical analysis of the single input models tested

AUTOR (ES)	MODELOS VOLUMÉTRICOS	PARÂMETRO		R ² Ajustado	S _{xy} (%)
DISSESCU-STANESCU	$v = b_0 + b_1 d^i$	β_0	1,320872907	0,7897	32,56
		β_1	0,00090033		
HOHENALD-KRENN	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	β_0	-5,520634015	0,8187	30,24
		β_1	0,154317943		
		β_2	0,000142703		
BERKHOUT	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d$	β_0	-6,152564089	0,7900	32,54
		β_1	1,850558144		
BRENAC	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \frac{1}{d}$	β_0	-3,392015167	0,8156	30,44
		β_1	1,338288194		
		β_2	-39,5192928		

TABELA 5: Coeficientes e estatísticas de análise dos modelos de dupla entrada testados

TABLE 5: Coefficients and statistical analysis of the models tested double entry

AUTOR (ES)	MODELOS VOLUMÉTRICOS	PARÂMETRO		R ² Ajustado	S _{xy} (%)
SPURR	$v = b_0 + b_1 d^i h$	β_0	1,14677179	0,8972	22,76
		β_1	0,000044780		
STOATE	$v = b_0 + b_1 d^i + b_2 d^i h + b_3 h$	β_0	-0,343907084	0,8981	22,67
		β_1	0,000118816		
		β_2	0,000038621		
		β_3	0,075331810		
MEYER	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h + b_5 h$	β_0	9,522145370	0,9091	21,41
		β_1	-0,214631228		
		β_2	0,001167543		
		β_3	0,015556840		
		β_4	-0,000038668		
SPURR LOG	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d^i h$	β_0	-8,444500329	0,9036	22,05
		β_1	0,883112001		
		β_2	-8,420861993		
SCHUMACHER-HALL	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \ln h$	β_0	1,770892721	0,9029	22,12
		β_2	0,868610024		

Ao se aplicarem os critérios utilizados para a seleção de equações de simples e dupla entrada, foram observadas as equações que melhor atenderam aos requisitos pré-estabelecidos em relação à precisão (Tabelas 6 e 7).

TABELA 6: Modelo de equação de simples entrada de melhor desempenho
 TABLE 6: Simple equation model input performance

AUTOR (ES)	MODELOS VOLUMÉTRICOS	PARÂMETRO	R ² Ajustado	Sxy (%)
HOHENALD-KRENN	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	β_0 -5,520634015	0,8187	30,24
		β_1 0,154317943		
		β_2 0,000142703		

A distribuição de resíduos destes modelos são apresentados abaixo, sendo que estas não mostraram-se evidentemente efetivas para a escolha dos modelos pelo valor DMP%. As duas figuras da direita representam os gráficos de Resíduos (DAP cm x Resíduo%) e dispersão gráfica entre o volume real e o volume estimado para o modelo de simples entrada e os gráficos da esquerda para o modelo de dupla entrada.

TABELA 7: modelo de equação de dupla entrada de melhor desempenho
 TABLE 7: Equation modelo f pair-wise performance

AUTOR (ES)	MODELOS VOLUMÉTRICOS	PARÂMETRO	R ² Ajustado	Sxy (%)
MEYER	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h + b_5 h$	β_0 9,522145370	0,9091	21,41
		β_1 -0,214631228		
		β_2 0,001167543		
		β_3 0,015556840		
		β_4 -0,000038668		
		β_5 -0,627149095		

Dos nove modelos matemáticos testados, com base nos critérios estatísticos estabelecidos na metodologia, foram pré-selecionadas duas equações, sendo uma de simples entrada e outra de dupla entrada (Tabelas 6 e 7).

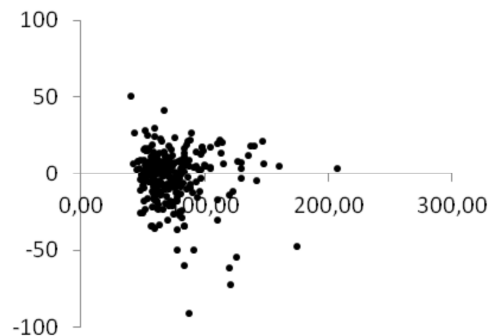
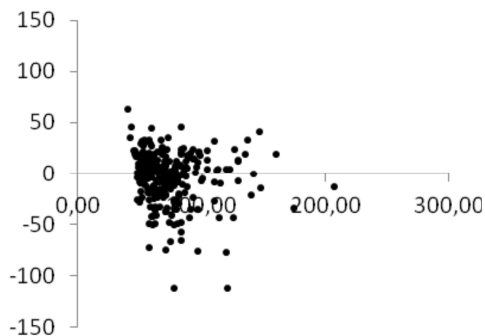


Gráfico 1: Distribuição de resíduos para o modelo de simples entrada de Hohenadl-Krenn.

Gráfico 3: Distribuição de resíduos para o modelo de dupla entrada de Meyer.

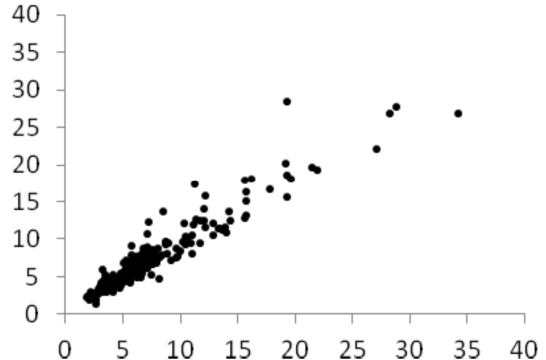
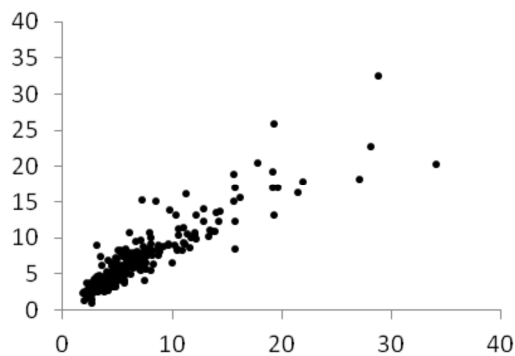


Gráfico 2: Dispersão entre os volumes real e estimado para o modelo de simples entrada de Hohenadl-Krenn.

Gráfico 4: Dispersão entre os volume real e estimado para o modelo de dupla entrada de Meyer.

CONCLUSÕES

Foram analisados 9 modelos volumétricos para a Fazenda Monte Verde em Itacoatiara (AM), sendo indicado como mais adequado o modelo de dupla entrada de Meyer, mas com possibilidade de uso do modelo de simples entrada de Hohenadl-Krenn. Estes dois modelos apresentam maior precisão na estimativa de volume do fuste que modelos atualmente usados no local, como o modelo com fator de forma 0,7, confirmando a necessidade de se desenvolver modelos específicos de cada localidade.

O modelo de simples entrada de Hohenadl-Krenn, por se tratar de uma equação de volume local, esta tem sua aplicabilidade restrita à área que apresente as mesmas características florísticas e ambientais da região do município de Itacoatiara (AM), onde os dados foram coletados e dentro da amplitude diametral estabelecida.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Niro Higuchi pelo apoio e pela oportunidade em participar do Projeto INCT – Madeiras da Amazônia e a Empresa Mil Madeireira – Madeiras Preciosas pela disponibilidade de realização da pesquisas nas áreas de manejo a ela pertencentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO. Sistema de monitoramento agrometeorológico. Dados meteorológicos – Amazonas. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/pesquisaWeb?uf=AM>. Acesso em 13 de agosto de 2011.

AKINDELE, S. O.; LEMAY, V.M. Development of tree volume equations for common timber species in the tropical rain forest area of Nigeria. **Forest Ecology and Management**, v. 226, n. 1-3, p. 41-48, 2006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6X-4J90W1Y-2/2/02d66790bd80713812d2a463f3b7d43c>. Acesso em 29 de julho de 2009.

COLPINI, C. et al. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 97-104, 2009.

COUTO, H. T. Z. do; BASTOS, N. L. M.. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de Eucalyptus no Estado de São Paulo. **IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, v. 37, p. 33-44, 1987.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; WATZLAWICK, L. F.. **Inventário das florestas naturais na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná**. Irati, PR: A. N. Dias, 2006.

FIGUEIREDO, E. O.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de. Seções de modelos polinomiais para representar o perfil e volume do fuste de *Tectona grandis* L.f. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 4, p. 465-482, 2006.

HIGUCHI, N. et al. Crescimento e Incremento de uma Floresta Amazônica de Terra-firme Manejada Experimentalmente. *In: Biomassa e Nutrientes Florestais – Relatório Final do Projeto Bionte*. MCT-INPA. Manaus, 1997.

IBGE, 2010. **Censo Populacional 2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (29 de novembro de 2010). Acesso em 11 de dezembro de 2010.

INCT. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia. Projeto INCT – Madeiras da Amazônia.

OLIVEIRA, J. de C.. Considerações sobre a determinação e utilização de equações volumétricas. Seropédica, RJ: UFRRJ, 2010. 36 p. (Monografia – Curso de graduação em Engenharia Florestal).

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal 2: técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira**. UFLA/FAEPE, Lavras, 1997.

SILVA, J. N. M. et al. Equações de volume para a Floresta Nacional de Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 8/9, p. 50-63, Jun./Dez. 1984.

TONINI, H. et al. O crescimento da *Nectandra megapotamica* Mez., em floresta nativa na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 85-90, 2003.

INFLUÊNCIA DA PROFUNDIDADE DA ESTAQUIA SOBRE O ENRAIZAMENTO E BROTAÇÃO DE *Salix humboldtiana* Wild.

EFFECT OF DEPTH ON IGHLIGHTS ROOTING AND BUDDING OF *Salix Humboldt* Wild.

Miguel Antão Durlo¹; Fabrício Jaques Sutili²; Meri Diana Strauss Foesch³

RESUMO

A vegetação possui características técnicas que podem ser utilizadas para controlar alguns processos fluviais, principalmente para a estabilização de taludes em perigo de desmoronamentos e deslizamentos ou em processo de corrosão. A vegetação, para cumprir esta finalidade, deve possuir uma forma de reprodução fácil e barata. Normalmente as plantas com capacidade de reprodução vegetativa, através de estacas, são consideradas boas para uma série de métodos de estabilização. Entretanto, para a maioria das plantas reófilas que ocorrem em nosso meio, não se conhece a profundidade ideal da estaquia. A espécie escolhida para estudo foi *Salix humboldtiana* Wild. Estacas de 50 cm de comprimento e diâmetros variando de 2,0 a 3,4cm foram plantadas em diferentes profundidades. Foram testados 5 tratamentos correspondentes a profundidades de inserção de 1:16, 1:8, 1:4, 1:2 e 1:1. As 110 estacas (22 de cada tratamento) foram plantadas em um ângulo de 45°, em uma caixa preenchida com areia. Após 120 dias foi avaliada a sobrevivência, a brotação e o enraizamento das estacas. Verificou-se a sobrevivência de 100% das estacas durante os meses de inverno. O melhor tratamento foi o de inserção de 1:8, que mostrou maior enraizamento (290 cm de raízes por estaca, correspondendo a uma massa seca de 1,1 g de raízes por estaca), além de um volume considerável de brotos (94 cm/estaca, o que equivale a 2,0 g de brotos por estaca).

Palavras-chave: Engenharia natural; bioengenharia; potencial biotécnico da vegetação; propagação vegetativa.

ABSTRACT

The vegetation has technical features that can be used to control some fluvial processes, especially for slope stabilization in danger of landslides and mudslides or corrosion. The vegetation, to fulfill this purpose, you must have a way to play easily and inexpensively. Usually the plants with a capacity of vegetative reproduction through cuttings, are considered good for a number of stabilization methods. But, for most plants reófilas that occur in our country do not know the ideal depth of the cuttings. The species chosen for study was *Salix humboldtiana* Wild. Cuttings of 50 cm length and diameters ranging from 2.0 to 3.4 cm were planted at different depths. We tested five treatments of deep insertion of 1:16, 1:8, 1:4, 1:2 and 1:1. The stakes 110 (22 per treatment) were planted at an angle of 45° in a box filled with sand. After 120 days were evaluated the survival, sprouting and rooting of cuttings. There was a 100% survival of the cuttings during the winter months. The best treatment was the insertion of 1:8, which showed more rooting (290 cm of roots per cutting, corresponding to a 1.1 g dry mass of roots per cutting), and a considerable amount of shoots (94 cm / stake, equivalent to 2.0 g of sprouts per cutting).

Keywords: Natural engineering; bioengineering; biotechnical potential of the vegetation; vegetative propagation.

INTRODUÇÃO

A bioengenharia é uma ciência que faz uso de espécies vegetais, combinadas ou não com materiais inertes em obras de contenção de taludes, particularmente taludes fluviais.

Existem várias espécies frequentemente encontradas nas margens dos cursos de água, bem adaptadas à região de ocorrência e com características interessantes para a estabilização de margens. Pinheiro (2000), diz que é de consenso generalizado que a cobertura vegetal desempenha um importante

¹Engenheiro Florestal, Dr., Professor adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, CEP:97105-900, B. Camobi, Santa Maria - RS, Brasil. migueldurlo@gmail.com

²Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Maria-CESNORS, Linha Sete de Setembro s/n - BR386 KM40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen - RS, Brasil. fjsutili@gmail.com

³Engenheira Florestal, Servidora Pública da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), Rua Cel. Niederauer, 1355, CEP: 97015-123, Centro, Santa Maria - RS, Brasil. meri_foesch@yahoo.com.br

papel na proteção do solo e prevenção dos seus movimentos coletivos, principalmente por efeito do sistema radicial que providencia um reforço mecânico ao mesmo.

Muitas espécies têm características biotécnicas de grande interesse para a estabilização das margens de cursos de água. Segundo Sutili (2001), gramíneas e espécies de pequeno porte (arbustos e ervas), normalmente, são de interesse. Este autor destaca espécies como: *Calliandra sp.*, *Sebastiania schottiana* e *Terminalia australis*. E espécies arbóreas como o *Salix humboldtiana*, *Salix viminalis* e *Morus sp.*

A espécie utilizada foi *Salix humboldtiana* Wild. Árvore caducifólia, com 3 a 5 metros de altura e 20 a 50 cm de DAP, podendo chegar até 30 m de altura e 140 cm de DAP, na idade adulta. Tronco irregular e curto, fuste com 2 a 5 m de comprimento. Casca com espessura de até 25 mm, pardo-acinzentada, fibrosa, com fissuras longitudinais e sulcada. Folhas alternas simples, linear-lanceoladas, acuminadas no ápice; margem serreada, com até 15 cm de comprimento e 1,5 cm de largura. As folhas têm ligeiro odor característico. Flores dióicas ou hermafroditas em casos anormais (MATTOS, 1983).

Desde a época dos incas, o salseiro já era utilizado nas margens de rios, no combate à erosão hídrica, principalmente na Bolívia (KILLEAN *et al.*, 1993).

No Brasil, essa espécie é indicada para o reflorestamento ao longo dos cursos d'água, lagos e margens dos reservatórios das hidrelétricas (FERREIRA, 1983; SALVADOR, 1987; VILELA *et al.*, 1993), pode ser utilizada em ambientes sujeitos à inundações periódicas, pois é muito tolerante a encharcamento, desde que exista água corrente em abundância, com oxigênio disponível.

Nas obras de bioengenharia, muitas técnicas preconizam a reprodução vegetativa através do uso de estacas para acelerar o surgimento do efeito protetivo da vegetação. A proteção produzida pelas estacas advém do seu enraizamento e sua brotação.

Neste contexto, para a maioria de nossas espécies reófilas não se conhece qual o efeito de profundidade de plantio das estacas sobre sua sobrevivência, seu enraizamento e sua brotação.

O projeto foi desenvolvido com a finalidade de trazer mais informações referentes às espécies a serem utilizadas ou já em uso pela bioengenharia de solos. Investigar suas características biotécnicas, é de fundamental importância para a futura aplicação em obras de bioengenharia. Para isto, foi organizado um experimento capaz de mostrar e quantificar as características importantes da vegetação, como sua capacidade de brotação e enraizamento, em função da profundidade de plantio das estacas.

Para elucidar essa questão foi instalado um experimento onde as estacas foram enterradas em diferentes proporções. Após 4 meses o experimento foi desmontado e tomadas as variáveis: sobrevivência, comprimento e massa dos brotos e raízes.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido na Estação de Silvicultura do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O campus universitário situa-se no município de Santa Maria (29°41'S e 53°42'W) a uma altitude média de 100 m acima do nível do mar. Fisicamente essa região pertence à Depressão Central, logo ao sopé do Rebordo da Serra Geral no Estado do Rio Grande do Sul – Brasil.

O clima da região (tanto a de condução do experimento como a de coleta do material vegetal) é do tipo Cfa 2, segundo a classificação de Köppen, denominado subtropical, com temperatura do mês mais frio variando entre 3° e 18 °C, temperatura do mês mais quente superior a 22 °C e média anual superior a 18 °C, com chuvas durante todos os meses do ano (MORENO, 1961).

O material vegetativo de *S. humboldtiana* foi coletado de duas árvores à margem do Arroio Guarda-mor, município de Faxinal do Soturno – RS. Foram produzidas estacas de 50 cm de comprimento e com diâmetros entre 20 a 34 mm. As estacas foram confeccionadas no próprio local de coleta, acondicionadas em sacos plásticos e transportadas até o local de plantio.

Para o plantio das estacas (03/05/2008), foi construída uma caixa de madeira de 4,7 m de comprimento, 2,1 m de largura e 0,6 m de altura (Figura 1), que foi preenchida com areia inerte (substrato). A caixa foi revestida internamente por uma lona plástica que recebeu furos na parte de baixo para que o excesso de água fosse drenado, como mostram as Figuras 1 e 2.

Os tratamentos constituíam-se de cinco diferentes proporções (parte exterior/parte inserida no solo) de plantio (1:16, 1:8, 1:4, 1:2 e 1:1), onde 110 estacas (22 de cada tratamento) foram plantadas em um ângulo de 45° (Figura 3).

Quatro meses após o plantio efetuou-se a coleta de dados. As estacas foram escavadas com ajuda de um jato de água sob leve pressão. Foram medidos: comprimento; diâmetro e massa seca dos brotos primários; comprimento das raízes com origem na estaca; massa seca das raízes.

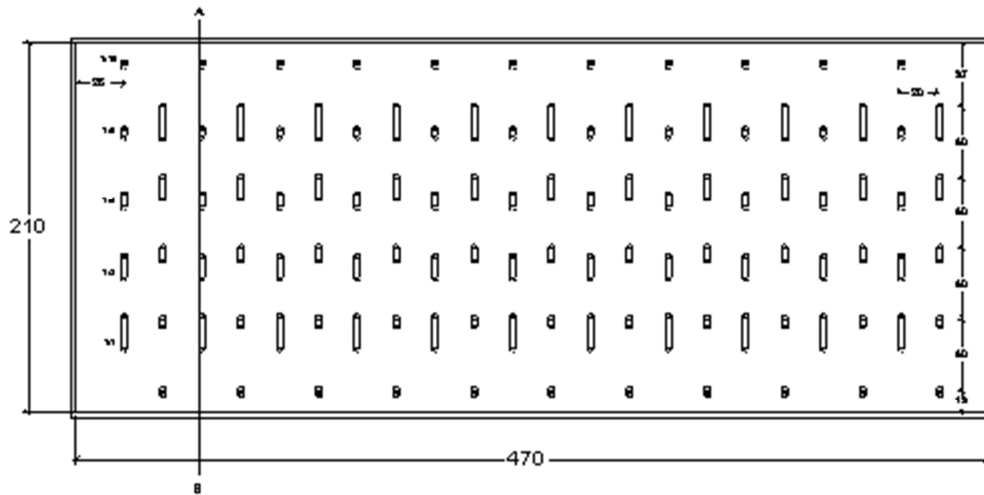


FIGURA 1: Dimensões e disposição das estacas na caixa de areia.
FIGURE 1: Dimensions and disposal of stakes in the sandbox.

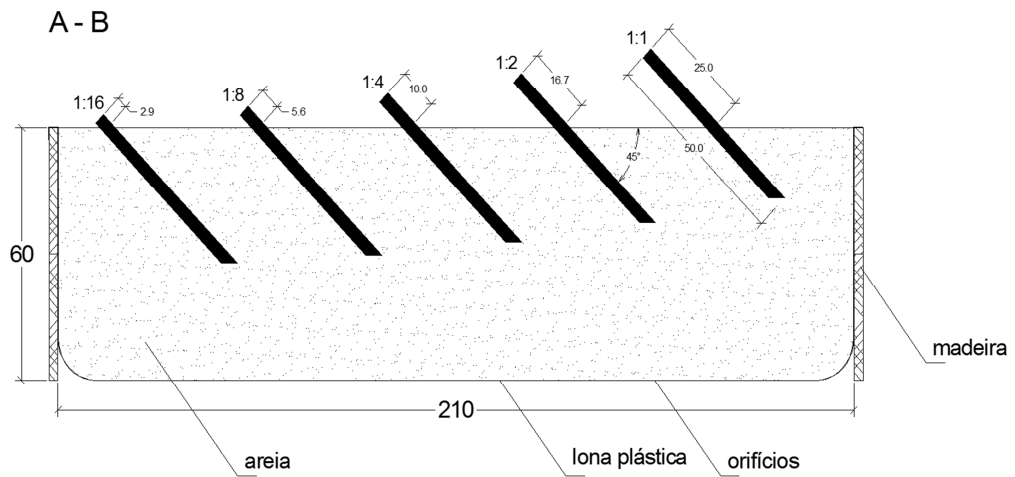


FIGURA 2: Corte transversal da caixa de areia.
FIGURE 2: Cross section of the sandbox.



FIGURA 3: Plantio das estacas com inclinação de 45°.
FIGURE 3: Planting of cuttings with an inclination of 45 degrees.

Na tabela 1 são apresentados o somatório do comprimento dos brotos e raízes, assim como a massa seca das raízes e brotos por tratamento.

TABELA 1: Resultados

TABLE 1: Results

Tratamentos	Comprimento de Brotos (cm)	Comprimento de Raízes (cm)	Massa Seca de Brotos (g)	Massa Seca de Raízes(g)
1:1	122,0	126,0	2,2	0,8
1:2	118,5	187,3	1,9	1,1
1:4	105,5	206,4	2,1	1,1
1:8	94,0	290,0	2,0	1,1
1:16	45,6	130,5	1,3	0,8

O somatório do comprimento das raízes e brotos, e a massa seca de raízes e brotos, por tratamento, podem ser melhor visualizados na Figura 4 e 5, respectivamente.

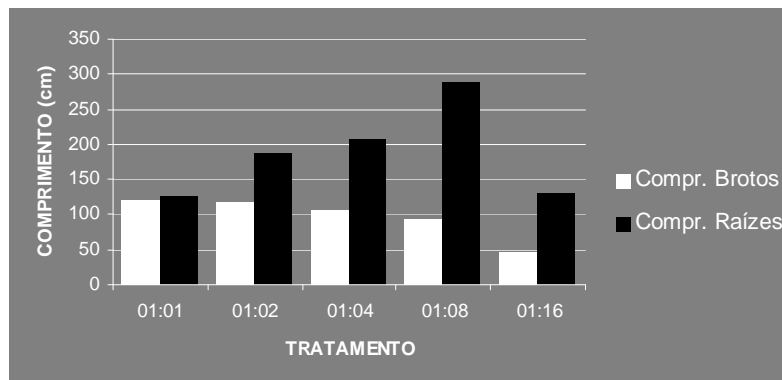


FIGURA 4: Média do somatório do comprimento de brotos e raízes por tratamento.

FIGURE 4: Media the sum of the length of shoots and roots per treatment.

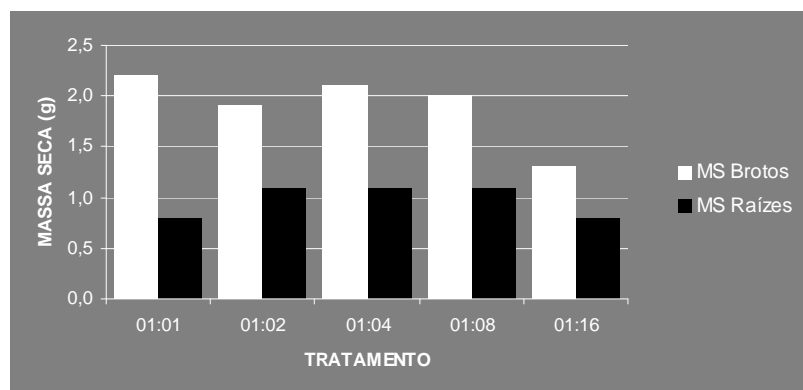


FIGURA 5: Média de massa seca de brotos e raízes por tratamento.

FIGURE 5: Media dry mass of shoots and roots per treatment.

A facilidade na propagação vegetativa de *S. humboldtiana* ficou evidente neste trabalho. E a sua resistência ao inverno, com 100% de sobrevivência é um fator muito importante na utilização de material vegetativo dessa espécie em obras de bioengenharia.

A proporção de 1:8, produziu melhor enraizamento, com soma de 290 cm de raízes por estaca.

Em obras de bioengenharia é de fundamental importância um enraizamento longo e denso para manter a estabilidade do talude a ser recuperado, como mostra a Figura 6.



FIGURA 6: Produção de raízes por estaca.
FIGURE 6: Production of roots per cutting.

Para o enraizamento, o pior resultado foi da proporção 1:1, que mostrou o somatório do comprimento de 126cm, e massa seca de 0,8g por estaca. Porém este tratamento mostrou os melhores resultados para a brotação. O somatório do comprimento de brotos foi de 122cm e massa seca de 2,2g, a maior entre os tratamentos.

O pior resultado foi com a proporção de 1:16, pois mostrou a pior brotação (45,6cm, correspondente à massa seca de 1,3g). Com relação ao enraizamento, a proporção 1:16 ficou entre as piores também (130,5cm, 0,8g).

Os tratamentos 1:2 e 1:4 mostraram valores interessantes para as variáveis estudadas. Para enraizamento, os resultados mantiveram-se próximos aos da inserção de 1:8, que foi o melhor tratamento. Para brotação a inserção 1:2 mostrou comprimento de brotos de 118,5cm e a inserção 1:4, 105,5cm.

CONCLUSÕES

A viabilidade de reprodução vegetativa de *S. humboldtiana* durante o período de inverno (05.2008 a 08.2008) ficou evidente pela sua alta sobrevivência, 100%.

A proporção de plantio que mostrou melhor brotação (medida pelo somatório do comprimento dos brotos) foi a de 1:1. As proporções de plantio de 1:2 e 1:4 também mostraram boa brotação.

Observa-se uma nítida tendência de diminuição do somatório do comprimento e da massa seca dos brotos à medida que as estacas são enterradas mais profundamente.

A massa seca de raízes mostrou os maiores valores nas proporções de plantio de 1:2, 1:4 e 1:8. Com relação ao comprimento, o tratamento 1:8 foi o melhor, com um somatório do comprimento das raízes de 290cm por estaca.

Pelos resultados obtidos pode-se indicar o uso de *Salix humboldtiana* Wild. em obras biotécnicas que objetivam a recuperação marginal de cursos de água, podendo ser empregado pelo método propagativo de estaquia, inclusive em obras realizadas nos meses de inverno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, L. A. B. **Arborização dos cursos d'água**. Trigo e Soja, Porto Alegre, n.68, p.16-21, 1983.
- KILLEAN, T. J.; GARCIA, E. E., BECK, S. G. (Ed.). Guia de arboles de Bolívia. La Paz: Herbario Nacional de Bolívia; St. Louis: **Missouri Botanical Garden**, 1993. 958 p.
- MATTOS, J. R.; MATTOS, N. F. Contribuição ao conhecimento da flora do Parque Estadual de Campos

do Jordão, SP. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.16 A, pt. 1, p. 647-662, 1983.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

PINHEIRO, R. J. B. **Estudo de Alguns Casos de Instabilidade da Encosta da Serra Geral no Estado do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SALVADOR, J. L. G. **Reflorestamento fluvial de açudes**. São Paulo: Cesp, 1989. 14 p. (Cesp. Série Divulgação e Informação, 123).

SUTILI, F. J. **Bacia Hidrográfica do Arroio Guarda-mor: características e proposições para o manejo dos cursos de água**. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 72p. (2001).

VILELA, E. de A.; OLIVEIRA FILHO, A. T. de; GAVILANES, M. L.; CARVALHO, D. A. de. Espécies de matas fluviais com potencial para estudos de revegetação no alto rio grande, sul de Minas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 117-128, 1993.

ANÁLISE DE VARIÁVEIS DENDOMÉTRICAS EM PLANTIO EXPERIMENTAL DE CINCO ESPÉCIES DE *Pinus* sp.

ANALYSIS OF DENDOMETRIC VARIABLES OF FIVE *Pinus* sp. SPECIES IN AN EXPERIMENTAL STAND

Paula Carolina Gomides Vitor¹; Henrique Ferrazzo Scolforo²; José Roberto Soares Scolforo³; Antônio Carlos Ferraz Filho⁴; Vinicius Augusto Morais⁵

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi de comparar as médias das variáveis: altura, diâmetro, área basal, diâmetro quadrático e sobrevivência para as espécies de *Pinus oocarpa*, *Pinus elliottii*, *Pinus caribaea*, *Pinus occidentalis* e *Pinus pseudotrobus*. Também foram realizados estudos de capacidade de crescimento sob competição das mesmas, através do índice de densidade do talhão (stand density index - SDI). O presente estudo foi realizado numa área de plantio florestal que integrava a rede experimental instalada pelo então Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal no ano de 75, que teve a finalidade de informar as empresas de reflorestamento e correlatas dos resultados parciais dos ensaios de introdução de espécies e procedências. A relação hipsométrica foi ajustada pelo modelo Chapman & Richards. Posteriormente, aplicou-se o teste de média de Scott Knott ao nível de significância de 5% visando validar ou não as diferenças das variáveis, e por meio do estudo do índice de competição verificar o quanto cada espécie pode crescer em condições de plantios não manejados. Como resultado encontrou-se estatisticamente para as variáveis e por o índice de competição um melhor desenvolvimento das espécies de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea*.

Palavras-chave: Florestas plantadas; Índice de densidade do talhão; ajustes hipsométricos.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the means of the variables: height, diameter, basal area, quadratic diameter and survival for the species *Pinus oocarpa*, *Pinus elliottii*, *Pinus caribaea*, *Pinus occidentalis* and *Pinus pseudotrobus*. Growth capacity under competition was also studied, through the stand density index (SDI). This study was conducted in an area of planted forest that was part of the experimental network installed by the then Brazilian Institute for Forestry Development in the year 75, which was designed to inform forest companies and related parties of the partial results of species and provenances tests. The hypsometric relation was estimated by the Chapman & Richards model. Subsequently, Scott Knott means grouping test was applied at a significance level of 5% in order to validate or not the differences of the variables, and the growth behavior under unmanaged conditions was analyzed using the stand density index. As a result it was found a better development for the species *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* through the means test and the stand density index.

Keywords: Planted forests; stand density index; hypsometric adjustments.

INTRODUÇÃO

A grande versatilidade das espécies para crescer e produzir madeira em variados tipos de ambiente, bem como a multiplicidade de usos da sua madeira possibilita a geração desse recurso natural em todo o território nacional, em substituição às madeiras de espécies nativas. O desenvolvimento da tecnologia de utilização da madeira de *Pinus* e a ampliação das alternativas de uso tornaram essas espécies cada vez mais demandadas no setor florestal. A utilização de reflorestamentos no Brasil com fins comerciais teve início na década de 1970, promovendo a introdução de uma grande variedade de espécies

¹Graduanda em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. Bolsista do FAPEMIG. paulinhagvitor@hotmail.com

²Graduando em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. Bolsista do CNPq. henriquescolforo@hotmail.com

³Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. jscolforo@ufla.br

⁴Engenheira Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. acferrazfilho@gmail.com

⁵Engenheira Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. vemorais@bol.com.br

exóticas, dentre elas o gênero *Pinus* sp. (NETTO, 2008). Atualmente, a produção de madeira de *Pinus* tornou-se viável em todo o Brasil, constituindo uma importante fonte de madeira para usos gerais, englobando a fabricação de celulose e papel, lâminas e chapas de diversos tipos, madeira serrada para fins estruturais, confecção de embalagens, móveis e marcenaria em geral (EMBRAPA, 2005).

Visando uma maior lucratividade, as empresas florestais produtoras de *Pinus* sp. vem investindo no planejamento de sua produção. Segundo Schneider e Finger (2000), o planejamento é essencial no manejo florestal, em razão do longo tempo envolvido e devido às dificuldades envolvidas na promoção de mudanças bruscas quando se conduz uma floresta, sem que se altere a produtividade da mesma. De uma forma geral, o inventário florestal deve fornecer as informações básicas da situação presente e lastrear as decisões do planejamento das atividades futuras (FERREIRA, 1985).

A escolha das equações hipsométricas é uma fase importante no trabalho do inventário florestal, uma vez que os erros de tendência na estimativa trarão reflexos diretos para os resultados finais da população, causando uma sub ou sobre avaliação da produção (CAMPOS et al., 1985). O conjunto de dados de alturas das árvores medidas, com os respectivos diâmetros, é usado para estabelecer uma relação de regressão da altura em função do diâmetro (modelo de relação hipsométrica), a qual é empregada para estimar as alturas das demais árvores da parcela em função dos diâmetros já medidos (BARTOSZECK et al., 2004). O diâmetro é uma variável dendrométrica importante para estimativa das alturas de um povoamento. Isto porque, os métodos convencionais para mensuração da mesma, utilizando instrumentos apropriados, são onerosos e geram um aumento nos custos do levantamento biométrico, sendo este fato relevante principalmente em plantios de maior idade.

A listagem de modelos matemáticos para ajustar a curva de altura sobre o diâmetro surgiu a partir de Trorey (1932). Posteriormente, foram publicados diversos trabalhos que deram continuidade a este. Dentre eles pode ser citado o de Blanco Jorge (1984), que encontrou como mais eficiente para análise da relação hipsométrica uma equação que envolvia a adição da variável combinada DAP x I (diâmetro x idade) ao modelo hiperbólico de Prodan.

O índice de densidade do povoamento (SDI) é comumente usado para permitir a comparação do grau de competição entre talhões em diferentes estágios de desenvolvimento. Esse índice compara o Dg e número de árvores por hectare que um talhão possui ao valor de número de árvores máximo por hectare que um talhão com 25,4cm de Dg possuiria, calculado da seguinte maneira:

$$SDI = N \cdot \left(\frac{Dq}{25,4} \right)^{1,605}$$

O SDI geralmente é expresso como um percentual que do máximo que cada espécie pode atingir. O índice de densidade do talhão (stand density index - SDI) foi desenvolvido inicialmente pelo pesquisador americano Reineke (1933). O autor estabeleceu que existe uma relação linear negativa em escala logarítmica entre o diâmetro quadrático médio e o número de árvores por hectare. A equação desenvolvida pelo pesquisador foi:

$$\ln(N) = -1,605 \cdot \ln(Dg) + k$$

Onde: N = número de árvores por hectare; Dg = diâmetro quadrático médio; -1,605 = constante de inclinação, válido para muitas espécies; k = constante que varia conforme a espécie.

A importância da descoberta de Reineke (1933) foi em relação ao valor relativamente constante de -1,605. Esse valor determina que a inclinação da relação entre diâmetro médio e número de árvores por hectare possui o mesmo comportamento, para a maioria das espécies. O valor de k, que corresponde à constante da equação linear, deve ser ajustado para cada espécie, quanto maior o valor, maior a resistência da espécie a competição. Para o ajuste do parâmetro k, devem ser utilizados talhões plenamente estocados, porém antes da ocorrência de mortalidade devido ao autodesbaste. O valor de k deve ser ajustado não para a média dos dados, mas sim para o limite superior. Desta maneira, o k vai determinar o limite biológico máximo de densidade que um talhão com determinado valor de Dg suporta. Desta maneira ambas as equações apresentadas acima são empregadas quando avaliando o SDI, a primeira para achar qual o número máximo de árvores por hectare com Dg = 25,4 para uma determinada espécie e a segunda para determinar o grau de competição de um povoamento com determinado N e Dg.

Portanto, o objetivo deste trabalho é de comparar as médias das variáveis: altura, área basal, diâmetro quadrático e sobrevivência para as espécies de *Pinus oocarpa*, *Pinus elliotti*, *Pinus caribaea*, *Pinus occidentalis* e *Pinus pseudotrobus*. Ademais, foi realizado um estudo de competição das mesmas, através do índice de densidade do talhão (SDI).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Centro-Sul de Minas Gerais (21°13'40"S, 44°52'50" OGW, 925 m de altitude). O clima do município de Lavras é do tipo Cwb de Köppen (mesotérmico com verões brandos e suaves e estiagem de inverno), sendo a precipitação e a temperatura média anual de 1493,2 mm e 19,3°C, respectivamente, com 66% das precipitações concentradas no período de novembro a fevereiro (VILELA e RAMALHO, 1979). As vegetações predominantes, segundo VELOSO et al. (1991), formam um mosaico de Floresta Estacional Semidecídua Montana, Campo Cerrado (Savana Arborizada) e Cerradão (Savana Florestada). O solo predominante é o Latossolo Vermelho Escuro Distrófico (CURI, et al., 1990).

A vegetação primitiva do local, antes de ser implantado o plantio experimental de *Pinus* sp., era composta por um mosaico de Florestas Semidecíduas e Cerrados em geral, conforme atestam as duas áreas de preservação permanente da instituição: a Reserva Florestal e a Reserva de Cerrado. O estudo foi realizado numa área que integrava a rede experimental instalada pelo então Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) no ano de 1975, que teve a finalidade de informar as empresas de reflorestamento e correlatas dos resultados parciais dos ensaios de introdução de espécies e procedências (EMBRAPA, 1980). Buscou-se uma área que fosse a mais representativa possível, considerando-se as condições climáticas e edáficas da região.

No verão de 1975, o sítio, que era ainda uma pastagem, foi arado e sulcado. Posteriormente, foram plantadas seis espécies/procedências de *Pinus*: *Pinus oocarpa*, *Pinus elliotti*, *Pinus caribaea*, *Pinus occidentalis* e *Pinus pseudotrobus*. O plantio foi roçado uma única vez, de acordo com seus responsáveis. Isto ocorreu ao final de seu primeiro ano, no verão de 1976. As medições para realização do presente trabalho foram realizadas em 2009, estando o experimento com 34 anos. Elas contemplaram 40 parcelas de tamanho 12x12 m. Todos os indivíduos tiveram seus DAPs e parte de suas alturas mensuradas. As parcelas foram agrupadas em talhões de forma e tamanho variável.

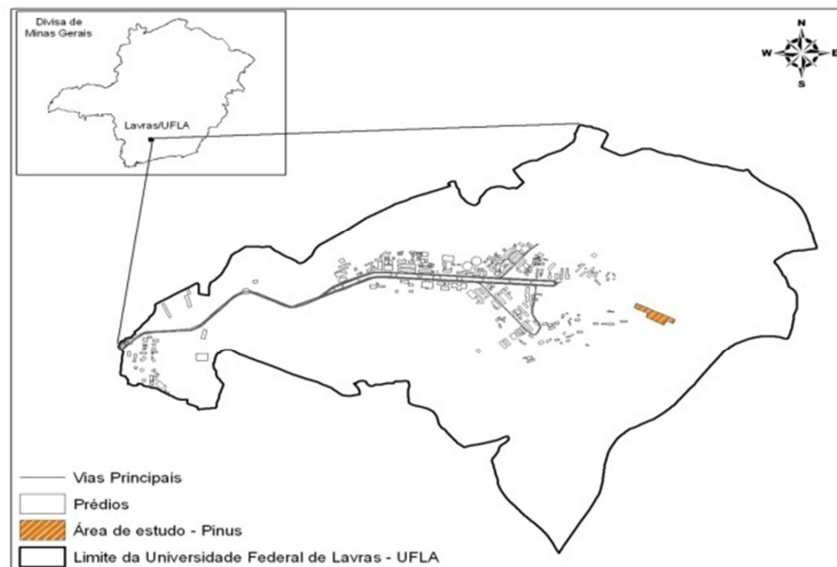


FIGURA 1: Localização do plantio experimental de *Pinus* spp. no campus da UFLA, Lavras (MG).

FIGURE 1: Location of the experimental of *Pinus* spp. stand on the campus of UFLA, Lavras (MG).

Processamento dos dados

Um dos objetivos deste trabalho foi avaliar qual o grau de estocagem que as diferentes espécies atingiram ao longo do tempo, utilizando para isto referências de outros trabalhos de *Pinus* sp.

Assim, inicialmente os valores de diâmetro quadrático médio e árvores por hectare foram plotados em escala logarítmica para cada parcela. Os valores resultantes foram contrastados com os valores de SDI de *Pinus taeda* apresentados por Reineke (1933) e Samuelson et al. (2010).

As médias das variáveis altura, área basal, volume e sobrevivência para as espécies de *Pinus oocarpa*, *Pinus elliotti*, *Pinus caribaea*, *Pinus occidentalis* e *Pinus pseudotrobus* foram comparadas utilizando-se o teste de Skott-Knott com 5% de significância processado pelo Software SisVar, desenvolvido por Ferreira (1999). Este teste visou validar ou não as diferenças das variáveis.

Relação Hipsométrica

Para a escolha do modelo de relação hipsométrica, foram testados diversos modelos, posteriormente a mensuração da altura real de 31 árvores do plantio. Estas árvores foram escolhidas aleatoriamente após ter sido feito o agrupamento dos dados em classes de diâmetro. As equações utilizadas para a determinação da relação hipsométrica foram:

a) Modelo Parabólico ou de Näslund (1929)

$$H = \beta_0 + \beta_1 \text{Dap} + \beta_2 \text{Dap}^2 + \varepsilon_i$$

b) Modelo de Stofel (1950)

$$\text{Log } H = \beta_0 + \beta_1 \log \text{Dap} + \varepsilon_i$$

c) Modelo de Curtis

$$\text{Ln } H = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\text{Dap}} + \varepsilon_i$$

d) Modelo de Prodan (1951)

$$H - 1,3 = \frac{\text{Dap}^2}{\beta_0 + \beta_1 \text{Dap} + \beta_2 \text{Dap}^2} + \varepsilon_i$$

e) Modelo de Chapman e Richards

$$H = A (1 - b e^{-k\text{Dap}})^{1/(1-m)}$$

f) Modelo de Assmann (1936)

$$H = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\text{Dap}^2}$$

Onde: I= idade da população florestal em questão; H = altura da árvore; Dap= diâmetro a 1,30 metros de altura do solo (dap); B₁ = variável do modelo matemático; B₂ = variável do modelo matemático; B₃ = variável do modelo matemático.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento das espécies

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os ajustes dos modelos hipsométricos e suas medidas de precisão respectivamente. Na Figura 2 estão apresentados os gráficos de resíduos para cada ajuste.

TABELA1: Ajustes dos modelos hipsométricos.

TABLE1: Adjustment of the hypsometric models.

Modelos	Ajustes
Stofel	$\log(\text{HT}) = 0,417887 + 0,717991 * \log(\text{DAP})$
Curtis	$\ln(\text{HT}) = 4,11757 - 19,9903 * 1/\text{DAP}$
Parabólico	$\ln(\text{HT}) = 1,94324 + 0,0712048 * \text{DAP} - 0,000703609 * \text{DAP}^2$
Assman	$\text{HT} = 39,0538 - 5568,67 * 1/(\text{DAP}^2)$
Prodan	$\text{HT} = (\text{DAP}/(0,97485 - 0,0104878 * \text{DAP} + 0,000351201 * \text{DAP}^2)) + 1,3$
Chapman & Richards	$\text{HT} = 37,7337 * (1 - \exp(-0,121197 * \text{DAP}))^{5,04036}$

TABELA2: Medidas de precisão dos ajustes hipsométricos.

TABLE 2: Measures of precision for the hypsometric adjustments.

Ajustes	R _{Ai} ²	Syx
Stofel	72,22	4,68
Curtis	83,44	3,45
Parabólico	76,54	3,98
Assman	84,78	2,97
Prodan	80,86	3,33
Chapman & Richards	84,48	3,00

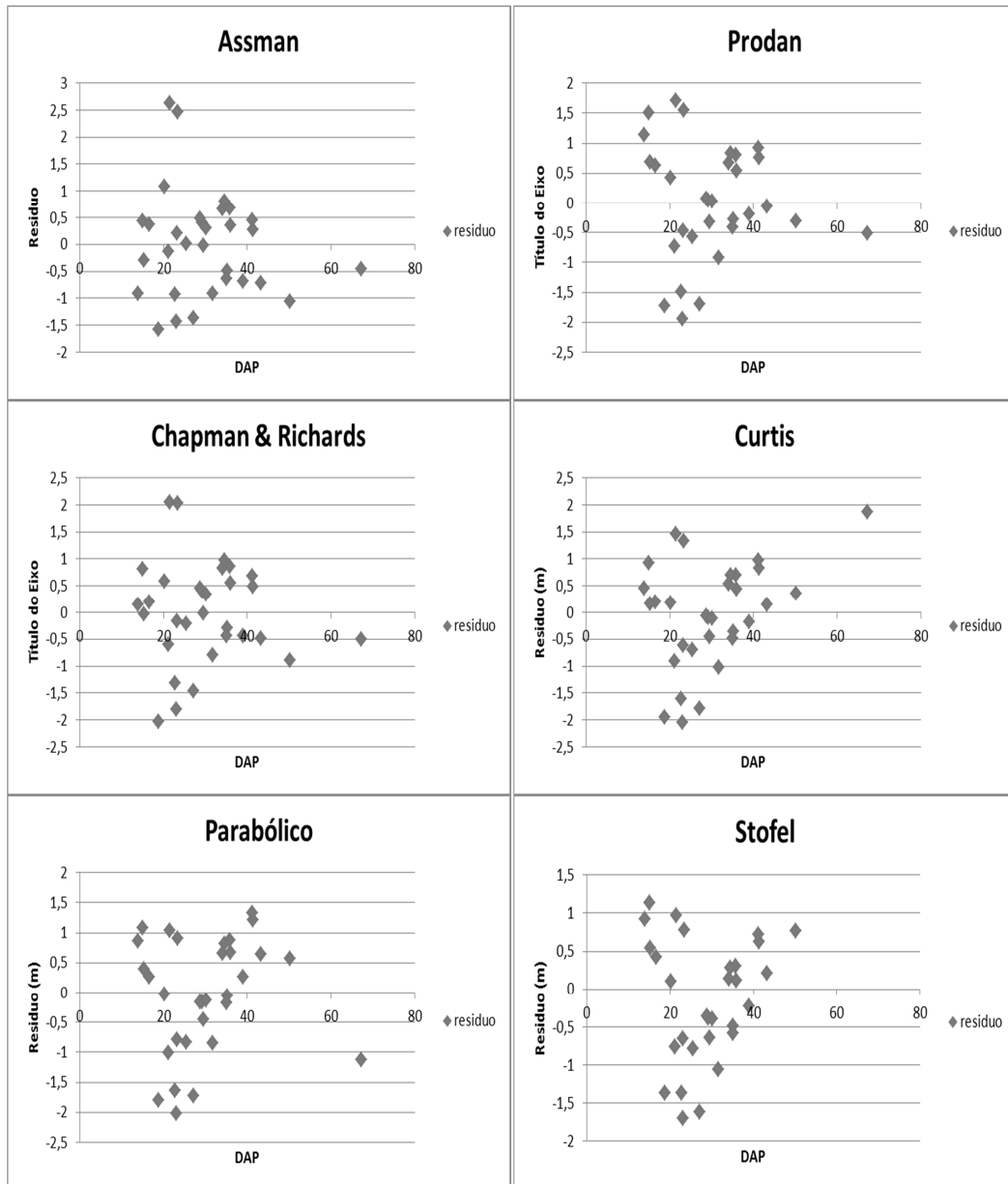


FIGURA 2: Gráfico de Resíduos para os ajustes.
 FIGURE 2: Residual graphics for the adjustments.

O modelo de Chapman & Richards foi o selecionado mediante análise do coeficiente de determinação, erro padrão residual e análise gráfica dos resíduos. A variabilidade em um plantio velho de *Pinus* spé muito grande, então o ajuste pelo modelo de Chapman & Richards foi o que melhor descreveu o povoamento em questão.

Após o ajuste hipsométrico, estimou-se a altura média das parcelas para cada espécie correspondente, e também o número de árvores vivas, área basal e diâmetro quadrático. Fez-se isso para realização da análise de variância (Tabela 3).

Com a comprovação da diferença em crescimento das espécies, fez-se então o teste de média (Tabela 4) pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% para verificar quais espécies tiveram maior desenvolvimento para as variáveis em questão.

Pela Tabela 4 as espécies *P. caribea* e *P. oocarpa* apresentaram um crescimento superior que às demais espécies. A área basal para as duas espécies foi muito superior às demais. Isso pode ser explicado pelo desenvolvimento mais acentuado que essas espécies tiveram no lugar. Esse desenvolvimento está diretamente relacionado com a adaptação das espécies ao sítio, tendo em vista que elas apresentaram um alto nível de sobrevivência e também um elevado diâmetro da árvore média.

TABELA 3: Análise de variância para as diferentes variáveis: área basal (G), altura total (HT), número de árvores vivas (N) e diâmetro quadrático (Dg).

TABLE 3: Analysis of variance for the different variables: basal area (G), total height (HT), number of live trees (N) and quadratic diameter (Dg).

FV	GL	QM(G)	QM(HT)	QM(N)	QM(Dg)
Espécie	4	14.858	39	689.929	117
Erro	35	1.845	7	100.172	21
Total corrigido	39				
CV (%)	-	32,95	9,56	19,35	14,71

TABELA 4: Teste de média para as variáveis: área basal (G), número de árvores vivas (N), altura total (HT) e diâmetro quadrático (Dg) das diferentes espécies.

TABLE 4: Meanstest for the variables: basal area (G), number of live trees (N), total height (HT) and quadratic diameter (Dg) for the different species.

Tratamentos	G (m ² /ha)	HT (m)	N	Dg (cm)
<i>Pseudotrobus</i>	34.22 a1	22.71 a1	879.66 a1	23.04 a1
<i>Occidentalis</i>	77.30 a1	26.30 a2	1412.00 a2	25.04 a1
<i>Elliottii</i>	79.32 a1	26.89 a2	1574.00 a2	26.82 a1
<i>Oocarpa</i>	141.53 a2	29.33 a2	1635.40 a2	32.92 a2
<i>Caribea</i>	164.66 a2	29.86 a2	1919.09 a2	32.98 a2

Análise do Índice de competição de Reineke

A Figura 3 mostra os valores de diâmetro quadrático médio e árvores por hectare para as diferentes parcelas que compreendem o estudo. As linhas da Figura 3 mostram valores de SDI utilizando uma inclinação de 1,605 e um diâmetro de referência de 25,4cm.

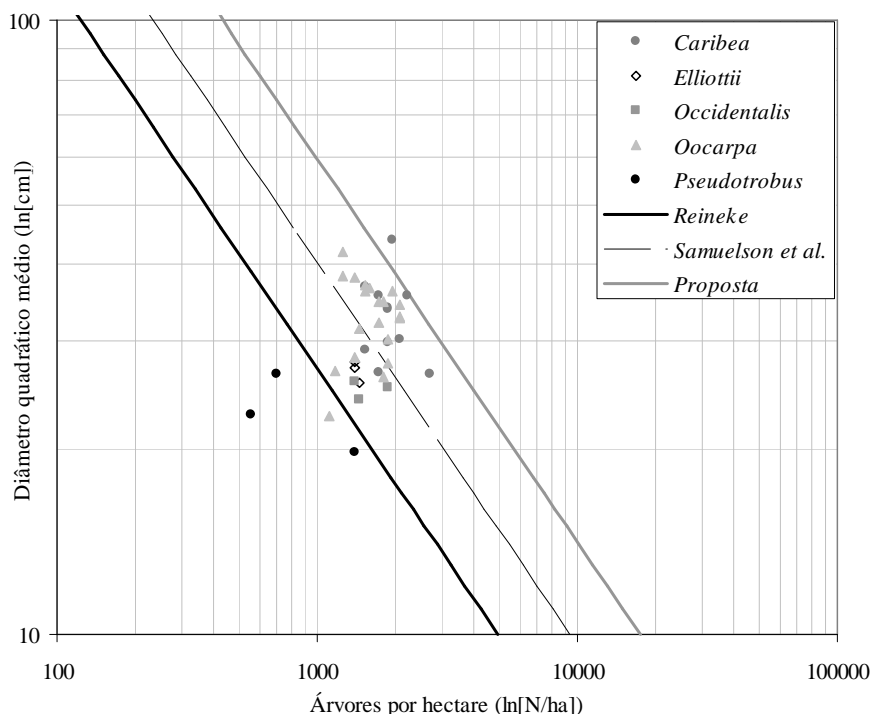


FIGURA 3: Índice de densidade de talhão para as diferentes espécies do estudo, onde a linha negra corresponde ao SDI máximo de 1110, a linha pontilhada um SDI máximo de 2100 e a linha cinza um SDI máximo de 3900.

FIGURE 3: Index of density plot for different species of the study, where the black line corresponds to the maximum SDI of 1110, the dotted line a maximum of 2100 SDI and SDI gray line a maximum of 3900.

A Figura 3 mostra as diferenças em capacidade de tolerância à competição que cada espécie de *Pinus* suporta. A espécie *P. pseudotrobus*, que apresentou os menores valores de crescimento, foi a que apresentou menor capacidade de crescimento em condições de alta estocagem. Desta maneira, o valor de proposto por Reineke (1933) de 1110 árvores por hectare com diâmetro máximo de 25,4cm se adequou a esta espécie. As espécies *P. elliottii* e *P. occidentalis* apresentaram um comportamento alinhado ao relatado por Samuelson et al. (2010), que estipula um máximo de 2100 árvores por hectare com diâmetro máximo de 25,4cm.

As espécies *P. caribea* e *P. oocarpa* apresentaram uma capacidade de crescimento em condições adensadas muito boas. Desta maneira nenhuma das linhas de SDI usadas como referência retratou o desenvolvimento destas espécies. Assim, foi proposto um valor de 3900 árvores por hectare como o máximo capaz de suportar um diâmetro quadrático médio de 25,4cm.

CONCLUSÕES

O ajuste do modelo de Chapman & Richards foi o que melhor descreveu o povoamento em questão, conseguindo explicar bem a grande variabilidade existente em um plantio velho de *Pinus sp.*

As espécies *P. caribea* e *P. oocarpa* apresentaram um crescimento superior que às demais espécies. A área basal para as duas espécies foi muito superior às demais. Isso pode ser explicado pelo desenvolvimento mais acentuado que essas espécies tiveram no lugar. Esse desenvolvimento está diretamente relacionado com a adaptação das espécies ao sítio, tendo em vista que elas apresentaram um alto nível de sobrevivência e também um elevado diâmetro da árvore média.

As espécies *P. elliottii* e *P. occidentalis* apresentaram um comportamento que estipula um máximo de 2100 árvores por hectare com diâmetro máximo de 25,4cm, conforme descrito por outros estudos como o de Samuelson et al. (2010).

As espécies *P. caribea* e *P. oocarpa* apresentaram uma capacidade de crescimento em condições adensadas muito boas, sendo então que as linhas do SDI não conseguiram retratar o desenvolvimento das espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTOSZECK, A. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Distribuição diamétrica para bracingais em diferentes idades, sítios e densidades da região metropolitana de Curitiba. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 305-324, 2004.

CAMPOS, J.C.C.; TREVIZOL JÚNIOR, T.L.; PAULANETO, F. de. Ainda, sobre a seleção de equações de volume. **Revista Árvore**, Viçosa, v.9, n.2, p.115-126, 1985.

CURI, N.; LIMA, J.M.; ANDRADE, H.; GUALBERTO, V. Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Prática**, v.14, n.3, p.237-365, 1990.

EMBRAPA. **Avaliação de espécies e procedências de Eucalyptus sp. em Minas Gerais e Espírito Santo**. s.1.: EMBRAPA, 1980. 104p. (Boletim de Pesquisa, 1)

EMBRAPA, 2005, <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/index.htm>, acessado em 19 de setembro de 2011.

FERREIRA, C.A. **Inventário em Florestas de Eucalipto e projeções de crescimento**. Boletim Informativo do IPEF v.39 p.23-39.1985.

FERREIRA, D. F. **SisVar: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.3**. Lavras: DEX/ UFLA, 1999. Software estatístico.

JORGE, L. A. B. Equação de relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus elliottii* na Floresta Nacional de Três Barras, SC. **Brasil Florestal**. Brasília, n. 56, p. 41-47, 1984.

NETTO, C.C. Distribuição diamétrica para povoamento de *Pinus taeda* em função da idade. 2008. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

REINEKE, L. H. Perfecting a stand density index for even-aged forests. **Journal of Agricultural Research**. v. 46, n. 7, p.627-638. 1933.

SAMUELSON, L. J. et al. Maximum growth potential in loblolly pine: results from a 47-year-old spacing study in Hawaii. **Canadian Journal of Forest Research**, n. 40, p. 1914-1929, 2010.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidêneas heterogêneas**.

Santa Maria: UFSM, 2000. 99 p

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M. **Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural.** In.: Manejo Florestal, 1998, p.189-256.

TROREY, L. G. A **Mathematical method for construction of diameter-height curves based on site.** *Forestry Chronicle*, Ottawa, v. 8, n. 2, p. 121-132, 1932.

VELOSO, H. P., RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro, IBGE, 1991. 123p.

VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, v.3, n.1, p.71-9, 1979.

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA CANDEIA EM PLANTIO SUJEITO A DESRAMA

GROWTH AND PRODUCTION OF CANDEIA PLANTATION AT PRUNING

Charles Plinio de Castro Silva¹; Henrique Ferrazo Scolforo²; José Marcio de Mello³;
Antônio Donizette Oliveira⁴; Marcel Régis Raimundo⁵

RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se analisar o comportamento das variáveis diâmetro, altura, e volume, em cada fuste e, por hectare da espécie candeia, sujeito a um espaçamento e com sistema de desrama ou não. O experimento de parcelas subdividida em faixas foi instalado em março de 2002, no município de Carrancas/MG com mudas adquiridas na EMATER deste município, contendo o espaçamento de plantio 1,5x3,0m, e subparcelas com e sem podas, sendo inventariadas 896 covas de área útil no espaçamento, em 4 blocos. As medições foram feitas, semestralmente, mensurando-se a altura de todas as plantas e a circunferência à 1,30m de altura (CAP) daquelas que apresentaram valor de $CAP \geq 9,0$ cm. Como resultado inicial definiu-se a separação dos dados de acordo com a época da medição da CAP mínima, ou seja, o conjunto de fustes em que a CAP mínima foi mensurada aos 1,92 anos foram analisados separadamente. O mesmo procedimento foi feito para os fustes mensurados a partir dos 2,58 anos, dos 3,08 anos, dos 3,67 anos, dos 4,08 anos, dos 4,58 anos, dos 5,08 anos e dos 6,5 anos, além dos fustes que não tiveram a CAP mensurada. As desramas responderam positivamente ao crescimento quando analisou-se o DAP e o volume por fuste. Quando analisou-se a altura total e o volume por hectare as desramas não surtiram efeito.

Palavras-chaves: Modelo biomatemático; diâmetro; volume.

ABSTRACT

This work analyzed the behavior of diameter, height and volume variables, in each stem and per hectare, of candeia plantation, subject to one spacing and systems of pruning or not. The experiment of subdivided parcels in strips was installed in March 2002, in Carrancas county-MG- with seedlings supplied by the local EMATER, at planting spacing 1,5x3,0m, and sub parcels with and without pruning, being inventoried 896 planting holes of useful area by spacing, in 4 blocks. The measurements were made every six months to evaluate if the height of all the plants and the circumference at 1.30m height (CBH) of those stems possessing $CBH \geq 9.0$ cm. As initial result, the data were classified according to the time of measurement of minimum CBH; in other words, the group of stems in which minimum CBH was measured at 1.92 years was analyzed separately. The same procedure was adopted for measuring the stems starting from 2.58 years old, 3.08 years old, 3.67 years old, 4.08 years old, 4.58 years old, 5.08 years old and 6.5 years old, besides the stems that didn't have the measured CBH. The pruning answered positively to the growth when DBH and stem volume were analyzed. When the total height and volume per hectare were analyzed, the pruning not presented effect.

Keywords: Biomathematics model; diameter; volume.

INTRODUÇÃO

Candeia é uma espécie florestal de múltiplos usos. Sua madeira é utilizada predominantemente como moirão de cerca, devido a sua alta durabilidade e, também, na extração de óleos essenciais, cujo principal princípio ativo é o alfabisabolol. Esse exibe propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas sendo empregado na fabricação de medicamentos e cosméticos tais como, cremes, bronzeadores, protetores solares, veículo para medicamentos, além de uso

¹Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. charlesplinio@hotmail.com

²Graduando em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. Bolsista do CNPq. henriquescolforo@hotmail.com

³Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. josemarcio@dcf.ufla.br

⁴Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. donizette@dcf.ufla.br

⁵Graduando em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, caixa postal: 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. marcelufla@gmail.com

na profilaxia e cuidados da pele de bebês e adultos, entre outros. O quilo do óleo bruto é comercializado a US\$ 40,00. Já o alfa-bisabolol produzido pelas indústrias brasileiras é vendido para distribuidores e para indústrias de cosméticos e medicamentos do Brasil e do exterior, por um preço que varia de US\$ 80,00 a US\$ 90,00 o quilo e o preço do alfa-bisabolol ofertado por distribuidores situa-se na faixa de US\$ 140,00 a US\$ 160,00/kg.

A candeia (*Eremanthuserythropappus*) é classificada como da família Asteraceae, e pertence a um grupo de espécies precursora e de invasão no campo, sendo considerada então uma espécie pioneria. Ela é típica de encraves entre a mata e os campos abertos (cerrado e campos de altitude). Esta espécie se desenvolve rapidamente em campos abertos, formando povoamentos mais ou menos puros. Isso também acontece dentro da floresta, quando há alguma perturbação, pois é uma espécie heliófila e a entrada de luz a beneficia.

A candeia nativa apresenta distribuição de diâmetro decrescente, com árvores, normalmente, atingindo até 32,5 cm, embora, em média, um candeal apresente diâmetro em torno de 15 cm. Entretanto, foram detectados raros exemplares que chegaram a apresentar até 62,5 cm. Segundo Scolforo et al.(2006), o crescimento da candeia em diâmetro teve um ponto máximo de crescimento, sendo que a partir deste houve um grande declínio no crescimento da variável. Este resultado foi obtido para todas as classes diamétricas a partir de cubagens rigorosas.

A média de altura está entre 6 e 7 m. Já a altura das maiores árvores situa-se em torno de 9,5 a 10 m, muito embora tenha sido encontrado, durante a realização deste estudo, um indivíduo com 16,5 m, incrustado dentro da mata nativa.

Uma característica interessante dessa espécie é seu desenvolvimento em sítios com solos pouco férteis, rasos e predominantemente em áreas de campos de altitude, se desenvolvendo em altitude acima de 800 ou 850 metros, com predominância em 1.300 m. Enfim, a candeia se desenvolve em locais nos quais seria difícil a implantação de culturas agrícolas ou, mesmo, a de alguma outra espécie florestal.

Um detalhe muito importante para essa espécie é o conhecimento da sua capacidade produtiva para se fazer um correto manejo. Segundo Scolforo (2006) os modelos biomatemáticos podem ser considerados, como a apresentação de uma função de produção, como a relação da taxa de crescimento ao tempo decorrido ou de interesse. O modelo mais conhecido e utilizado para descrever essa relação é o modelo biológico de Chapman & Richards.

O objetivo do trabalho em questão foi o de analisar o comportamento das variáveis diâmetro, altura, e volume, em cada fuste e, por hectare da espécie candeia, sujeito a um espaçamento e com sistema de desrama ou não.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O experimento (Figura 1) de parcelas subdivididas em faixas, que foi instalado em março de 2002, no município de Carrancas, MG, contendo um espaçamento de plantio (T-1,5x3,0m) e subparcelas com e sem desrama.

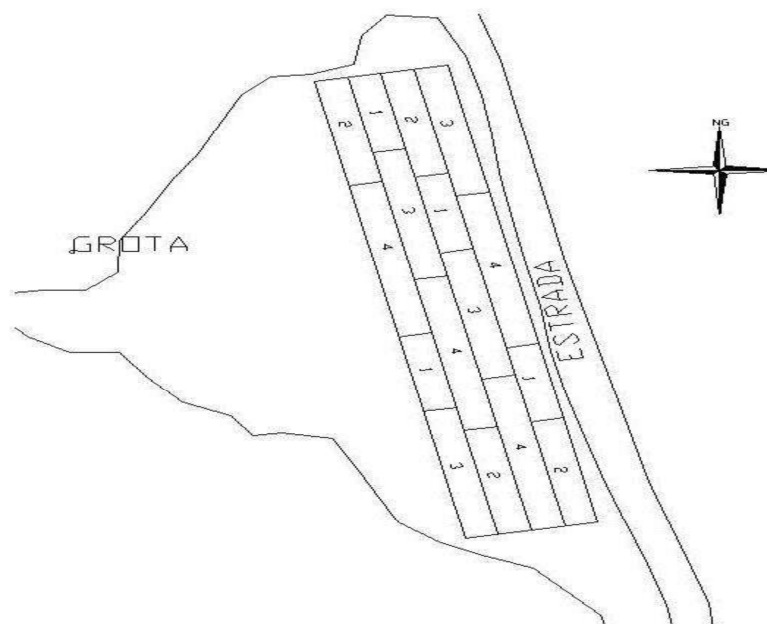


FIGURA 1: Croqui do Experimento com a distribuição das parcelas.
FIGURE 1: Sketch of the experiment with plots distribution.

Dados coletados e organização dos dados

As medições foram feitas, semestralmente, mensurando-se a altura de todas as plantas e a circunferência à 1,30m de altura (CAP) daquelas que apresentaram valor de $CAP \geq 9,0$ cm. Os dados coletados foram agrupados em conjuntos de fustes, de acordo com a época de medição da primeira CAP.

Para cada tratamento, o conjunto de fustes em que a sua CAP foi mensurada na 4ª medição, aos 1,92 anos, formou o grupo 1 do tratamento correspondente. Os fustes que tiveram a sua CAP mensurada a partir da 5ª medição aos 2,58 anos, formou o grupo 2 e assim por diante, até os fustes que não tiveram a sua CAP mensurada até a 11ª medição aos 6,5 anos (Tabela 1).

Essa separação por grupo de plantas que apresentaram ingresso em cada idade de medição foi necessária, já que, de uma medição para outra, o recrutamento das novas plantas causava diminuição na média dos dados ao longo do tempo.

TABELA 1: Agrupamento dos dados, de acordo com a idade de mensuração da CAP mínima.

TABLE 1: Grouping of data according to age of measurement of minimum cap.

Grupos de Plantas	CAP	Idade 1ª Medição do CAP
Grupo 1	4ª medição	1,92 anos
Grupo 2	5ª medição	2,58 anos
Grupo 3	6ª medição	3,08 anos
Grupo 4	7ª medição	3,67 anos
Grupo 5	8ª medição	4,08 anos
Grupo 6	9ª medição	4,58 anos
Grupo 7	10ª medição	5,08 anos
Grupo 8	11ª medição	6,50 anos
Grupo 9	Sem medição de CAP	

Modelagem do crescimento

Para a modelagem do crescimento foi utilizado o modelo biomatemático de Chapman & Richards, onde o m foi igual a zero assumindo assim a forma monomolecular.

$$wt = A (1 - be^{-kt})^{1/1-m}$$

Onde: W = tamanho do organismo no tempo t; A = valor assintótico que o organismo pode atingir; k = medida relativa da taxa de crescimento do organismo ou altura da curva; b = é usualmente sem importância biológica, refletindo somente a escolha do tempo 0; m = retrata o ponto de inflexão; n = base do logaritmo neperiano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na combinação espaçamento e desrama foram avaliadas 896 covas, ou seja, 448 covas receberam desrama e 448 não receberam. Como a candeia *Eremanthus erythropappus* é uma espécie que, em condições naturais, tem uma bifurcação acentuada, nos subtratamentos que sofreram desrama houve uma diminuição no número de fustes, diminuindo a competição e conduzindo a planta a um fuste mais retilíneo.

Outro ponto importante é o número de fustes total. Na Tabela 2 é apresentado o número total de fustes inventariados e a média de fustes por covas vivas, desconsiderando-se as covas mortas, para cada tratamento.

TABELA 2: Número total de fustes inventariados e a média de fustes por covas vivas.

TABLE 2: Total number of inventoried stems and stems in pits average living.

Tratamento	Com desramas		Sem desramas	
	total	por cova	total	por cova
1,5 x 3,0m	677	1,693	1158	2,888

Na Tabela 3 apresenta-se o número de fustes e a sua porcentagem, inventariados para cada tratamento, espaçamento 1,5 x 3,0m com desrama, e espaçamento 1,5 x 3,0m sem desrama, distribuídos em cada grupo de plantas. Exemplificando, destaca-se no tratamento com desrama que 43,03% dos fustes chegaram ao diâmetro mínimo de medição aos 3,08 anos ou 37 meses e 91,31% aos 6,5 anos ou 78 meses. Já para o tratamento sem desrama, distribuído em cada grupo de plantas, destaca-se que mais de 28,13% dos fustes chegaram ao diâmetro mínimo de medição aos 3,08 anos, número muito inferior ao tratamento que considerou a desrama. Isso pode ter ocorrido em razão da ausência de desramas

sucessivas, aumentando a conicidade do tronco, em razão também do grande número de fustes, aumentando a competição por espaço. Já na idade de 6,5 anos o percentual mensurado foi de 94,36% superando o tratamento que considerou a desrama. Muito provavelmente embora com maior conicidade típica para as plantas não sujeitas a desrama, a idade e o ritmo de crescimento possibilitou o grande ingresso de plantas ao sistema de medição.

TABELA 3: Número de fustes e suas porcentagens observadas na parcela e acumulados para cada grupo de plantas, medidos no tratamento 1,5 x 3,0m, com desramas e sem desramas.

TABLE 3: Number of stems and their percentages observed in the plot and accumulated for each group of plants in the treatment measured 1.5 x 3.0 m, with pruning and without pruning.

Tratamento (1,5 x 3,0m) com desramas sucessivas.				
Grupo de Plantas	Número de Fustes		%	
	Real	Hectare	Real	Acumulado
Grupo 1 – 1,92 anos	7	69	0,97%	0,97%
Grupo 2 – 2,58 anos	138	1369	19,03%	20,00%
Grupo 3 – 3,08 anos	167	1657	23,03%	43,03%
Grupo 4 – 3,67 anos	44	437	6,07%	49,10%
Grupo 5 – 4,08 anos	132	1310	18,21%	67,31%
Grupo 6 – 4,58 anos	16	159	2,21%	69,52%
Grupo 7 – 5,08 anos	30	298	4,14%	73,66%
Grupo 8 – 6,50 anos	128	1270	17,66%	91,31%
Grupo 9 – sem CAP	15	149	2,07%	93,38%
Mortas	48	476	6,62%	100,00%
Tratamento (1,5 x 3,0m) sem desramas.				
Grupo de Plantas	Número de Fustes		%	
	Real	Hectare	Real	Acumulado
Grupo 1 – 1,92 anos	3	30	0,25%	0,25%
Grupo 2 – 2,58 anos	108	1071	8,96%	9,21%
Grupo 3 – 3,08 anos	228	2262	18,92%	28,13%
Grupo 4 – 3,67 anos	239	2371	19,83%	47,97%
Grupo 5 – 4,08 anos	235	2331	19,50%	67,47%
Grupo 6 – 4,58 anos	34	337	2,82%	70,29%
Grupo 7 – 5,08 anos	87	863	7,22%	77,51%
Grupo 8 – 6,50 anos	203	2014	16,85%	94,36%
Grupo 9 – sem CAP	21	208	1,74%	96,10%
Mortas	47	466	3,90%	100,00%

A distribuição dos fustes, para cada tratamento, em grupos, de acordo com a idade de mensuração da CAP mínima, será utilizada para análise do crescimento do DAP, da altura e do volume total, sendo feita para cada grupo. A seguir é demonstrada essa estrutura do povoamento para o tratamento com ou sem desrama.

Comportamento do diâmetro na floresta em função do espaçamento

Na Tabela 4 são mostradas as equações que retratam o desenvolvimento da circunferência para os diferentes grupos do tratamento avaliado.

Na Tabela 5 e 6, são mostrados os valores individuais de diâmetros estimados para o tratamento 1,50 x 3,0m com desramas e sem desramas, ao longo do tempo até 15 anos. Os fustes que atingiram o diâmetro mínimo de medição mais cedo correspondem, muito provavelmente, ao grupo de árvores dominantes. Comparativamente aos demais grupos, os diâmetros do grupo 1 de plantas serão sempre maiores ao longo do tempo. Pode-se notar, ainda, que a medida que as plantas atingem o valor mínimo de medição mais tarde, elas são menos vigorosas. Para os tratamentos sem desramas sucessivas os valores alcançados de diâmetro são inferiores aos desramados em razão, também, da competição promovida pelo maior número de fustes do tratamento. Nota-se que o comportamento do diâmetro do tratamento desramado é sempre crescente com o tempo até a idade de 15 anos, o que não ocorre no tratamento sem desrama. Considerando um mesmo espaçamento, o tratamento que contempla desramas apresentará, para o grupo 1 de plantas, um maior número de fustes com diâmetro superior ao diâmetro mínimo de medição que os tratamentos sem desramas.

De posse dessas informações, pode-se quantificar melhor a renda da colheita da floresta, direcionando cada grupo de plantas para um uso que a valorize mais. Como exemplo, as plantas do grupo 1 podem ser colhidas para esteio de curral, pois essas alcançam um maior diâmetro. Já as plantas do segundo e do terceiro grupos podem ser comercializadas para moirão de cerca convencional e as plantas

dos outros grupos seriam comercializadas para a extração de óleo essencial. Tendo cada produto o seu valor, a renda seria maximizada.

TABELA 4: Equações ajustadas para determinação da circunferência em função da idade.

TABLE 4: Equations adjusted to determine the circumference according to age.

Tratamento / Grupo de Plantas	Equação
Tcp > grupo 1	$CAP = 31,7829*(1-\exp(-0,240226*t))$
Tcp > grupo 2	$CAP = 31,2519*(1-\exp(-0,21565*t))$
Tcp > grupo 3	$CAP = 21,6842*(1-\exp(-0,272126*t))$
Tcp > grupo 4	$CAP = 19,8104*(1-\exp(-0,237929*t))$
Tcp > grupo 5	$CAP = 14,9011*(1-\exp(-0,303332*t))$
Tcp > grupo 6	$CAP = 19,773*(1-\exp(-0,167786*t))$
Tcp > grupo 7	$CAP = 14,1669*(1-\exp(-0,267667*t))$
Tsp > grupo 1	$CAP = 24,8454*(1-\exp(-0,332132*t))$
Tsp > grupo 2	$CAP = 21,2946*(1-\exp(-0,316378*t))$
Tsp > grupo 3	$CAP = 16,3968*(1-\exp(-0,347892*t))$
Tsp > grupo 4	$CAP = 13,7437*(1-\exp(-0,361071*t))$
Tsp > grupo 5	$CAP = 12,4884*(1-\exp(-0,395996*t))$
Tsp > grupo 6	$CAP = 12,2904*(1-\exp(-0,335249*t))$
Tsp > grupo 7	$CAP = 13,2509*(1-\exp(-0,263219*t))$

Onde: CAP – circunferência à 1,30m de altura (cm), exp – base do logaritmo neperiano, t – idade do povoamento em anos.

TABELA 5: Diâmetro em relação à idade para cada grupo de plantas no tratamento com desrama sucessiva, a partir da idade em que atingiram o diâmetro mínimo de medição.

TABLE 5: Diameter in relation to age for each group of plants in successive pruning treatment from the age when they reached the minimum diameter measurement.

Idades (anos)	grupo 1	grupo 2	grupo 3	grupo 4	grupo 5	grupo 6	grupo 7
1,92	3,73811						
2,58	4,67335	4,2449					
3,08	5,28944	4,82782	3,91698				
3,67	5,92736	5,43951	4,35979	3,67244			
4,08	6,32032	5,82101	4,62821	3,9172	3,36726		
4,58	6,75001	6,24283	4,9175	4,18511	3,56089	3,37527	
5,08	7,13106	6,62153	5,16999	4,42297	3,72726	3,61014	3,35177
6,5	7,99402	7,49892	5,72522	4,9628	4,0828	4,1791	3,717831
7	8,23428	7,74923	5,87496	5,11344	4,17573	4,34928	3,816995
8	8,6363	8,17572	6,11971	5,36592	4,3242	4,64967	3,979612
9	8,95246	8,51947	6,30616	5,56494	4,43382	4,90365	4,104041
10	9,20111	8,79654	6,44818	5,72182	4,51476	5,1184	4,1992
11	9,39666	9,01986	6,55637	5,84548	4,57452	5,29998	4,2721
12	9,55044	9,19986	6,63878	5,94296	4,61865	5,45351	4,327842
13	9,67139	9,34495	6,70156	6,0198	4,65123	5,58333	4,370494
14	9,76651	9,46189	6,74939	6,08037	4,67528	5,6931	4,403129
15	9,84132	9,55614	6,78582	6,12811	4,69304	5,78591	4,428101

TABELA 6: Diâmetro em relação à idade para cada grupo de plantas no tratamento sem desrama, a partir da idade em que atingiram o diâmetro mínimo de medição.

TABLE 6: Diameter in relation to age for each group of plants in water without pruning, from the age they reached the minimum diameter measurement.

Idades (anos)	grupo 1	grupo 2	grupo 3	grupo 4	grupo 5	grupo 6	grupo 7
1,92	4,32912						
2,58	5,28434	3,78171					
3,08	5,88068	4,22014	3,43171				
3,67	6,46812	4,65574	3,76341	3,21208			
4,08	6,8136	4,91395	3,95694	3,37207	3,18508		
4,58	7,17595	5,18673	4,15848	3,53769	3,327	3,06963	
5,08	7,48286	5,41959	4,32784	3,67596	3,44344	3,19966	3,110306
6,50	8,12168	5,9113	4,67534	3,95627	3,67215	3,46953	3,455724
7	8,28388	6,03815	4,76218	4,02539	3,72658	3,53784	3,549712
8	8,53763	6,23888	4,89648	4,13127	3,80787	3,64446	3,704347
9	8,71967	6,38518	4,99132	4,20507	3,86258	3,72071	3,823195
10	8,85027	6,49179	5,0583	4,25649	3,8994	3,77524	3,914538
11	8,94395	6,56949	5,10559	4,29234	3,92418	3,81424	3,984743
12	9,01116	6,62612	5,13899	4,31731	3,94086	3,84213	4,0387
13	9,05938	6,66739	5,16258	4,33472	3,95208	3,86208	4,08017
14	9,09397	6,69746	5,17923	4,34686	3,95963	3,87634	4,112042
15	9,11878	6,71938	5,191	4,35531	3,96472	3,88654	4,136539

Comportamento da altura, na floresta, em função do espaçamento

Na Tabela 7, são mostradas as equações que retratam o desenvolvimento da altura para os diferentes grupos do tratamento avaliado.

TABELA 7: Equações ajustadas para determinação da altura total em função da idade.

TABLE 7: Equations for determining the adjusted total height as a function of age.

Tratamento / Grupo de Plantas	Equação
Tcp □ grupo 1	$Ht = 5,41366*(1-\exp(-0,336266*t))$
Tcp □ grupo 2	$Ht = 5,64459*(1-\exp(-0,290559*t))$
Tcp □ grupo 3	$Ht = 5,27305*(1-\exp(-0,277411*t))$
Tcp □ grupo 4	$Ht = 5,39342*(1-\exp(-0,238197*t))$
Tcp □ grupo 5	$Ht = 5,31026*(1-\exp(-0,248218*t))$
Tcp □ grupo 6	$Ht = 4,52073*(1-\exp(-0,474134*t))$
Tcp □ grupo 7	$Ht = 6,88399*(1-\exp(-0,148848*t))$
Tcp □ grupo 8	$Ht = 9,63298*(1-\exp(-0,0817767*t))$
Tcp □ grupo 9	$Ht = 3,48826*(1-\exp(-0,285318*t))$
Tsp □ grupo 1	$Ht = 5,4769*(1-\exp(-0,358914*t))$
Tsp □ grupo 2	$Ht = 5,59608*(1-\exp(-0,304634*t))$
Tsp □ grupo 3	$Ht = 5,60018*(1-\exp(-0,28106*t))$
Tsp □ grupo 4	$Ht = 5,35643*(1-\exp(-0,291025*t))$
Tsp □ grupo 5	$Ht = 5,42112*(1-\exp(-0,269791*t))$
Tsp □ grupo 6	$Ht = 6,08092*(1-\exp(-0,200712*t))$
Tsp □ grupo 7	$Ht = 5,19159*(1-\exp(-0,278697*t))$
Tsp □ grupo 8	$Ht = 5,22786*(1-\exp(-0,238054*t))$
Tsp □ grupo 9	$Ht = 3,54319*(1-\exp(-0,323308*t))$

Onde: Ht – altura total (m), exp – base do logaritmo neperiano, t – idade do povoamento em anos.

Na Tabela 8 e 9 são mostrados os valores individuais de altura total estimada para o tratamento - 1,50 x 3,0 m com e sem desrama, ao longo do tempo até 15 anos. Nota-se que a altura não foi influenciada pelo grupo de plantas. Ela não foi influenciada pelo grupo de plantas exceto as plantas claramente dominadas do grupo 9.

TABELA 8: Altura total em relação à idade, para cada grupo de plantas no tratamento com desramas sucessivas.

TABLE 8: Total height in relation to age, for each group of plants and with pruning successive.

Idades (anos)	grupo 1	grupo 2	grupo 3	grupo 4	grupo 5	grupo 6	grupo 7	grupo 8	grupo 9
0,67	1,092	0,999	0,894	0,796	0,814	1,230	0,653	0,514	0,607
1,08	1,649	1,520	1,365	1,223	1,249	1,812	1,022	0,814	0,925
1,50	2,145	1,994	1,795	1,620	1,651	2,301	1,378	1,112	1,215
1,92	2,575	2,413	2,177	1,980	2,013	2,702	1,711	1,400	1,471
2,58	3,140	2,977	2,695	2,476	2,511	3,190	2,195	1,832	1,817
3,08	3,492	3,338	3,029	2,804	2,838	3,471	2,532	2,145	2,040
3,67	3,838	3,701	3,368	3,143	3,175	3,727	2,897	2,498	2,264
4,08	4,041	3,920	3,573	3,353	3,381	3,867	3,133	2,733	2,399
4,58	4,253	4,153	3,793	3,582	3,607	4,005	3,402	3,009	2,544
5,08	4,433	4,355	3,985	3,785	3,805	4,114	3,652	3,275	2,670
6,50	4,805	4,791	4,404	4,247	4,252	4,313	4,268	3,972	2,942
7	4,899	4,906	4,517	4,375	4,376	4,357	4,456	4,199	3,015
8	5,046	5,092	4,700	4,591	4,581	4,419	4,791	4,625	3,132
9	5,151	5,232	4,839	4,761	4,742	4,457	5,081	5,018	3,221
10	5,226	5,336	4,944	4,895	4,867	4,481	5,330	5,381	3,287
11	5,280	5,414	5,024	5,001	4,964	4,496	5,545	5,715	3,337
12	5,318	5,472	5,084	5,084	5,040	4,505	5,730	6,022	3,375
13	5,345	5,515	5,130	5,150	5,100	4,511	5,890	6,306	3,403
14	5,365	5,548	5,165	5,201	5,146	4,515	6,027	6,567	3,424
15	5,379	5,572	5,191	5,242	5,182	4,517	6,146	6,808	3,440

TABELA 9: Altura total em relação à idade, para cada grupo de plantas no tratamento sem desramas.

TABLE 9: Total height in relation to age, for each group of plants and without pruning.

Idades (anos)	grupo 1	grupo 2	grupo 3	grupo 4	grupo 5	grupo 6	grupo 7	grupo 8	grupo 9
0,67	1,171	1,033	0,961	0,949	0,896	0,765	0,884	0,771	0,69
1,08	1,760	1,569	1,466	1,445	1,370	1,185	1,349	1,185	1,044
1,50	2,280	2,053	1,926	1,895	1,804	1,581	1,774	1,570	1,362
1,92	2,727	2,478	2,335	2,293	2,192	1,945	2,151	1,918	1,639
2,58	3,307	3,046	2,888	2,828	2,718	2,458	2,662	2,399	2,005
3,08	3,664	3,406	3,244	3,171	3,060	2,804	2,991	2,717	2,234
3,67	4,010	3,767	3,604	3,516	3,407	3,170	3,325	3,046	2,462
4,08	4,211	3,981	3,821	3,723	3,618	3,400	3,526	3,249	2,596
4,58	4,419	4,209	4,054	3,944	3,845	3,656	3,743	3,471	2,737
5,08	4,592	4,405	4,257	4,135	4,044	3,887	3,931	3,668	2,858
6,50	4,946	4,824	4,699	4,549	4,482	4,431	4,343	4,115	3,110
7	5,033	4,933	4,817	4,658	4,601	4,589	4,454	4,240	3,175
8	5,167	5,107	5,009	4,834	4,795	4,860	4,633	4,449	3,276
9	5,260	5,235	5,154	4,966	4,943	5,082	4,769	4,614	3,350
10	5,326	5,330	5,263	5,065	5,056	5,264	4,872	4,744	3,403
11	5,371	5,400	5,346	5,138	5,142	5,412	4,950	4,847	3,442
12	5,403	5,451	5,408	5,193	5,208	5,534	5,008	4,927	3,470
13	5,425	5,489	5,455	5,235	5,259	5,633	5,053	4,991	3,490
14	5,441	5,517	5,491	5,265	5,297	5,715	5,087	5,041	3,505
15	5,452	5,538	5,518	5,288	5,326	5,781	5,112	5,081	3,515

Modelagem do Crescimento da Produção

Na Tabela 10, apresentam-se as equações resultantes do ajuste dos dados de volume total por fuste em função da idade para cada tratamento, com e sem desrama (cp e sp) e distribuídos em grupos de plantas, de acordo com a época em que o CAP atingiu o valor mínimo de medição (grupo 1, grupo 2, grupo 3, grupo 4, grupo 5, grupo 6 e grupo 7 ou 1,92 anos, 2,58 anos, 3,08 anos, 3,67 anos, 4,08 anos, 4,58 anos e 5,08 anos, respectivamente).

TABELA 10: Equações ajustadas para determinação do volume total por fuste em função da idade.
 Table 10: Equations for determining the adjusted total volume of stem as a function of age.

Tratamento	Equação
Tcp → grupo 1	$V_{tcc} = 6,4619 \cdot (1 - \exp(-0,000290875 \cdot t))$
Tcp → grupo 2	$V_{tcc} = 4,81907 \cdot (1 - \exp(-0,000338963 \cdot t))$
Tcp → grupo 3	$V_{tcc} = 1,58319 \cdot (1 - \exp(-0,000593066 \cdot t))$
Tcp → grupo 4	$V_{tcc} = 1,24997 \cdot (1 - \exp(-0,000531114 \cdot t))$
Tcp → grupo 5	$V_{tcc} = 0,8142 \cdot (1 - \exp(-0,000591477 \cdot t))$
Tcp → grupo 6	$V_{tcc} = 0,859386 \cdot (1 - \exp(-0,00058606 \cdot t))$
Tcp → grupo 7	$V_{tcc} = 0,696741 \cdot (1 - \exp(-0,000578187 \cdot t))$
Tsp → grupo 1	$V_{tcc} = 1,89448 \cdot (1 - \exp(-0,000873993 \cdot t))$
Tsp → grupo 2	$V_{tcc} = 1,72165 \cdot (1 - \exp(-0,000641873 \cdot t))$
Tsp → grupo 3	$V_{tcc} = 0,987681 \cdot (1 - \exp(-0,000693092 \cdot t))$
Tsp → grupo 4	$V_{tcc} = 1,0735 \cdot (1 - \exp(-0,000453293 \cdot t))$
Tsp → grupo 5	$V_{tcc} = 0,65361 \cdot (1 - \exp(-0,000644934 \cdot t))$
Tsp → grupo 6	$V_{tcc} = 0,699671 \cdot (1 - \exp(-0,000516419 \cdot t))$
Tsp → grupo 7	$V_{tcc} = 0,633922 \cdot (1 - \exp(-0,000555813 \cdot t))$

Onde: V_{tcc} – volume total com casca (m^3), \exp – base do logaritmo neperiano, t – idade do povoamento em anos.

Com as equações ajustadas para cada tratamento, chegou-se aos valores de volume em m^3 por fuste, por idade para cada grupo de plantas. Nas tabelas 11 e 12 esse é mostrado para o tratamento 1,5 x 3,0m. Nessa tabela observa-se que na última coluna, contém o valor do volume total observado em cada idade. Esse valor é a soma, para cada idade, dos valores de cada grupo multiplicado pelo número de fustes encontrados nesses grupos em 448 covas (Tabela 3).

Os valores da última coluna das Tabelas 11 e 12 são referentes ao volume total do tratamento 1,5 x 3,0m com e sem desramas.

TABELA 11: Volume Total (m^3) por fuste em relação à idade para cada grupo de plantas no tratamento com desrama sucessiva.

TABLE 11: Total Volume (m^3) per stem in relation to age for each group of plants in treatment with successive pruning.

Idades (anos)	grupo 1	grupo 2	grupo 3	grupo 4	grupo 5	grupo 6	grupo 7	Volume Total
1,92	0,0036							0,0253
2,58	0,0048	0,0042						0,6153
3,08	0,0058	0,0050	0,0029					1,2170
3,67	0,0069	0,0060	0,0034	0,0024				1,5570
4,08	0,0077	0,0067	0,0038	0,0027	0,0020			1,9898
4,58	0,0086	0,0075	0,0043	0,0030	0,0022	0,0023		2,2703
5,08	0,0095	0,0083	0,0048	0,0034	0,0024	0,0026	0,0020	2,5791
6,5	0,0122	0,0106	0,0061	0,0043	0,0031	0,0033	0,0026	3,2990
7	0,0131	0,0114	0,0066	0,0046	0,0034	0,0035	0,0028	3,5523
8	0,0150	0,0131	0,0075	0,0053	0,0038	0,0040	0,0032	4,0588
9	0,0169	0,0147	0,0084	0,0060	0,0043	0,0045	0,0036	4,5651
10	0,0188	0,0163	0,0094	0,0066	0,0048	0,0050	0,0040	5,0712
11	0,0206	0,0179	0,0103	0,0073	0,0053	0,0055	0,0044	5,5770
12	0,0225	0,0196	0,0112	0,0079	0,0058	0,0060	0,0048	6,0825
13	0,0244	0,0212	0,0122	0,0086	0,0062	0,0065	0,0052	6,5879
14	0,0263	0,0228	0,0131	0,0093	0,0067	0,0070	0,0056	7,0930
15	0,0281	0,0244	0,0140	0,0099	0,0072	0,0075	0,0060	7,5978

TABELA 12: Volume Total (m³) por fuste em relação à idade para cada grupo de plantas no tratamento sem desrama.TABLE 12: Total Volume (m³) per stem in relation to age for each group of plants in water without pruning.

Idades (anos)	grupo 1	grupo 2	grupo 3	grupo 4	grupo 5	grupo 6	grupo 7	Volume Total
1,92	0,0032							0,0095
2,58	0,0043	0,0028						0,3205
3,08	0,0051	0,0034	0,0021					0,8627
3,67	0,0061	0,0041	0,0025	0,0018				1,4542
4,08	0,0067	0,0045	0,0028	0,002	0,0017			2,0201
4,58	0,0076	0,0051	0,0031	0,0022	0,0019	0,0017		2,3236
5,08	0,0084	0,0056	0,0035	0,0025	0,0021	0,0018	0,0018	2,7323
6,5	0,0107	0,0072	0,0044	0,0032	0,0027	0,0023	0,0023	3,4946
7	0,0116	0,0077	0,0048	0,0034	0,0029	0,0025	0,0025	3,7628
8	0,0132	0,0088	0,0055	0,0039	0,0034	0,0029	0,0028	4,299
9	0,0148	0,0099	0,0061	0,0044	0,0038	0,0032	0,0032	4,834
10	0,0165	0,011	0,0068	0,0049	0,0042	0,0036	0,0035	5,3705
11	0,0181	0,0121	0,0075	0,0053	0,0046	0,004	0,0039	5,9058
12	0,0198	0,0132	0,0082	0,0058	0,005	0,0043	0,0042	6,4407
13	0,0214	0,0143	0,0089	0,0063	0,0055	0,0047	0,0046	6,9753
14	0,023	0,0154	0,0095	0,0068	0,0059	0,005	0,0049	7,5096
15	0,0247	0,0165	0,0102	0,0073	0,0063	0,0054	0,0053	8,0435

Volume por Hectare

Para cada tratamento, com e sem desrama, obtiveram-se os volumes por hectare em metros cúbicos (Tabela 13).

TABELA 13: Volume Total por hectare (m³) em relação à idade de cada tratamento.TABLE 13: Total volume per hectare (m³) in the age of each treatment.

Idade	1,92	2,58	3,08	3,67	4,08	4,58	5,08	6,5	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tcp	4,84	6,5	7,76	9,25	10,28	11,54	12,79	16,36	17,62	20,13	22,64	25,15	27,66	30,17	32,68	35,18	37,69
Tsp	5,13	6,89	8,22	9,8	10,89	12,22	13,55	17,33	18,66	21,32	23,98	26,64	29,29	31,95	34,6	37,25	39,9

O volume por fuste no tratamento foi semelhante mesmo quando implementadas desramas sucessivas, retirando-se fustes secundários e galhos dos fustes principais reduzindo a competição.

O volume por hectare não foi superior, para o tratamento 1,5 x 3,0m, nos fustes que sofreram desramas. Porém de uma maneira geral, regimes de desramas tendem a ter uma resposta positiva no crescimento do volume por hectare.

O manejo utilizado na condução de candeais plantados está diretamente ligado ao produto desejado. Podas deixam o fuste mais cilíndrico, atingindo valores maiores de DAP, por outro lado diminui o número de fustes, pois elimina bifurcações, obtendo um produto mais retilíneo. O volume depende do diâmetro e do número de fustes.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram as seguintes conclusões:

Para florestas plantadas de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, onde as mudas são originadas de sementes coletadas em indivíduos nativos, o comportamento do plantio proporcionou uma separação dos fustes em diferentes grupos para todos os parâmetros estudados, de acordo com o vigor dos indivíduos.

O diâmetro à 1,30m de altura, para cada tratamento, alcançou valores diferentes para cada grupo de plantas de acordo com o vigor, ou seja, quanto mais cedo as plantas atingem o diâmetro mínimo de medição maiores serão os valores atingidos ao longo do tempo.

As desramas responderam positivamente ao crescimento quando analisou-se o DAP. Quando analisou-se a altura total, o volume por fuste e o volume por hectare, as desramas não surtiram efeito.

O volume total de cada fuste está diretamente relacionado aos resultados obtidos na análise do DAP. O tratamento desramado foi superior ao tratamento não desramado na variável DAP. Na variável volume total por hectare houve semelhança entre os tratamentos com e sem desrama.

O manejo utilizado na condução de candeais plantados está diretamente ligada ao produto desejado. Podas deixam o fuste mais cilíndrico, atingindo valores maiores de DAP, por outro lado

diminui o número de fustes, pois elimina bifurcações, obtendo um produto mais retilíneo. O volume depende do diâmetro e do número de fustes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARREIRA, S.; SEBEN, A.M.; SCOLFORO, J.R.S.; KAGEYAMA, P.Y. Diversidade genética e sistema de reprodução em população nativa de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish sob exploração. Genetic diversity and mating system of *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish populations under forest logging. 2004.

SCOLFORO, J.R.S. **Biometria Florestal**: Modelos de Crescimento e Produção Florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SCOLFORO, J. R. S; OLIVEIRA, A.D.; DAVIDE, A.C. Manejo sustentado das candeias *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish e *Eremanthus incanus* (Less.) Less. Disponível em:<WWW.nucleoestudo.ufla.br/nemaf/candeia> Acesso em: 05 mai. 2004. (referencial teórico – Caracterização da espécie).

SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D. de ; DAVIDE, A.C. Manejo Sustentável da Candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais. Lavras: Editora UFLA, 2011. 360 p.

SILVA, C.P. de C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. 2009. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA EM ÁREAS DE MANEJO DE AÇAIZAIS NO ESTUÁRIO AMAZÔNICO

FLORISTIC AND PHYTOSOCIOLOGY IN AÇAÍ MANAGEMENT AREAS IN THE AMAZON ESTUARY

Juliana Eveline Farias¹; Marcelino Carneiro Guedes²; Ana Margarida Castro Euler³

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar a composição florística e a fitossociologia em três regiões do estuário amazônico em que é praticado o manejo de açaiuais nativos. Nas regiões foram instaladas 30 parcelas de 0,5 ha e amostradas todas as espécies arbóreas e palmeiras com DAP \geq 5 cm, mediu-se também a circunferência a altura do peito (CAP) com fita métrica de precisão de 1mm. Foram inventariados 10821 indivíduos, representados por 114 espécies, 96 gêneros e 33 famílias. As famílias mais representativas foram Arecaceae (9 espécies e 8007 indivíduos), seguida por Rubiaceae (2 espécies e 522 indivíduos), Myristicaceae (1 espécie e 268 indivíduos), Malvaceae (10 espécies e 264 indivíduos) e Euphorbiaceae (4 espécies e 247 indivíduos). Constatou-se que a riqueza nas áreas de manejo inventariadas permaneceu alta apesar da pressão antrópica que essas áreas sofrem.

Palavras - chave: açai; Amapá; Florestam; várzea.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the floristic composition and phytosociology in three regions of the Amazon estuary in which management is practiced of native açaiuais. In regions were installed 30 plots of 0.5 ha and sampled all the species tree and palm trees with DBH \geq 5 cm, we measured the circumference at breast height (CBH) with a measuring tape of 1mm precision. 10,821 individuals were surveyed, represented by 114 species, 96 genera and 33 families. The most representative families were Arecaceae (9 species and 8007 individuals), followed by Rubiaceae (2 species and 522 individuals), Myristicaceae (1 species and 268 individuals), Malvaceae (10 species and 264 individuals) and Euphorbiaceae (4 species and 247 individuals). It was found that the areas of wealth management remained inventoried despite the high human pressure that these areas suffer.

Keywords: açai; Amapá; Florestam; floodplain.

INTRODUÇÃO

A região amazônica é conhecida por concentrar grande parte da biodiversidade da terra. Embora se pregue que é necessário desenvolver a conservação na região, aliada ao desenvolvimento sustentável, poucos estudos foram feitos para revelar as características ecológicas das espécies e sua estrutura nos diferentes ecossistemas (ALMEIDA et al., 2004). Pouco se sabe também sobre as formas de manejo para conciliar o uso de espécies de interesse com a manutenção dos serviços ecológicos da floresta. Assim, o fortalecimento de pesquisas sobre essas temáticas são fundamentais para que se chegue a práticas produtivas realmente sustentáveis.

Dentre os diversos tipos de ecossistemas amazônicos, podemos citar as florestas inundáveis que estão associadas à calha principal do rio Amazonas e seus mil e cem afluentes (ALMEIDA et al., 2004). Ao longo do Amazonas, existem florestas inundáveis na parte alta, que são submetidas a 2 ciclos de cheia e vazante em função das estações do ano, e na parte baixa próxima ao estuário. Segundo Hiraoka (1999), o estuário amazônico é constituído por terras baixas oriundas dos sedimentos holocênicos, rodeados por depósitos mais antigos do terciário. Além disso, o estuário é região que sofre influência diária das marés oceânicas, na foz dos rios (RABELO, 1999).

Próximo ao estuário amazônico tem-se as florestas de várzeas que são influenciadas pelo ciclo

¹ Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical – PPGBio, Universidade Federal do Amapá. CEP: 68.902-280 - Macapá (AP). Bolsista CAPES. juliana_eveline@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Amapá, Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, N°2600 CEP 68903-419 Caixa Postal 10 - Macapá, AP - Brasil. mcguedes@cpafap.embrapa.br

³ Engenheira Florestal, Dra., Pesquisadora da Embrapa Amapá, Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, N°2600 CEP 68903-419 Caixa Postal 10 - Macapá, AP - Brasil. anaeuler@cpafap.embrapa.br

diário de marés enchentes e vazantes (QUEIROZ e MACHADO, 2008). As florestas inundáveis correspondem a segunda maior cobertura vegetal da bacia amazônica, com extensão de aproximadamente 75.880,8 km² (ARAÚJO et al., 1986).

Essas florestas ocupam 4,85% da cobertura vegetal do Estado do Amapá e aproximadamente de 15,46% do setor estuarino (CARIM et al., 2008). Caracterizam-se por serem ecossistemas abertos, associados a planícies de inundações dos rios e igarapés de água branca do estuário amazônico, submetidos a um ciclo diário de enchentes e vazantes por água doce representada pelas marés (ALMEIDA et al., 2004).

As áreas de várzeas são de especial importância devido aos elevados valores de produtividade e fertilidade dos solos. Como consequência, esses ambientes tem dado suporte sócio-econômico e têm sido historicamente os mais utilizados para atividades humanas (HIRAOKA, 1999; GOULDING et al., 1995). Além do uso agrícola, ocorre também exploração madeireira e extrativismo de produtos florestais não madeireiros.

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira característica da Amazônia que possui grande importância econômica e cultural. Trata-se de um dos principais extrativos vegetais da floresta amazônica (AZEVEDO, 2005). De acordo com Canto (2001), os produtos fornecidos pelo açazeiro, principalmente o palmito e o “suco” do açá, são tradicionalmente consumidos na região e auxiliam na sobrevivência da população ribeirinha dos Estados do estuário amazônico (Amapá e Pará).

Atualmente, além da importância regional, o açá vem ganhando espaço no mercado internacional, por tratar-se de um alimento exótico e rico em compostos fenólicos e antocianinas, que são substâncias com alto potencial antioxidante e comprovadamente benéficas para a saúde (ROGEZ, 2000).

Devido à valorização econômica do açazeiro, a tendência é que ocorra o adensamento da espécie, pois as comunidades que começaram a manejar seus açazais através de enriquecimento e eliminar as plantas que fazem sombra a eles. Este fato pode estar causando a alteração na composição florística dessas áreas e, conseqüentemente, redução da biodiversidade (DUBOIS et al., 1996)

Além disso, o adensamento excessivo dos açazais pode provocar o aparecimento de pragas, assim como o excesso de insolação causado pela eliminação não criteriosa das outras árvores pode prejudicar a qualidade dos frutos (JARDIM e VIEIRA, 2001). Considerando-se o potencial das áreas de várzea para o manejo do açazeiro (GAMA et al., 2005) estão faltando análises para verificar se o manejo de açazais praticados pelos ribeirinhos está afetando a diversidade florística dessas áreas. Sem tais análises, não é possível avaliar o efeito da colheita em comunidades naturais, nem é possível projetar planos de manejo apropriados para a conservação.

Além disso, embora a produção do açá possa trazer benefícios financeiros às comunidades ribeirinhas, a dependência econômica exclusiva em um único produto, deixa os ribeirinhos vulneráveis às instabilidades do mercado consumidor (FREITAS e CARIM, 2001). Sendo assim, é necessário identificar nessas áreas, outros produtos com potencial de comercialização equivalente ao do açá, para que o produtor possa ter outra fonte de renda, principalmente no período da entressafra.

Nesse contexto, a avaliação do efeito do manejo de açazais na diversidade florística das áreas de várzea, é grande importância para a manutenção da biodiversidade do estuário amazônico

Conhecer as características estruturais da floresta de várzea poderá assegurar seu aproveitamento de forma ordenada, através desse estudo, será possível conhecer as espécies constituintes, suas quantidades e distribuição, favorecendo a realização de uma alteração positiva em sua estrutura com a aplicação de técnicas de manejo corretas (HOSOKAWA et al., 1998).

As análises estruturais permitem conhecer os aspectos ecológicos das áreas de manejo de açazais sendo necessário respeitar as características e propriedades das comunidades vegetais, que formam essas florestas. Assim, não ocorrerá mudanças significativas na composição florística e estrutura dessas vegetações, mantendo a estabilidade do ambiente e preservando sua identidade ecológica (OLIVER e LARSON, 1996).

O objetivo deste trabalho de pesquisa foi analisar a composição florística e a fitossociologia em três regiões do estuário amazônico em que é praticado o manejo de açazais nativos.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

O Município do Mazagão possui área com cerca de 13.189 km², localizado sob as coordenadas geográficas 00° 06' 54" S e 51° 17' 20" W. As áreas do presente estudo estão situadas à margem esquerda do Rio Amazonas e distam cerca de 20 km da sede do município (PINTO et al., 2008). O clima da área é do tipo Ami, temperatura mínima de 23° C e máxima de 33° C com média anual de 27° C, umidade relativa acima de 80% e elevado índice pluviométrico de 2.000 mm a 2.500 mm/ano (CARIM et al., 2008) classificação do solo na região é Gleissolo Háptico (SILVA et al., 2006).

Coleta de dados

Foram selecionadas 30 famílias de acordo com os seguintes critérios: (A) Famílias cuja subsistência está diretamente relacionada à atividade de extrativismo/manejo de produtos florestais; (B) Famílias que residam na área definida como focal para realização das ações do projeto, sendo estas: (1) próximas à foz do rio Mazagão Velho; (2) próximas à foz do rio Maracá; (3) próximas à foz do rio Ajuruxi (figura 1). Serão 10 famílias representantes de cada uma das três regiões de estudo.

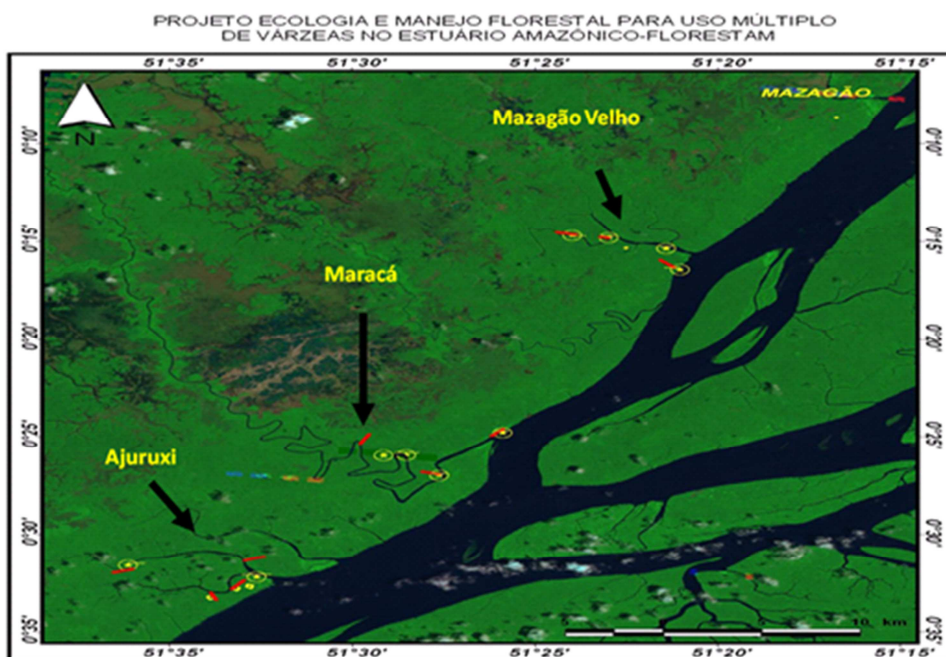
As regiões de estudo são as mesmas de abrangência do projeto Florestam (ecologia e manejo florestal para uso múltiplo de várzeas do estuário amazônico), liderado pela Embrapa Amapá e ao qual esta pesquisa está vinculado.

Cada família indicou a área em que fez o manejo, onde foram realizados inventários florísticos. O inventário em áreas de manejo foi feito em parcelas de 50 m x 100 m (0,5 ha). Foram inventariados todos os indivíduos com DAP \geq 5 cm. Foi medida a circunferência a altura do peito (CAP) com fita métrica de precisão de 1mm, avaliada a posição e forma da copa, ausência ou presença de cipós. O material foi identificado e depositado no Herbário do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA. A identificação baseou-se no sistema de classificação *Angiosperm Phynology Goup* versão II (APG, 2003).

Foram marcados quatro pontos com GPS Garmim 76 CSx com sensor de alta sensibilidade em cada parcela e um ponto da casa do produtor selecionado.

Para o estudo da estrutura populacional de *Euterpe oleracea* Mart. Considerou-se a touceira do açazeiro como um único indivíduo. As estipes das touceiras foram classificadas em três estágios de desenvolvimento relacionados ao tamanho, caracteres vegetativos e reprodutivos:

- (1) Rebrotos: Indivíduos abaixo de 50 cm de altura;
- (2) Jovens: Indivíduos com estipe aparente, não reprodutivos;
- (3) Adultos: Indivíduos reprodutivos (apresentam cachos novos e/ou cachos velhos na planta ou no solo).



Fonte: Projeto Florestam – Embrapa Amapá, 2010.

FIGURA 1: Localização das três regiões de estudo no município de Mazagão, sul do Estado do Amapá, definidas em função da confluência dos afluentes primários com o canal norte do rio Amazonas.

FIGURE 1: Location of three study areas in the city of Mazagão, south of the state of Amapá, defined by the confluence of the primary tributaries to the northern channel of the Amazon River.

Análises de dados

Programa Mata Nativa foi utilizado para obtenção dos parâmetros fitossociológicos a análise da vegetação foi obtida de acordo com os cálculos de densidades absoluta (DA) e relativa (DR), dominâncias absoluta (DoA) e relativa (DoR), frequências absoluta (FA) e relativa (FR) e dos valores de importância (VI) e de cobertura (VC), segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas três regiões estudadas foram inventariados 10821 indivíduos, representados por 114 espécies (Tabela 1) pertencentes a 96 gêneros e 33 famílias botânicas. As famílias com mais indivíduos representados foram: Arecaceae (9 espécies e 8007 indivíduos), seguida por Rubiaceae (2 espécies e 522 indivíduos), Myristicaceae (1 espécie e 268 indivíduos), Malvaceae (10 espécies e 264 indivíduos) e Euphorbiaceae (4 espécies e 247 indivíduos) (Tabela 2).

TABELA 1: Resumo dos dados coletados em três regiões de várzea em áreas manejo açazais nativos, Mazagão, Amapá, 2011.

TABLE1: Summary of data collected in three regions of floodplain management in areas açazais native, Mazagão, Amapá, 2011.

Área	Nº Parcelas	Área total	Nº Indivíduos encontrados	Nº Indivíduos por hectare
Mazagão Velho	10	5 ha	3355	671
Maracá	10	5 ha	3466	693
Ajuruxi	10	5 ha	3700	740

As espécies com os maiores números de indivíduos foram *Euterpe oleracea* Mart. (açai) com 7340 indivíduos, *Callycophyllum spruceanum* Benth. (Pau mulato) com 496 indivíduos, *Astrocaryum murumuru* Mart. (Murumuru) com 441 indivíduos, *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (Virola) com 268 indivíduos e *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Seringueira) com 139 indivíduos.

TABELA 2: Família, número de espécies (Nºsp), número de indivíduos (Ni), espécies (Sp) e nome comum das 5 famílias com maior número de árvores encontradas nos 15 hectares inventariados nas áreas de manejo de açazais.

TABLE2: Family, number of species (Nº. sp), number of individuals (Ni), species (Sp) and common name of five families with the greatest number of trees on 15 hectares in the areas of inventory management açazais.

Família	Nºsp	Ni	Sp	Nome comum		
Arecaceae	9	441	<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	Murumuru		
		55	<i>Attalea excelsa</i> Mart.	Urucuri		
		1	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth.	Pupunheira		
		7340	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açai		
		39	<i>Manicaria saccifera</i> Gaertner	Bussu		
		123	<i>Mauritia flexuosa</i> L.	Buriti		
		1	<i>Maximiliana maripa</i> (Correa) Drude.	Inajá		
		7	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Bacaba		
		Rubiaceae	2	496	<i>Callycophyllum spruceanum</i> Benth.	Pau mulato
				26	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo
Myristicaceae	1	268	<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	Virola		
Malvaceae	10	4	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertner	Sumaúma		
		10	<i>Bombax munguba</i> Mart. Ex Zucc.	Munguba		
		71	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba		
		4	<i>Herrania mariaae</i> (Mart.) Schum.	Cacau-jacaré		
		32	<i>Matisia paraensis</i> Huber	Cupuçurana		
		35	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Mamorana		
		31	<i>Quaribea Guianensis</i> Aubl.	Inajarana		
		4	<i>Sterculia speciosa</i> Schum.	Capoeiro		
		45	<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao		
		28	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) Schum.	Cupuaçu		
Euphorbiaceae	4	139	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	Seringueira		
		8	<i>Hura crepitans</i> L.	Assacú		
		2	<i>Manihot brachyloba</i> Muell. Arg.	Canela de velho		
		98	<i>Sapium lanceolatum</i> Huber	Curupita		

O número de touceiras encontrados nas áreas registrado para o açai foi de 7340, com um total de 79.238 estipes, das quais as adultas eram a menor parte (Tabela 3). Foram encontradas nas áreas inventariadas espécies exóticas como *Spondias mombin* L., *Citrus sinensis* L., *Citrus medica* L., *Anacardium giganteum* W.Hancock ex Engl., *Mangifera indica* L., *Aspidosperma desmanthum* Mart., *Bixa orellana* L., *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., *Persea americana* Mill., *Eugenia jambos* Linn. e *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk.

TABELA 3: Resumo dos dados para a população de açaí, nas áreas inventariadas. Mazagão, Amapá, 2011.

TABLE3: Summary datafor the population ofaçaíin the areassurveyed.Mazagão, Amapá, 2011.

Área	Jovens	Perfilhos	Adultos	Total de estipes
Mazagão	4277	4335	1977	10589
Maracá	4354	2083	1442	7879
Ajuruxi	5947	3037	1786	10770

Os parâmetros Fitossociológicos de densidade (Dab), dominância (DoA), frequência (FA), das espécies mais importantes encontrados nos 15 ha estão listados na Tabela 4 por ordem do Valor de importância. Os parâmetros Fitossociológicos densidade (DR), dominância (DOMR), frequência (FR), valor de cobertura (VI) estão listados na Tabela 5.

A espécie com maior densidade absoluta foi *Euterpe oleraceae* Mart. (Tabela 4), esse fato é justificado devido o levantamento ser dentro de uma área de manejo de açaizais.

Os maiores valores de densidades relativas encontradas, entre as espécies com maiores valores de importância, foram da espécie *Callycophyllum spruceanum* Benth.(4,58%) e *Spondias mombin* L. (4,08%). Na frequência relativa às espécies que apresentaram os maiores valores foram *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (3,50%), *Carapa guianensis* Aubl. (3,50%) e *Callycophyllum spruceanum* Benth. (3,37%). *Callycophyllum spruceanum* Benth. (15,91%) e *Mora Paraensis* Ducke.(8,63%) apresentaram maior dominância, o maior (VI) foi da *Callycophyllum spruceanum* Benth. (20,69), seguido por *Spondias mombin* L. (11,19) e *Mora Paraensis* Ducke. (11,11) (Tabela 5).

TABELA 4: Valores absolutos de densidade (Dab), dominância (DoA), frequência (FA), valor de importância (VI) para as 30 espécies com os maiores valores de importância nas áreas de manejo de açaizais no Mazagão em 2011.

TABLE4: Absolute values of density (Dab), dominance (DoA), frequency (FA), importance value (VI) for 30 species with the highest values of importance in the areas of management açaizais in Mazagão in 2011.

Espécies	DaB	DoA	FA (%)	VI
<i>Euterpe oleraceae</i> Mart.	489	-	-	-
<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	18	32,93	87	23,86
<i>Callycophyllum spruceanum</i> Benth.	33	14,73	77	14,17
<i>Spondias mombin</i> L.	10	17,87	70	13,83
<i>Mora Paraensis</i> Ducke	9	10,20	90	9,84
<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	9	10,20	83	9,59
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	29	9,27	90	9,26
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	10	8,93	60	7,90
<i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber	8	8,27	63	7,60
<i>Sapium lanceolatum</i> Huber	7	6,47	77	7,01
<i>Platymiscium filipes</i> Benth.	7	6,60	70	6,82
<i>Cecropia palmata</i> Willd.	7	6,87	53	6,34
<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) O. Kuntze	6	6,27	60	6,24
<i>Mauritia flexuosa</i> L.	8	4,73	47	4,76
<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	3	3,47	50	4,75
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	5	2,80	60	4,08
<i>Terminalia guianensis</i> Aubl.	1	2,73	50	3,65
<i>Inga</i> Sp2	3	2,80	47	3,55
<i>Genipa americana</i> L.	2	2,93	33	3,13
<i>Symphonia globulifera</i> L.	2	2,80	30	2,91
<i>Manicaria saccifera</i> Gaertner	3	1,73	47	2,89
<i>Attalea excelsa</i> Mart.	4	2,07	40	2,84
<i>Swartzia cardiosperma</i> Spr. Ex Benth	2	2,07	37	2,71
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	2	2,33	30	2,62
<i>Metrodorea flavida</i> Krause.	3	0,73	43	2,55
<i>Theobroma cacao</i> L.	3	2,00	33	2,54
<i>Swartzia acuminata</i> Willd.	1	1,27	37	2,40
<i>Quaribea Guianensis</i> Aubl.	2	2,13	27	2,36
<i>Matisia paraensis</i> Huber	2	1,40	37	2,30
<i>Licaria mahuba</i> (Kuhlm. & samp.) Kosterm.	1	1,80	27	2,16

TABELA 5: Valores relativos de densidade (DR), dominância (DOMR), frequência (FR), valor de importância (VI) para as 30 espécies com os maiores valores de importância nas áreas de manejo de açazais no Mazagão em 2011.

TABLE5: Values of relative density (DR), dominance (DOMR), frequency (FR), importance value (VI) for 30 species with the highest values of importance in the areas of management açazais in Mazagão in 2011.

Espécies	DR	DOMR	FR (%)	VI
<i>Callycophyllum spruceanum</i> Benth.	4,58	15,91	3,37	20,49
<i>Spondias mombin</i> L.	4,08	7,12	2,98	11,19
<i>Mora Paraensis</i> Ducke	2,48	8,63	2,72	11,11
<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	1,41	4,93	3,50	6,34
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	1,42	4,93	3,24	6,35
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	1,28	4,48	3,50	5,76
<i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber	1,26	4,32	2,33	5,57
<i>Sapium lanceolatum</i> Huber	1,15	3,99	2,46	5,14
<i>Platymiscium filipes</i> Benth.	0,91	3,12	2,98	4,03
<i>Cecropia palmata</i> Willd.	0,91	3,19	2,72	4,10
<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) O. Kuntze	0,95	3,32	2,07	4,27
<i>Mauritia flexuosa</i> L.	0,88	3,03	2,33	3,91
<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	0,66	2,29	1,81	2,94
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1,14	1,67	1,94	2,81
<i>Terminalia guianensis</i> Aubl.	0,40	1,35	2,33	1,75
<i>Inga</i> Sp2	0,39	1,32	1,94	1,71
<i>Genipa americana</i> L.	0,39	1,35	1,81	1,74
<i>Symphonia globulifera</i> L.	0,42	1,42	1,30	1,83
<i>Manicaria saccifera</i> Gaertner	0,39	1,35	1,17	1,74
<i>Attalea excelsa</i> Mart.	0,24	0,84	1,81	1,08
<i>Swartzia cardiosperma</i> Spr. Ex Benth	0,29	1,00	1,55	1,28
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	0,29	1,00	1,42	1,28
<i>Metrodorea flavida</i> Krause.	0,32	1,13	1,17	1,45
<i>Theobroma cacao</i> L.	0,51	0,35	1,68	0,86
<i>Swartzia acuminata</i> Willd.	0,28	0,97	1,30	1,24
<i>Quaribea Guianensis</i> Aubl.	0,36	0,61	1,42	0,97
<i>Matisia paraensis</i> Huber	0,30	1,03	1,04	1,33
<i>Licaria mahuba</i> (Kuhlm. & samp.) Kosterm.	0,20	0,68	1,42	0,88

O número de espécies (114) é considerado alto nas três áreas inventariadas. Apesar da pressão pela eliminação dos indivíduos durante a limpeza dos açazais, a maior parte da riqueza de espécies da região continua representada nas áreas manejadas. Autores como Carim (2008), trabalhando na região do Mazagão e Ajuruxi (APARÍCIO, 2011), respectivamente, encontraram menos espécies em áreas de floresta nativa sem manejo. Há que ressaltar que esses autores trabalharam com uma intensidade amostral menor e em apenas uma região.

Aparício (2011), em estudo sobre estrutura na região do Ajuruxi no município de Mazagão, no Estado do Amapá, em que foram inventariadas encontrou 3.060 espécies distribuídas em 33 famílias botânicas, além de 88 espécies e seis não identificadas.

As áreas de estudo, submetidas ao manejo para a produção do fruto de açaí, também são utilizadas para extração do palmito e aproveitamento de espécies madeiras para serraria. Dessa forma o produtor tende a eliminar as espécies que causam sombreamento ou que são consideradas como concorrentes para promover o enriquecimento e adensamento dos açazais, deixando na área, preferencialmente, aquelas com algum tipo de uso. Dentre as espécies com maior IVI, são encontradas espécies como pracuúba e pau mulato, que são as principais madeiras serradas na região. No entanto, mesmo priorizando as espécies com algum tipo de uso para deixar na área, ainda ficam indivíduos das outras espécies, só que em baixas densidades, o que pode reduzir o índice de diversidade dessas áreas manejadas.

Foram encontradas nas áreas inventariadas muitas espécies exóticas como *Spondias mombin* L., *Citrus sinensis* L., *Citrus medica* L., *Anacardium giganteum* W. Hancock ex Engl., *Mangifera indica* L., *Aspidosperma desmanthum* Mart., *Bixa orellana* L., *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., *Persea americana* Mill., *Eugenia jambos* Linn. e *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk. A incidência dessas espécies nas áreas ocorre devido maioria delas serem frutíferas ou são usadas de forma tradicional pelas comunidades, fazendo parte da cultura alimentar, sendo assim, mantidas nas áreas de manejo.

CONCLUSÃO

O *Callycophyllum spruceanum* Benth., *Spondias mombin* L. E *Mora Paraensis* Ducke. apresentaram o maior valor de importância, respectivamente, nas áreas de manejo de açazais.

Apesar da pressão pela eliminação dos indivíduos durante a limpeza dos açazais e extração do palmito, a maior parte da riqueza de espécies da região continua representada nas áreas manejadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. S. D.; AMARAL, D. D.; SILVA, A. S. L. D. Análise Florística de Florestas de Várzea no Estuário Amazônico. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 4, p. 513-524, 2004.

APARÍCIO, W. C. D. S. **Estrutura da Vegetação em Diferentes Ambientes na Resex do Rio Cajari: Interações Solo-Floresta e Relações com a Produção de Castanha**. 2011. 150 Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG II). An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**. n.4, p. 399-436. 2003.

ARAÚJO, A. P.; JORDY FILHOR, S.; FONSECA, W. N. A. **A vegetação da Amazônia brasileira**. Simpósio do Trópico Úmido. Belém: EMBRAPA-CPATU: 135-152 p. 1986.

AZEVEDO, J. R. **Tipologia do sistema manejo de açazais nativos praticados pelos ribeirinhos em Belém, Estado do Pará**. 2005. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Agricultras Amazônicas, Universidade Federal do Pará e Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, Belém – PA, Belém.

CANTO, S.A.E. **Processo Extrativista do Açaí: Contribuição da Ergonomia com Base na Análise Postural Durante a Coleta dos Frutos**. 2001. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

CARIM, M. D. J. V.; JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição Florística e Estrutura da Floresta de Várzea no Município de Mazagão, Amapá, Brasil. **Scientia Forestalis**. Piracicaba. v.36: 191-201 p. 2008.

DUBOIS, J. C. L.; VIANA, V. M.; ANDERSON, A. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRAF, 1996.

FREITAS, J. L.; CARIM, M. J. V. Período de produção e importância econômica de açazais nativos (*Euterpe oleracea* Mart.) para os extrativistas das várzeas do estuário amazônico: O caso de Gurupá. Amapá. **Ciência e Tecnologia**. v. 2: 52-60 p. 2001.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**. Viçosa-MG. v. 29: 719-729 p. 2005.

GOULDING, M.; SMITH, N. J.; MAHAR, D. J. **Floods of Fortune: Ecology and economy along the Amazon**. Columbia University Press. New York 1995.

HIRAOKA, M. Caboclo resource management: a review. In: REDFORD, K.; PADOCH, C., *et al* (Ed.). **Conservation in the Neotropics**. New York: Columbia University Press, 1999.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR, 1998. 162 p.

JARDIM, M. A. G.; VIEIRA, I. C. G. Composição florística e estrutura de uma floresta de várzea do estuário amazônico, Ilha do Combu, Estado do Pará, Brasil. Belém. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Botânica V**, v. 17, n. 2, p. 333-354, 2001.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547p.

OLIVER, C. D.; LARSON, B. C. **Forest Stand Dynamics**. New York: John Wiley & Sons, 1996.

PINTO, A. D. C.; SIMAS, A. P. D. S.; TARDIN, A. T.; FERNANDES, A. V.; RABELO, B. V.; SOUZA, C. B. D.; MONTEIRO, E. M. P. B.; FACUNDES, F. D. S.; ÁVILA, J. S. D. S.; SOUZA, J. S. A. D.; GUEDES, L. A. C.; PENHA, O. A. D. A. D. *et al*. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE**. 3ª edição revisada e ampliada. Macapá: IEPA, 2008.

QUEIROZ, J. A. L. D.; MACHADO, S. D. A. Fitossociologia em Floresta de Várzea do Estuário Amazônico no Estado do Amapá. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo: n. 57: 05-20 p. 2008.

RABELO, F. G. **Composição florística, estrutura e regeneração de ecossistemas florestais na região estuarina do Rio Amazonas, Amapá, Brasil**. 1999. 72 (Dissertação de Mestrado.). FCAP, Belém.

ROGEZ, H. **Açaí, Composição e Melhoramento da Conservação**. Belém: EDUFPA, 2000. 313 p.

SILVA, U. R. L. D.; TAKIYAMA, L. R.; SILVA, S. L. D. F. **Atlas da Zona Costeira Estuarina do Amapá: do Diagnóstico Socioambiental ao Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro Participativo**. Macap: Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá, 2006.

MATRIZ DE TRANSIÇÃO PARA SIMULAÇÃO DA DINÂMICA DE UM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM NOVA PRATA, RS

TRANSITION MATRIX MODEL FOR DYNAMIC SIMULATING OF AN OMBROFILUS MIXED FOREST REMAINING LOCATED IN NOVA PRATA, RS

Priscila de Moraes Pinto Bitencourt¹; Ana Flávia Boeni¹; Málaga Monteiro Bastos de Faria Soutto Mayor da Motta²

RESUMO

Este trabalho objetiva prever a dinâmica das distribuições diamétricas, capacidade de recrutamento e senescência e/ou mortalidade para o ano de 2011 em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, obtendo assim, prognósticos comportamentais do ciclo ecológico natural neste tipo de composição florestal. Para tanto, aplicou-se técnicas estatísticas para construção e validação de um modelo de simulação baseado na matriz de transição (cadeia de Markov). Na construção destas matrizes foram utilizados os dados comparativos do inventário da Floresta Ombrófila Mista do período referente ao espaço de tempo entre 2005 a 2008, dados estes, oriundos do Projeto Ecológico de Longa Duração – PELD, que possuía uma área total considerada de cinco hectares, distribuídos em 5 parcelas. Os indivíduos utilizados como base de fonte de dados, tiveram sua circunferência a altura do peito (CAP) medida e posteriormente seu diâmetro calculado, estipulou-se classes diamétricas distintas, bem como a observação de senescência e/ou mortalidade dentro destas parcelas. Elaborada a matriz de transição da amostra, calculou-se a estimativa para um mesmo período de tempo (3 anos) de 2008 a 2011.

Palavras-chaves: cadeia de Markov; dinâmica; predição; classe diamétrica

ABSTRACT

The present study is objective predict the diameter distribution's dynamics, recruit capacity and the senescence and / or mortality for the year 2011 on Araucaria forest, obtaining predictions natural ecological evolution cycle in this forest composition. For both, we applied statistical techniques to develop and validate a simulation model based on transition matrix (Markov's chain). In construction of these matrices we used comparative data from the Araucaria forest inventory of the time between 2005 to 2008, these data coming from the Projeto Ecológico de Longa Duração – PELD", had considered total area with five hectares, distributed in five plots. The individuals used as data base, had the circumference at breast height (CAP) measured and then diameter calculated, was stipulated different diameter classes, observation of senescence and / or mortality in these plots. Made the transition matrix of sample, we calculated the estimate for the same time interval (three years) of the time between 2008 to 2011.

Keywords: Markov chain; dynamic; prediction; diametric

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país rico em biodiversidade, pois graças a sua elevada extensão territorial contempla vários ecótipos florestais. Entre estes está a Floresta Ombrófila Mista, ecossistema florestal que faz parte do domínio de Mata Atlântica e é tipicamente da Região Sul do país, sendo também chamado de Floresta de Araucárias ou Mata dos Pinhais.

Segundo RODERJAN *et al.* (2002), é uma unidade fitoecológica onde contempla-se a coexistência de representantes das floras tropical (afro-brasileira) e temperada (austro-brasileira), em marcada relevância fisionômica de elementos Coniferales e Laurales, onde domina *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), espécie gregária de alto valor econômico e paisagístico.

Por conter espécies de alto valor econômico, este ecossistema, juntamente com as demais florestas nativas do Brasil, foram exploradas de forma desordenada e com pouco ou nenhuma preocupação na sustentabilidade para as gerações futuras.

Ao longo do processo histórico de ocupação do sul do país, assistiu-se a uma rápida eliminação de sua cobertura florestal, produto dos ciclos econômicos, particularmente o da exploração da madeira, o do café e, mais recentemente, o da soja (SANQUETTA, 2005). Além disso, as técnicas silviculturais e de manejo florestal têm sido pouco empregadas nas nossas florestas.

Na discussão do que deve ser feito para contrabalançar a destruição até aqui atingida,

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-340, Santa Maria, RS, priscila.m.bitencourt@gmail.com; anafboeni@gmail.com

² Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pampa, CEP 97300-000, São Gabriel, RS, malagueta07@gmail.com

Austregésilo *et al.* (2004) enfatiza que as florestas devem ser estudadas para propiciar o conhecimento e a manutenção da biodiversidade, bem como para que se viabilize a exploração de seus produtos, bens e ou serviços provenientes de forma planejada e racional, para garantir o fluxo contínuo desses recursos.

Entretanto, nas florestas nativas, além de toda a complexidade de sua composição, com um grande número de espécies com as mais diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas, poucas são as informações de como as plantas crescem, seja em áreas intactas, seja em áreas exploradas ou ainda em áreas sujeitas a regime de manejo.

Dentro desta linha de raciocínio, Shugart e West (1981) apontam que a importância do entendimento dos ecossistemas florestais não é baseada nas idades, mas sim nas mudanças conhecidas no presente. Porém, os modelos determinísticos consistindo de uma simples função matemática (linear, polinomial ou exponencial) não demonstraram ainda que são comprovadamente adequados, quando séries de tempo são envolvidas (MORRISON, 1976).

Todavia, faz-se necessário a utilização de modelos que usam matriz de transição, sendo estes apropriados para análise de muitos problemas biológicos, principalmente em estudos relacionados com a dinâmica da floresta (ENRIGHT e OGDEN, 1979).

Pulz *et al.* (1999) enfatizam que um dos instrumentos mais utilizados para auxiliar no planejamento florestal, é o modelo de produção. Embora estes impliquem uma simplificação da realidade, é extremamente útil para o administrador florestal, obter a prognose da distribuição diamétrica das árvores, possibilitando várias ações, dentre elas, a definição do ciclo de corte e a avaliação da viabilidade econômica do manejo.

Vanclay (1995), trabalhando com a matriz de transição, considerou que a mesma também pode ser denominada de cadeia de Markov ou ainda matriz de Usher, assumindo que uma árvore, em uma determinada classe de diâmetro, tem a probabilidade de mover-se para outra classe, sendo que durante um certo período de tempo, esta permanece na classe diamétrica, e com o seu desenvolvimento, pode migrar para outras classes de diâmetro e, após atingir a senescência, morrer.

As técnicas empregadas nessa dinâmica são a modelagem da produção baseada na razão de movimentação de diâmetros ou com o uso de matriz de transição (cadeia de Markov), nestes casos é primordial o desenvolvimento de modelos que estimem o recrutamento, a mortalidade e o incremento. (MENON, 2010)

O objetivo deste trabalho foi prever a dinâmica das distribuições diamétricas e a capacidade de recrutamento de uma Floresta Ombrófila Mista. Para tanto foram utilizadas técnicas estatísticas para construção e validação de um modelo de simulação baseado na matriz de transição, (cadeia de Markov).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

A área de estudo pertence à Fazenda Tupi, localizada no município de Nova Prata, Rio Grande do Sul.

Segundo Moreno (1961), a região de estudo apresenta um clima do tipo “Cfb1”, caracterizado pela ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano, possuindo a temperatura do mês mais quente inferior a 22° C e a do mês mais frio oscilando entre -3 e 18°C.

Durante o ano, o mês mais frio é julho, com uma temperatura média de 11,3°C, e o mês mais quente é janeiro, com uma temperatura média em torno de 20,3°C. A ocorrência de geadas é um fenômeno comum dada à latitude e a geografia local.

Os solos da região são classificados como Nitossolos e Neossolos (STRECK *et al.*, 2002). A geologia da região em estudo apresenta-se de tipo aplainada, com altitude ao redor de 750 m acima do nível do mar (BRASIL, 1973).

Segundo Veloso & Góes Filho (1982) a vegetação natural da região de Nova Prata pertence ao tipo fitogeográfico “Floresta Ombrófila Mista”. Essa formação florestal caracteriza-se por apresentar uma mistura de floras de diferentes origens, definindo padrões fitofisionômicos próprios, em zonas climáticas caracteristicamente tropicais (LEITE e KLEIN, 1990).

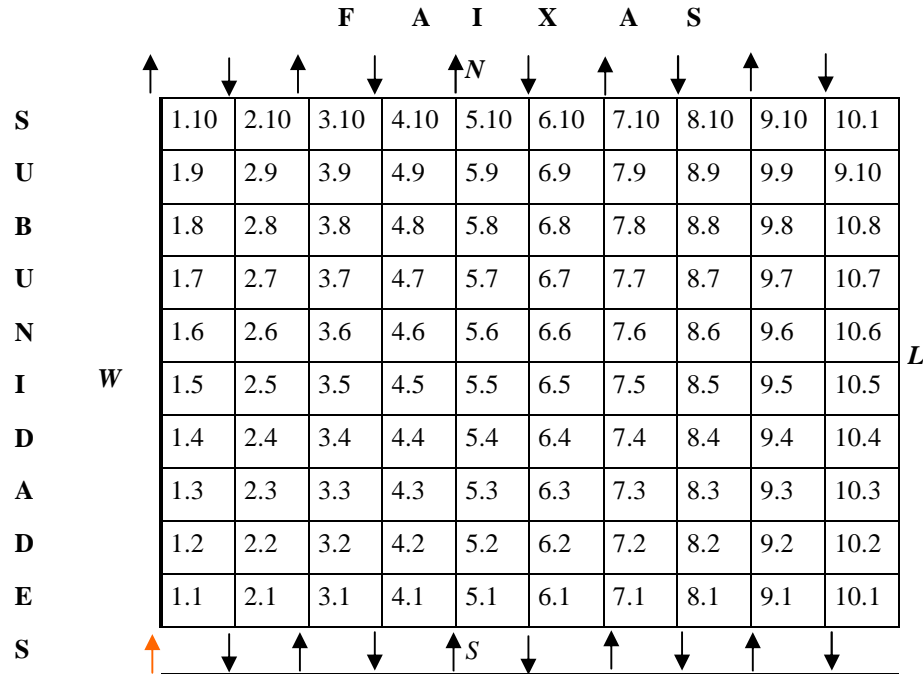
Amostragem

Para a realização do presente estudo, utilizou-se cinco unidades amostrais permanentes, que fazem parte do Sítio 9 do Programa PELD-CNPq “Conservação e Manejo Sustentável de Ecossistemas Florestais – Bioma Floresta de Araucária e suas Transições”. Cada unidade amostral permanente tem a forma quadrada, com 100x100 m (1,0 ha). Tais unidades estão demarcadas no terreno e divididas em dez faixas de 10 m de largura por 100 m de comprimento, as quais estão subdivididas em dez subunidades de 10 m X 10 m (100 m²) como mostra a Figura 1 (abaixo). Todas as árvores da parcela que apresentam circunferência à altura do peito (CAP) maior ou igual a 30 cm, estão numeradas, etiquetadas e identificadas.

As unidades amostrais foram instaladas em 1995 e remeidas anualmente a partir de 2000, até

2008, completando 9 anos de medições. Para fins de análises técnicas pertinentes, foram utilizados dados mais relevantes referentes ao período de 2005 a 2008. Estas foram realizadas pela equipe do PELD, formada por bolsistas e por um engenheiro florestal.

A medição da altura das árvores foi feita com altímetro VERTEX (com precisão de 0,1 m) a partir do ano 2000. A medição das circunferências à altura do peito (CAP) foi feita com uma trena retrátil com precisão milimétrica



Fonte: Longhi et al. (2006)

FIGURA 1: Desenho esquemático de uma unidade amostral permanente.
 FIGURE 1: Schematic drawing of a sample unit permanent.

Análise dos dados

Os dados pré existentes do período entre 2005-2008, foram base para cálculos de projeção de crescimento diamétrico e posterior mudança de classe diamétrica e mortalidade dos indivíduos analisados. A partir dos resultados galgados no inventário de parcelas permanente do PELD para o intervalo de tempo real, podemos estimar para o ano de 2011 a probabilidade de números de indivíduos por classe diamétrica e suas possíveis mudanças de classe, bem como a mortalidade e recrutamento e novos indivíduos.

As classes diamétricas foram divididos em uma amplitude de 10cm de diâmetro para cada classe, iniciando com o diâmetro 5cm. Entretanto, deve-se considerar que, os dados iniciam na medição de 9,54 cm de diâmetro (30 cm de CAP) para haver uma padronização nos cálculos.

O método aplicado para análise comparativa foi a Cadeia de Markov, onde segundo Chiang, (1980) considera-se: (i) estados $i e j = 1, 2, \dots, m$; (ii) tempos de observação $t = 0, 1, \dots, T$; (iii) $p_{ij}(t+1)$ ($i, j = 1, 2, \dots, m$) = probabilidade do estado j no tempo $t+1$, dado o estado i no tempo t .

Para a utilização de Markov deve-se ponderar dois pontos básicos, sendo que o primeiro é que o incremento periódico em diâmetro das árvores da floresta, obtido na parcela permanentes, tem o comportamento idêntico no futuro, ao obtido por ocasião das avaliações realizadas nas parcelas permanentes. O segundo ponto básico é que a projeção da estrutura da floresta depende somente do estado atual, não sofrendo efeito do desenvolvimento passado da floresta. Esta característica ou propriedade do modelo considerado é definida como Propriedade Markoviana(SCHNEIDER, 2004)

Um processo Markov é considerado homogêneo em relação ao tempo ou tempo homogêneo, se a probabilidade de transição

$$p_{ij}(t, t+1) = \Pr [x(t+1) = j | x(t) = i], \text{ para } i, j = 1, 2, \dots, m. \quad [1]$$

dependem apenas da diferença entre t e $t+1$, mas não de t e $t+1$ separadamente (CHIANG, 1980).

A montagem da matriz começa com o cálculo de:

$$P_{ij} = n_{ij} / n_j \quad [2]$$

onde: n_{ij} = número de indivíduos na classe j no tempo $t+1$, dada a classe i no tempo t e n_i = número total de indivíduos na classe i no tempo t .

A matriz de transição probabilística de uma cadeia de Markov para um processo de n estados pode ser montada da seguinte maneira:

$$P = (p_{ij}) = \begin{matrix} & \begin{matrix} j=1 & j=2 & j=3 & \dots & j=m \end{matrix} \\ \begin{matrix} i=1 \\ i=2 \\ i=3 \\ \vdots \\ i=m \end{matrix} & \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \dots & p_{2m} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \dots & p_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & p_{m3} & \dots & p_{mm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

sendo que as probabilidades p_{ij} são não-negativos e a soma de $p_{i1} + p_{i2} + \dots + p_{im}$ deve ser igual a 1. (Higuchi, 2009)

A probabilidade de transição p_{ij} pode ser de n passos, tomando a forma de $p_{ij}^{(n)}$ onde n indica o número de tentativas, ou seja, a probabilidade que a população vai de um estado i de uma tentativa para o estado j , n tentativas depois.

Com auxílio do Excel, as informações colhidas a campo foram dispostas em matrizes e processadas pelo método supracitado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra a matriz de progressão dos dados de todas as unidades amostrais (5ha), por classe diamétrica num período de transição de 2005 a 2008. No eixo y estão todos os dados de 2005 e no eixo x situam-se os dados de 2008. Com isso, pode-se observar que para um período de 3 anos (2005-2008), na classe de 5 a 15cm de diâmetro 159 árvores foram recrutadas na primeira classe diamétrica, 974 árvores que permaneceram na mesma classe, 64 apresentaram um aumento em área basal de tal forma que passaram para a próxima classe e 99 árvores da classe morreram.

TABELA 1: Matriz de transição do estado i para o estado j durante o período de 2005 e 2008, para todas as unidades amostrais, 5ha.

TABLE 1: Matrix of transition from state i to state j during the 2005 and 2008, for all sampling units, 5ha.

Estados	R	5>15	15>25	25>35	35>45	45>55	55>65	65>75	75>85	85>95	=>95	M	Total
R	0	159	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163
5>15	0	974	64	0	0	0	0	0	0	0	0	99	1137
15>25	0	21	1019	55	0	0	0	0	0	0	0	68	1163
25>35	0	0	7	486	24	0	0	0	0	0	0	12	529
35>45	0	0	0	6	213	10	0	0	0	0	0	6	235
45>55	0	0	0	0	0	110	8	0	0	0	0	3	121
55>65	0	0	0	0	0	0	40	4	0	0	0	1	45
65>75	0	0	0	0	0	0	1	18	2	0	0	1	22
75>85	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	4
85>95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
≥95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total geral		1154	1094	547	237	120	49	22	5	3	3	190	3424

Com o auxílio da Tabela 1 e da Equação 2 foi possível chegar ao resultado da matriz inicial de probabilidade P de transição das árvores entre as classes diamétricas, o recrutamento e sua mortalidade, cujos elementos p_{ij} estão expressos na Tabela 2 (abaixo). Exemplificando tais resultados, temos que a probabilidade de um árvore permanecer na classe de 5<15 é de 0,8566, ou seja 974/1137; a probabilidade de que uma árvore cresça e passe para a classe de 15<25cm em 3 anos é de 0,0563, ou seja 64/1137; a probabilidade de que uma árvore da referida classe morra nesses 3 anos é de 0,0871, ou 99/1137. Além disso, ressalva-se que para a mesma classe citada probabilidade de um árvore ser recrutada para a

primeira classe é de 0,9755 ou 159/163.

Para Menon (2010) um remanescente de Floresta Ombrófila Mista resultaram em uma probabilidade de 0,88 para permanência na primeira classe de 15cm e igualmente para a classe de 25cm. Tais resultados aproximam-se em bom grau do presente trabalho para as classes 15 e 25cm, entretanto para valores de classes maiores percebe-se um comportamento diferente. Diferenças podem ser explicadas como conseqüências de mudança de clima, solo, luminosidade nas diferentes áreas de estudo.

TABELA 2: Matriz de transição probabilística do estado *i* para o estado *j* durante o período de 2005 e 2008.

TABLE 2: Matrix of transition probability from state *i* to state *j* during the period between 2005 and 2008.

Estados	R	5>15	15>25	25>35	35>45	45>55	55>65	65>75	75>85	85>95	≥95	M
R	0	0,9755	0,0245	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5>15	0	0,8566	0,0563	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0871
15>25	0	0,0181	0,8762	0,0473	0	0	0	0	0	0	0	0,0585
25>35	0	0	0,0132	0,9187	0,0454	0	0	0	0	0	0	0,0227
35>45	0	0	0	0,0255	0,9064	0,0426	0	0	0	0	0	0,0255
45>55	0	0	0	0	0	0,9091	0,0661	0	0	0	0	0,0248
55>65	0	0	0	0	0	0	0,8889	0,0889	0	0	0	0,0222
65>75	0	0	0	0	0	0	0,0455	0,8182	0,0909	0	0	0,0455
75>85	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0
85>95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
=>95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A Tabela 3 contém os valores obtidos elevando-se os resultados da Tabela 2 ao quadrado, ou seja, é uma matriz quadrática na qual observa a projeção do número de árvores por classe diamétrica para o ano de 2011. É possível verificar que para a classe de 5.>15cm poderá haver 1008 árvores, para 15>25cm poderão ser 1031 indivíduos e 560 para a classe de 25>35cm.

TABELA 3: Projeção de classes diamétricas para o ano de 2011, nos 5 ha, na fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

TABLE 3: Projected diameter classes for the year 2011 in 5 ha, in Tupi farm, Nova Prata, RS.

Estados	R	5>15	15>25	25>35	35>45	45>55	55>65	65>75	75>85	85>95	=>95	M
R	0	136	12	0	0	0	0	0	0	0	0	14
5>15	0	836	111	3	0	0	0	0	0	0	0	89
15>25	0	36	895	99	2	0	0	0	0	0	0	63
25>35	0	0	13	447	44	1	0	0	0	0	0	12
35>45	0	0	0	11	193	18	1	0	0	0	0	6
45>55	0	0	0	0	0	100	14	1	0	0	0	3
55>65	0	0	0	0	0	0	36	7	0	0	0	1
65>75	0	0	0	0	0	0	2	15	3	1	0	1
75>85	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
85>95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
=>95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total geral	0	1008	1031	560	240	119	52	22	6	4	3	188

As ascendências de classe diamétrica, bem como o ingresso de indivíduos recrutados e a senescência e/ou mortalidade das plantas, foi claramente demonstrada e condizente com a expectativa comportamental do ciclo ecológico em uma Floresta Ombrófila Mista. Ao aplicarmos a Cadeia de

Markov, obtivemos o prognóstico para o ano de 2011, onde a dinâmica da floresta mostrou-se novamente galgado nas projeções conhecidas para este tipo de floresta. Foram obtidos, no prognóstico, resultados muito semelhantes aos calculados a partir das medições reais, como pode ser observado na Figura 2, sendo possível creditar as projeções de redistribuição de classes diamétricas, recrutamento, senescência e/ou mortalidade. Em todas as matrizes utilizadas, é possível visualizar os períodos cíclicos mais críticos dentro de uma floresta desta natureza, tais como, os primeiros anos da planta, onde sua classe diamétrica é baixa e mortalidade acentuada, até a classe diamétrica mediana, onde há certa estagnação na mudança de classe devido à competição natural que há dentro da dinâmica avaliada.

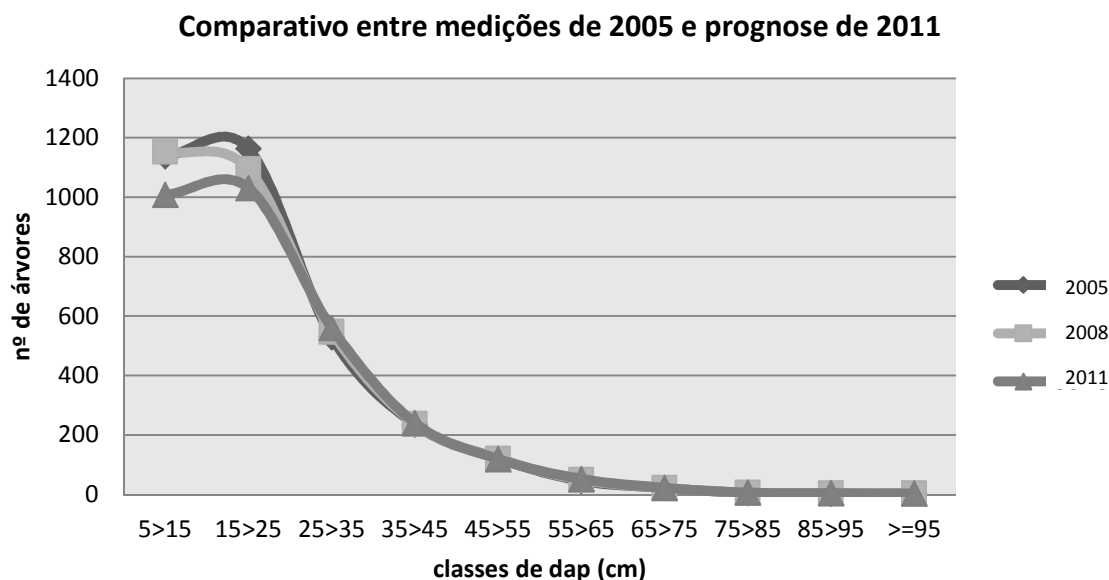


FIGURA 2: Gráfico comparativo entre as medições dos anos de 2005 e 2008 e entre a prognose de 2011.
 FIGURE 2: Graph comparing the measurements between the years 2005 and 2008 and between the prognosis of 2011.

Na Figura 2 fica evidente um bom ajuste dos dados medidos com os dados projetados, sendo que o pequeno desvio na primeira classe pode ser explicada devido ao fato de os dados reais iniciarem no diâmetro 9cm, porém para padronização de cálculo, as primeira classe iniciou-se no diâmetro 5cm.

CONCLUSÕES

Com a base de dados obtida pelo inventário alocado, foi possível construir a matriz de transição para os anos de 2005 a 2008. Pode-se então, utilizar como base para futuros trabalhos de preservação ou manejo, as estimativas obtidas para o ano de 2011, pois o mesmo mostrou-se capaz de configurar os processos de transição dinâmico, que em condições semelhantes ao inventário alocado, será apresentado por este remanescente no decorrer dos próximos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTREGÉSILO, S. L., FERREIRA, R. L. C., SILVA, J. A. A., SOUZA, A. L., MEUNIER, I. M. J., SANTOS, E. S: **Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.227-232, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de Rio Grande do Sul**. Recife: 1973. 430p. (Boletim Técnico, n.30).
- CHIANG, C.L. An Introduction to Stochastic Processes and their Applications. Robert E. Krieger Publ. Co., Huntington, New York. 1980.
- ENRIGHT, N.; OGDEN, J. Applications of Transition Matrix Models in Forest Dynamics: *Araucaria* in Papua New Guinea and *Nothofagus* in New Zealand. **Australian J. of Ecology** . v.4, p.3-23.1979.
- LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: 1990. p. 113-150.

HIGUCHI, N. Manejo Florestal. Apostila didática. Manaus: INPA, 270p 2009

MENON, M.U.; FILHO, A.F.; WATZLAWICK, L.F. Matriz de transição para predição da distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista na flona de Irati (PR). **Revista Ambiência**. Guarapuava (PR) v.6 n.2 p.271 - 280 Maio./Ago. 2010 Disponível em: <http://www.unicentro.br/editora/revistas/ambiencia/v6n2/a6.pdf>. > Acesso em outubro de 2011.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura – RS, 1961. 41p.

PULZ, F. A.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiânea com a matriz de transição. **Revista CERNE**, Lavras, v.5, n.1, p. 01-14, 1999.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, n. 24, p. 75-92, jan/jun 2002.

SANQUETTA, C. R. **Perspectivas da recuperação e do manejo sustentável das florestas de araucária**. Data de publicação, 10 de agosto de 2005. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/2005/08/09.shtml>, acessado em junho de 2011.

SCHNEIDER, P.R. **Manejo Florestal: Planejamento da Produção Florestal**. Santa Maria: Editora UFSM, 2004.

SHUGART, H. H.; WEST, D. C. Long-term Dynamics of Forest Ecosystems. **Am. Scientist**.69:647-652. 1981.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DINIZ DALMOLIN, R. S.; *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER – RS/UFSM, 2002. 107p.

VANCLAY, J. K. Growth models for tropical forests: A synthesis of models and methods. **Forest Science**, Bethesda, v. 41, n.1, p. 7 – 42, 1995.

VELOSO, H. P.; GOES FILHO, L. Fitogeografia Brasileira: Classificação fisionômicaecológica da vegetação neotropical. **In: PROJETO RADAMBRASIL**. Salvador: 1982. 85p. (Bol. Técnico. Série Vegetação, 1).

FENOLOGIA DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA
OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL EM ARAUCÁRIA, PR

PHENOLOGY OF FOREST SPECIES IN A FRAGMENT OF OMBROPHYLOUS
FLOODPLAIN FOREST AT ARAUCARIA, PR

Jaçanan Eloisa De Freitas Milani¹; Tomaz Longhi Santos²; Maria Raquel Kanieski³;
Bruno Palka Miranda⁴; Carlos Vellozo Roderjan⁵; Franklin Galvão⁵

RESUMO

Florestas aluviais exercem importante função na estabilidade do regime hídrico das planícies sujeitas a inundações periódicas, e a ausência de informações a respeito das interações ecológicas que as envolvem, como crescimento e fenologia, dificultam a elaboração de estratégias de preservação. Com este trabalho objetivou-se conhecer as características fenológicas de algumas espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, em Araucária, no estado do Paraná. As espécies selecionadas se destacam na colonização destes ambientes, seja pela densidade, frequência, ou plasticidade em ocupar áreas com constante aporte de sedimentos e a um regime de saturação do solo, de modo geral, regulados pela vazão de um rio. Observações mensais durante o período entre agosto de 2009 a julho de 2010 permitiram correlacionar os dados climáticos com a emissão de folhas, flores e frutos, bem como determinar os padrões de mudança foliar, floração e frutificação das espécies observadas. Em sua maioria, elas mantiveram suas folhas durante todo o período de observação. A floração e a frutificação ocorreram em momentos distintos. A floração e a frutificação ocorreram em momentos distintos. A temperatura média mensal foi o fator que apresentou maior correlação com as fenofases para as espécies nativas, entretanto, para as espécies exóticas tanto temperatura quanto precipitação apresentaram boas correlações. Sugere-se a continuidade de estudos de fenologia em ambientes aluviais para a compreensão da regeneração, reprodução, organização e conservação das espécies.

Palavras-chave: Fenofases; inundações; precipitação.

ABSTRACT

Floodplain forests have an important function in the stability of the water regime of the plains submitted to periodic flooding, and the lack of information about the ecological interactions that involve them, such as growth and phenology, that complicates the development of preservation strategies. The aim of this work was to understand the phenological characteristics of some tree species in a fragment of Ombrophyllous Floodplain Forest at Araucaria, Paraná State. The selected species are highlighted in the colonization of these environments, due to its density, frequency, or plasticity to occupy areas with constant input of sediments and a soil saturation regime, generally regulated by the river flow. Monthly observations through the period of August 2009 to July 2010 allowed to correlate weather data with the issuance of leaves, flowers and fruits, and to determine the patterns of change leaf, flowering and fruiting of the species observed. The species mostly kept their leaves throughout the observation period. Flowering and fruiting occurred at different times. The monthly mean temperature was the factor that most correlated with the phenophases for native species, however, for the exotic species both temperature and rainfall showed good correlations. It is suggested to continue the studies of phenology at floodplain environments for the understanding of regeneration, reproduction, organization and species conservation.

Keywords: Phenophases; floods; precipitation.

¹Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, PR. jacanan.milani@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, PR. tomazlonghi@gmail.com

³ Engenheira Florestal, M.Sc., Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, PR. raquelkanieski@gmail.com

⁴ Graduando em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, PR. brunopalka@gmail.com

⁵ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, PR. roderjan@ufpr.br, fgalvão@ufpr.br

INTRODUÇÃO

O conhecimento do comportamento fenológico de espécies arbóreas é uma ferramenta de suma importância para a compreensão da dinâmica dos ecossistemas florestais e estas informações permitem explicar as reações das plantas em diferentes ambientes.

Segundo Lieth (1974), a fenologia é o estudo da época de ocorrência de fenômenos naturais repetitivos, como os eventos biológicos cíclicos, em relação ao clima. Considerando que vários são os fatores associados ao desenvolvimento das plantas, desde a emissão de folhas, passando pela formação de flor e de fruto até a abscisão foliar, as observações fenológicas permitem relacionar em uma escala temporal como esses eventos acontecem e a suas intensidades.

A fenologia tem sido considerada como um dos melhores parâmetros utilizados para caracterizar os ecossistemas. Quando mais detalhado for o conhecimento da estrutura e função da vegetação, maior será o acesso ao manejo harmonioso e racional do ecossistema (MORELLATO e LEITÃO-FILHO, 1992). A área envolvida nos estudos de fenologia pode ser pequena para estudos intensivos de todas as fenofases em um ambiente, ou muito grandes para inter-relações regionais de fenofases (MORELLATO, 1995).

Estudos fenológicos dos ecossistemas florestais têm sido realizados em todo o mundo basicamente em dois níveis de abordagem: populações (espécies) ou comunidades. Eles podem ter caráter qualitativo, onde são levantadas as épocas em que ocorrem as fenofases, ou quantitativo, onde as fenofases são também medidas em termos de intensidade do evento (FOURNIER, 1974).

A fenologia é uma atividade descritiva, que fornece informações úteis para avaliar a adaptabilidade das espécies e para se definir metas preliminares nas operações de manejo das plantas. As plantas possuem diferentes estratégias para conseguir o seu estabelecimento em um dado local do nicho. Essas estratégias estariam envolvidas com as fenofases relacionadas às mudanças sazonais climáticas, padrão de crescimento e desenvolvimento (REGO et al., 2006).

Em florestas aluviais, estas variações parecem ser anualmente cíclicas e estar relacionadas com o padrão de precipitação e do estado hídrico do solo. A água é muitas vezes considerada o fator ambiental mais importante que afeta o crescimento e a distribuição das árvores. As fenofases podem ser fortemente relacionadas com as variações sazonais no estado hídrico da planta, que pode variar devido à disponibilidade de água no solo em conjunto com outros fatores, tais como estrutura e deciduidade das folhas, densidade e capacidade de armazenamento de água da madeira e profundidade e densidade do sistema radicular (CARDOSO, 2009).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento fenológico qualitativo de algumas espécies florestais, bem como correlacionar estes com variáveis climáticas (temperatura e precipitação) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial pertencente à Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), unidade da Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), em Araucária, PR.

MATERIAL E MÉTODO

A área de estudo está localizada na região metropolitana de Curitiba, no município de Araucária/PR, porção centro-sul do Primeiro Planalto paranaense, situada às coordenadas geográficas aproximadas de 25°35'12" S e 49°20'45" W, com altitude de 920m s.n.m. (Figura 1), e área de aproximadamente 0,2ha.

O clima é caracterizado, segundo Köppen, como Cfb (Subtropical Úmido Mesotérmico), com chuvas bem distribuídas anualmente (1.300-1.500mm) e invernos com ocorrência de geadas frequentes. A temperatura média anual do mês mais quente é inferior a 22°C, e a do mês mais frio, 18°C.

Por estar associada às planícies inundáveis do rio Barigui, os solos da área são hidromórficos, sendo classificados como Gleissolos Melânicos e Háplicos (BARDDAL et al., 2002).

A seleção dos indivíduos dentro das parcelas permanentes foi baseada em um levantamento fitossociológico disponível para a área (BARDDAL et al., 2002). As espécies com maior valor de importância para a comunidade foram selecionadas para o estudo fenológico, totalizando 101 indivíduos de quatro espécies arbóreas nativas, sendo 52 indivíduos de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs (Euphorbiaceae) - branquilha, 10 indivíduos de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk (Sapindaceae) - vacum, 12 indivíduos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) - aroeira, 11 indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg (Myrtaceae) - murta, e duas espécies exóticas, sendo elas *Hovenia dulcis* Thunb (Rhamnaceae) - uva-do-japão e *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton (Oleaceae) - alfeneiro, com 08 indivíduos selecionados para espécie cada um. A fim de se obter representatividade de indivíduos por espécie, foram também selecionados exemplares externos às parcelas, porém, dentro da área de estudo.

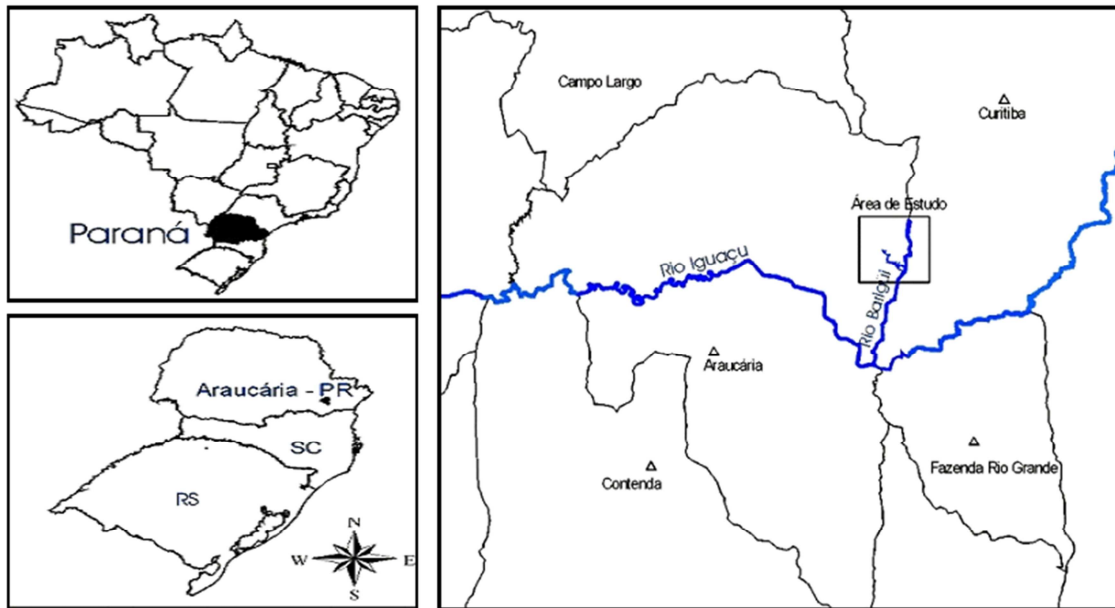


FIGURA 1: Localização da área de estudo.

FIGURE 1: Location of study area.

As observações fenológicas dos indivíduos amostrados foram realizadas mensalmente com o auxílio de um binóculo, envolvendo o acompanhamento dos fenômenos vegetativos e reprodutivos, considerando ausência ou presença das fenofases em cada um dos indivíduos.

Os dados meteorológicos do período de estudo referentes à precipitação e temperatura média mensal foram cedidos pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), para a região metropolitana de Curitiba.

As observações fenológicas e as variáveis meteorológicas (precipitação e temperatura média mensal) foram correlacionados por meio de Correlação de Pearson no aplicativo computacional *Statgrafic Centurion*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o período entre agosto de 2009 a julho de 2010, a precipitação acumulada foi de 1858,2mm. Os maiores índices de precipitação foram encontrados entre os meses de setembro e março, com valores de precipitação variando entre 359,6mm e 159,2mm, sendo os maiores valores registrados nos meses de setembro (307,4mm) e janeiro (359,6mm). O período caracterizado pelos menores índices de precipitação compreende os meses de maio (77,4mm) e junho (83,4mm) (Figura 2).

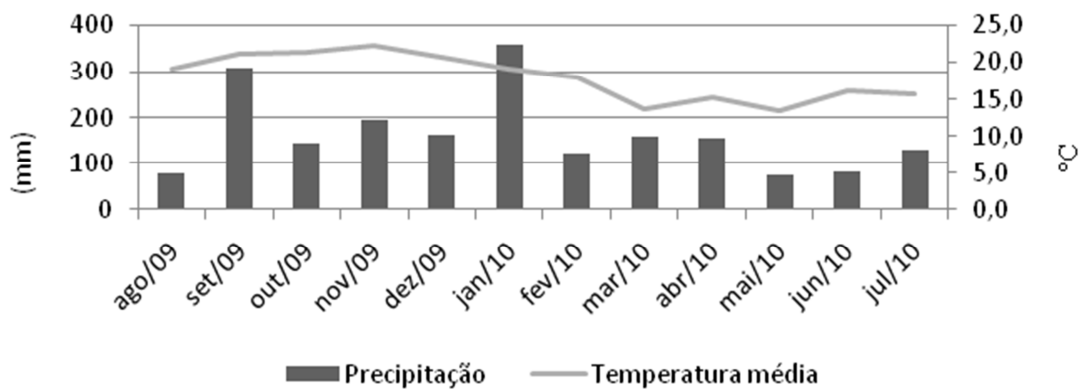


FIGURA 2: Dados de precipitação e temperatura da estação meteorológica de Curitiba de Agosto de 2009 a julho de 2010.

FIGURE 2: Precipitation and temperature data from weather station Curitiba August 2009 to July 2010.

Considerando o volume de precipitação acumulado para o período de estudo e a sua interferência no desencadeamento de muitos eventos fenológicos, os gráficos contidos nas Figuras 3 a 8 apresentam as leituras fenológicas efetuadas no período de estudo para as diferentes espécies.

Sebastiania commersoniana apresentou queda de folhas a partir de maio (Figura 2), que coincide com a proximidade do inverno ou final do período vegetativo; porém, nos meses subsequentes a queda de folhas foi menos intensa. O início da formação de botões florais se deu nos meses de fevereiro e agosto, período compatível ao encontrado por Athayde et al. (2009), ao observar *Sebastiania commersoniana* e outras espécies em uma floresta aluvial em Santa Maria/RS.

A correlação da temperatura média mensal e precipitação mensal com o percentual de folhas foi de 0,52 e 0,32 respectivamente, indicando uma possível influência da temperatura sobre a regulação do evento. Porém, há que se considerar que muitos outros são os fatores intrínsecos e extrínsecos às plantas no que diz respeito a regulação das fenofases.

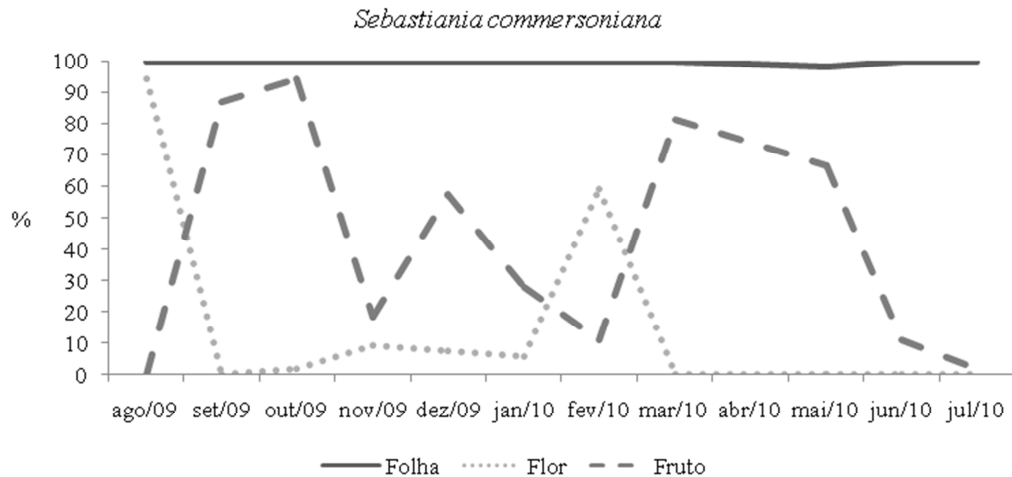


FIGURA 3: Comportamento fenológico de *Sebastiania commersoniana*.
FIGURE 3: Phenological behavior of *Sebastiania commersoniana*.

Para *Sebastiania commersoniana* e *Allophylus edulis*, a queda foliar ocorreu no mês de maio (Figura 4), que pode ser justificada pelos baixos níveis de precipitação. No estudo de Athayde et al. (2009), *Allophylus edulis* apresentou o mesmo comportamento de *Sebastiania commersoniana*, com floração entre os meses de agosto e outubro, frutificação entre outubro e novembro e brotação entre agosto e novembro.

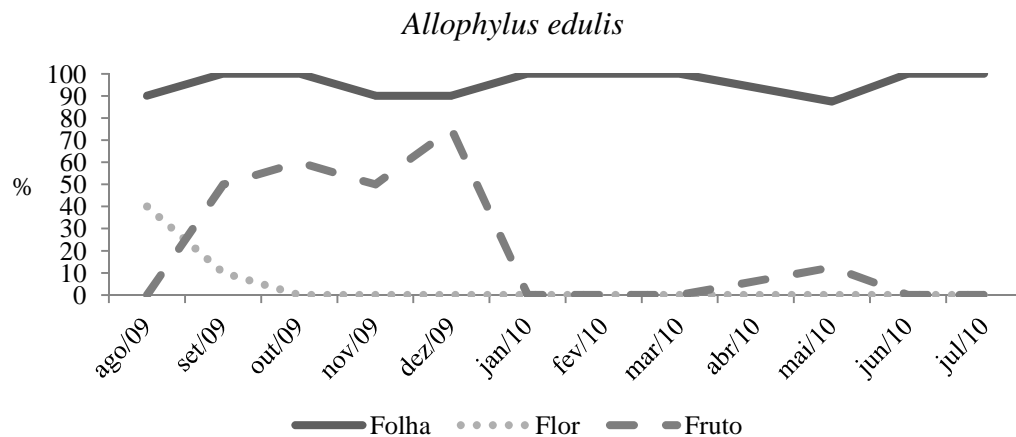


FIGURA 4: Comportamento fenológico de *Allophylus edulis*.
FIGURE 4: Phenological behavior of *Allophylus edulis*.

A espécie *Allophylus edulis* apresentou alta correlação (0,71) no que diz respeito a época de frutificação *versus* temperatura média mensal, que por sua vez se deu no período que compreende o início do verão, e como citado na literatura, durante os meses de novembro e dezembro.

O comportamento fenológico dos indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius* foi nulo em relação à abscisão foliar, mantendo suas folhas durante todo o ano. A floração iniciou-se em agosto, estendendo-se até novembro. Staggemeir et al. (2007), trabalhando com a mesma espécie em Floresta Ombrófila Densa em São Paulo, obtiveram um comportamento diferenciado, cujo período de floração ocorreu entre dezembro e janeiro. Fica evidente que a espécie tem um padrão de sazonalidade diferente em relação à floração, em tipologias distintas. No restante do período de estudo, com exceção de junho, a espécie permaneceu com frutos (Figura 5). A floração apresentou uma correlação com a temperatura média mensal de 0,68, no entanto, o período de frutificação, segundo Lorenzi (2009), ocorre a partir do mês de maio, evento este visto com antecipação no trabalho.

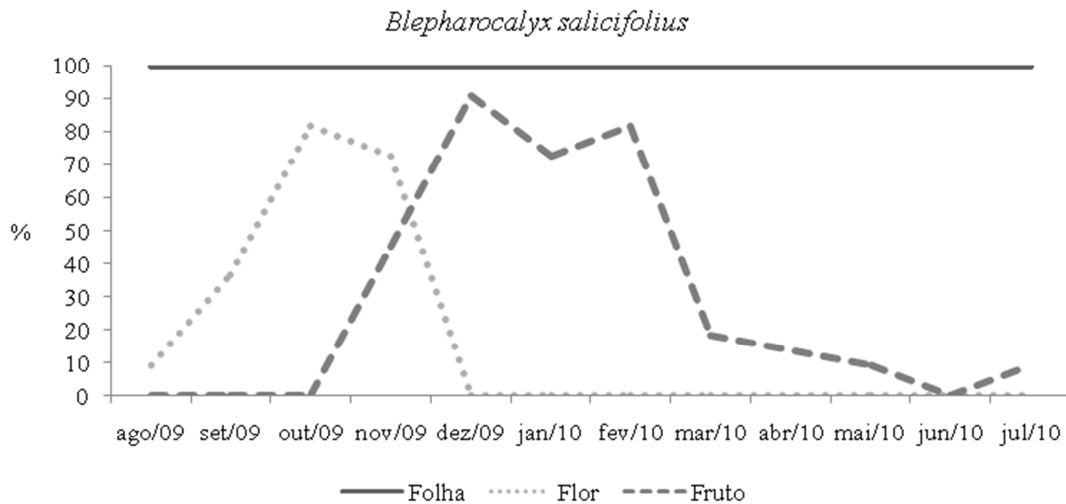


FIGURA 5: Comportamento fenológico de *Blepharocalyx salicifolius*.

FIGURE 5: Phenological behavior of *Blepharocalyx salicifolius*.

Schinus terebinthifolius teve uma ligeira queda foliar no mês de dezembro, que pode ser justificada pelo volume expressivo de precipitação, típico desta época do ano, o que pode ter ocasionado estresse hídrico dos indivíduos observados. A floração ocorreu no mês de novembro, e concomitantemente, a sua frutificação. A espécie apresentou correlação de floração (0,51) com a temperatura. Isso pode ser justificado por esses eventos terem curta duração, necessitando assim uma observação em um intervalo de tempo menor para que seja possível identificar o momento exato dessas fenofases (Figura 6). Pereira et al. (2008), em um estudo na Floresta Ombrófila Densa aluvial no estado do Rio de Janeiro, observaram um comportamento diferenciado, onde a floração e a frutificação ocorreram em dois picos: março e junho; maio e setembro, respectivamente.

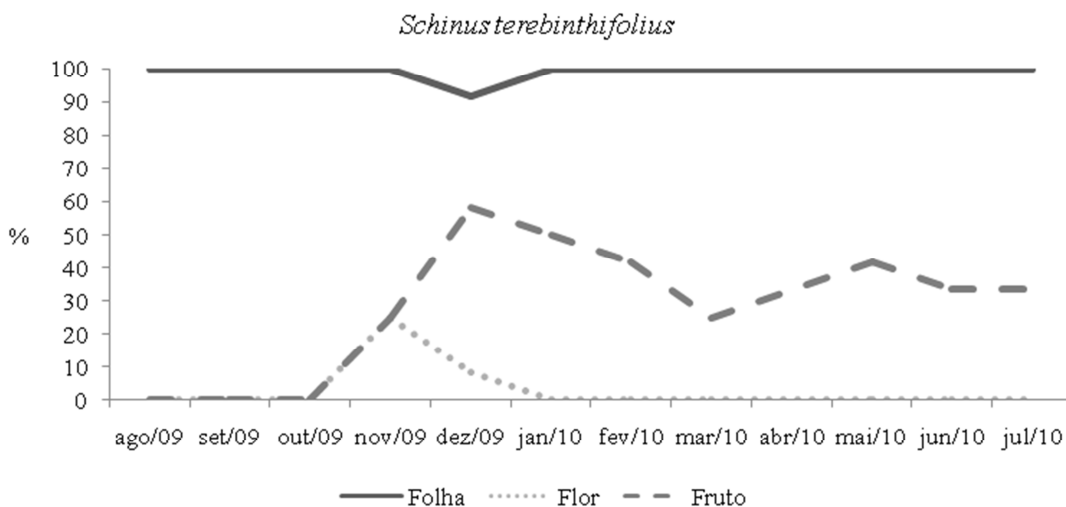


FIGURA 6: Comportamento fenológico de *Schinus terebinthifolius*.

FIGURE 6: Phenological behavior of *Schinus terebinthifolius*.

As duas espécies exóticas selecionadas na área de estudo (*Hovenia dulcis* e *Ligustrum lucidum*) apresentaram a mesma época de abscisão foliar, nos meses de setembro, dezembro e maio, porém com diferentes intensidades (Figuras 7 e 8).

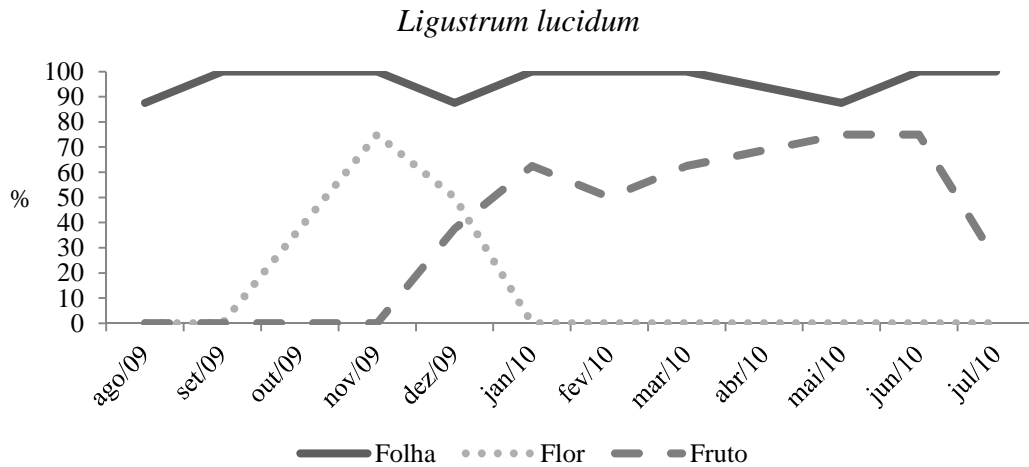


FIGURA 7: Comportamento fenológico de *Ligustrum lucidum*.**
FIGURE 7: Phenological behavior of *Ligustrum lucidum*.

As observações fenológicas para *Ligustrum lucidum* mostram que a espécie apresenta um período de floração de três meses (outubro, novembro e dezembro). Concomitantemente, o período de frutificação inicia-se em dezembro, estendendo-se durante oito meses. Este fenômeno pode estar relacionado ao tempo de maturação dos frutos, entretanto, os estudos não são conclusivos, necessitando de um aprofundamento nas observações fenológicas da espécie.

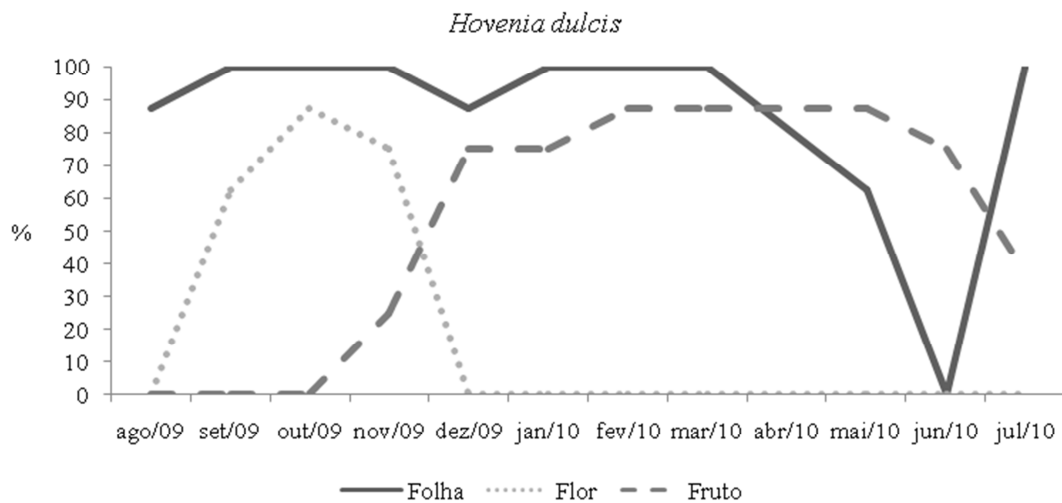


FIGURA 8: Comportamento fenológico de *Hovenia dulcis*.
FIGURE 8: Phenological behavior of *Hovenia dulcis*.

Hovenia dulcis, uma espécie decídua, apresentou o comportamento esperadoperdendo todas as suas folhas no mês de junho, retornando a emissão foliar no mês subsequente. O início da floração ocorreu no mês de setembro, e a frutificação, no mês de novembro, sugerindo um padrão anual de ambos os eventos.

Diferentemente do observado para todas as espécies nativas, *Hovenia dulcis* e *Ligustrum lucidum* apresentaram correlação significativa com a precipitação, quando analisados os dados de emissão de folhas, 0,45 e 0,41 respectivamente. Ambas apresentaram correlação de 0,68 na floração em relação à temperatura média, entretanto, quanto à frutificação não foi observada nenhuma relação de temperatura ou precipitação com esta fenofase, demonstrando assim, que possivelmente questões intrínsecas às plantas, em relação à frutificação destas espécies, podem influenciar de maneira preponderante aos extrínsecos, ou seja, muito mais uma resposta fisiológica do que um estímulo ambiental.

CONCLUSÕES

Com base nas observações fenológicas das espécies monitoradas, a regularidade das leituras em alguns casos pode não ter sido eficiente para o registro do evento biológico, ou ainda a morfologia das flores e dos frutos pode ter ocasionado equívocos.

Dos dados climáticos analisados, a precipitação foi o que obteve menor correlação com a emissão de folhas, flores e frutos, principalmente para as espécies nativas, sendo que para as exóticas, apresentou alta correlação. Entretanto, a temperatura média mensal, para todas as espécies, foi o que melhor correlação apresentou, podendo indicar que a ocorrência dos eventos está consideravelmente ligada ao estímulo da temperatura.

De antemão, contudo, é possível observar comportamentos diferenciados entre si, cujo entendimento deverá justificar, parcial ou integralmente, a posição e a importância de cada espécie dentro da comunidade.

A continuidade do estudo fenológico é de fundamental importância, além do que a correlação destes dados com o crescimento das espécies se faz necessária para uma melhor compreensão da influência do ambiente sobre as plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATHAYDE, E.A.; GIEHL, E.L.H.; BUDKE, J.C.; GESING, J.P.A.; EISINGER, S.M. Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.7, n.1, p.43-51, 2009.

BARDDAL, M.L.; RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G.R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v.14, n2, p.37-50, 2002.

CARDOSO, F.C.G. **Variações fenológicas de árvores da Floresta Atlântica, em diferentes condições de solo**. 2009. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árboles. **Turrialba**, Turrialba, v.24, n.4, 1974.

LIEBSCH.D.; MIKICH, S.B. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. **Revista Brasil**. v 32. n.2, p. 375-391, abr-jun.2009.

LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. *In Phenology and seasonality modeling* (H. Lieth). Berlin-Springer-Verlag, New York, p. 3-19. 1974.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2009. 504p..

MORELATTO, L.P.C. **As estações do ano na floresta**. *In: Ecologia e Preservação de uma floresta tropical urbana*. P.C.Morellato & H.F. Leitão-Filho (orgs). Editora da Unicamp. Campinas, p. 37-41.1995.

MORELLATO, L. P.C.; LEITÃO- FILHO, H.F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. p. 112-140. *In* MORELATTO, L.P.C (Org). **História natural da Serra do Japi: Ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. 1992.

PEREIRA, T.S.; COSTA, M.L.M.N.; MORAES, L.F.; LUCHIARI, C. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **IHERINGIA**. Série Botânica, Porto Alegre, v.63, n.2, p.329-339, jul-dez. 2008.

REGO, G.M.; LAVORANTI, O.J.; NETO, A.A. Monitoramento dos ciclos fenológicos da Imbuia, no município de Colombo, PR. **Comunicado Técnico 174**. EMBRAPA FLORESTA. Colombo,PR. 2006.

STAGGEMEIER, V.G.; MORERELLATO, L.P.C.; GALETTI, M. Fenologia reprodutiva de Myrtaceae em uma ilha continental de Floresta Atlântica. Nota científica. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl.1, p.423-425 jul 2007.

AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DE UM CAMBISSOLO PELO TRÁFEGO DE MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL UTILIZANDO MÉTODOS GEOESTATÍSTICOS

ASSESSMENT OF COMPACTION OF CAMBISSOL BY TRAFFIC OF LOGGING MACHINES USING GEOSTATISTICS METHODS

Jean Alberto Sampietro¹; Cedinara Arruda Morales¹; Eduardo da Silva Lopes²; José Miguel Reichert³; Julio Cesar Winches Soares¹; Eduardo Kneipp Londero⁴

RESUMO

O tráfego intenso em operações de colheita florestal causa a compactação do solo, podendo o efeito afetar áreas além das trilhas de passagem das máquinas. Este trabalho objetivou avaliar o impacto e a extensão em que resistência à penetração (RP) de um Cambissolo Húmico (CHa) é afetada pelo tráfego de máquinas de colheita da madeira em povoamentos *Pinus taeda*, utilizando métodos geoestatísticos para determinação da dependência e variabilidade espacial. O estudo foi conduzido em áreas de colheita de madeira de uma empresa florestal localizada no Estado de Santa Catarina. Os tratamentos avaliados advieram da simulação de diferentes intensidades de tráfego. Leituras de RP foram realizadas nas trilhas de passagem dos rodados das máquinas e transversalmente em intervalos de 25 cm até 100 cm, e nos entre rodados, perfazendo um malha de 5 x 20 m, totalizando 55 pontos por tratamento, sendo obtidos dados a cada 1 cm até 80 cm de profundidade. Os dados foram avaliados por estatística descritiva e ajustaram-se modelos de semivariogramas para análise da dependência espacial. Grande amplitude e variação dos dados foram detectadas. Houve predominância de ajuste de semivariogramas do tipo linear e gaussiano, com forte grau de dependência espacial (GDE) e alcance (a) variando de 106,60 a 217,90 m. Conforme o tráfego aumentou, maior foi a compactação do solo, mostrando que, apesar da grande variação verificada, a geoestatística se mostrou importante ferramenta para análise espacial da compactação do solo.

Palavras-chave: Variabilidade espacial; compactação do solo; resistência do solo à penetração; colheita florestal.

ABSTRACT

The intense traffic in logging operations cause soil compaction, which may affect areas beyond the wheel tracks of machines. The objective of this study was to evaluate the impact and the extent which penetration resistance (PR) of a Humic Cambisol (HC) is affected by traffic of logging machines in stands of *Pinus taeda*, using geostatistics methods to determine the spatial dependence and variability. The study was conducted in logging areas of the forestry company located in the Santa Catarina State, Brazil. The treatments thereby made of the simulation of different traffic intensities. RP measures were taken in wheel tracks trails and in horizontal intervals of 25 cm up to 100 cm, and in between the tracks, making a grid of 5 x 20 m, totaling 55 points per treatment, and obtained data every 1 cm up to 80 cm of depth. Data were analyzed by descriptive statistics and were adjusted semivariogram models for the spatial dependence analysis. Data showed great range and variation. Linear and Gaussian models predominated in adjusted variogram models, with strong spatial dependence degree (SPD) and range (a) ranged from 106.60 to 217.90 m. The increased traffic increased soil compaction, showing that, besides the great variation observed, the geostatistics proved to be an important tool for spatial analysis of soil compaction.

Key-words: spatial variability; soil compaction; soil penetration resistance, logging.

INTRODUÇÃO

Durante as operações de colheita da madeira, as máquinas trafegam várias vezes sobre a mesma trilha, causando a compactação do solo, podendo o efeito afetar áreas além das trilhas de passagem das

¹ Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista CAPES. engsampietro@yahoo.com.br; cedinarasm@gmail.com; juliowincher@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR 153, Km 7, CEP 84500, Irati, PR. eslopes@pq.cnpq.br

³ Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). reichert@smail.ufsm.br

⁴ Engenheira Florestal, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). eklondero@gmail.com

máquinas, ocasionando o impedimento mecânico ao crescimento radicular, resultando em menor volume de solo explorado, menor absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, menor desenvolvimento das plantas.

A compactação decorre de tensões aplicadas sobre o solo, aproximando as partículas, com redução no volume por elas ocupado, trazendo incremento na densidade e redução do espaço poroso, na infiltração e no movimento interno de água, maior resistência mecânica do solo (REICHERT et al., 2010), resultando em impedimento ao crescimento das raízes, redução da sobrevivência de mudas e menor desenvolvimento do povoamento.

O nível de compactação sofrido pelo solo depende de vários fatores, no entanto, um dos fatores de maior influência é o número de passadas das máquinas. De acordo com Bettinguer et al. (1994), as passadas repetidas das máquinas de colheita, principalmente na etapa de extração florestal, comprimem a massa do solo, resultando num aumento significativo da compactação do mesmo.

Para Seixas (2000), o efeito do tráfego dos tratores florestais sobre o solo é maior nas primeiras passadas, sendo que o aumento da densidade nas trilhas de tráfego está relacionado com o número de passadas, o teor de matéria orgânica e o tipo de máquinas e rodados utilizados. Seixas e Souza (2007) relatam que aproximadamente 80 % da variação da compactação do solo, avaliada pela densidade do solo, ocorreu depois de cinco passadas do trator agrícola mais carreta carregada sobre o mesmo local. Camargo (1999), estudando um sistema de colheita da madeira composto por *Feller-buncher* e *Skidder*, verificou que o nível de compactação atingida foi similar para distintas passadas das máquinas em um Cambissolo Alíco de textura franco-argilosa.

Aust et al. (1993), avaliando o impacto causado ao solo por sete tipos de pneus em quatro níveis de tráfego, constataram que houve um aumento proporcional dos distúrbios ao solo com o aumento do nível de tráfego, sendo a primeira passada aquela que provocou a maior variação de densidade do solo, concluindo-se então, que o fator de maior influência foi o nível de tráfego e não os tipos de pneus utilizados.

Lima et al. (2001) avaliaram condições antes do tráfego e depois em trilhas após a passagem do *Feller Buncher* e após a passagem do *Skidder*, relatando que a RP apresentou variabilidade espacial em relação aos diferentes condições impostas e profundidades do solo, sendo a compactação maior nas camadas superficiais do solo, e após a maior condição de tráfego.

Diante do exposto, percebe-se a importância de melhor entender os efeitos do tráfego sobre as propriedades do solo, possibilitando auxílio na tomada de decisão e no planejamento da colheita de madeira para a diminuição da compactação do solo, minimizando os danos ao meio ambiente, possibilitando a sustentabilidade e melhoria na produção de madeira.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto e a extensão em que resistência à penetração (RP) de um Cambissolo Húmico (CHa) é afetada pelo tráfego de máquinas de colheita da madeira em povoamentos *Pinus taeda*, utilizando métodos geoestatísticos para determinação da dependência e variabilidade espacial.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em áreas operacionais de colheita de *Pinus taeda* L., pertencentes à empresa Battistella florestal, localizadas na região Norte do Estado de Santa Catarina. O clima da região foi classificado como Cfb, segundo Köppen, com temperatura média anual de 19,7 °C e precipitação média anual entre 1.600 a 1.700 mm, altitude média de 530 m, latitude de 26° 42' 52'' S e longitude de 49° 29' 00' W (GAPLAN, 1986).

A área de estudo tem o histórico de ter sido utilizada no passado para fins de produção agropecuária, havendo campos de pastagem antes de ser incorporada ao sistema de produção florestal. Os povoamentos de *Pinus taeda* L., apresentavam aproximadamente 35 anos de idade na ocasião da colheita, com 442 árvores por hectare, área basal de 45,82 m² ha⁻¹, volume médio de 654,35 m³ ha⁻¹, sendo o peso médio individual de cada árvore de 0,89 t.

O relevo plano a suave ondulado era característico da área, sendo o solo classificado como Cambissolo Húmico Aluminoso típico (CHa) de textura franco-argilo-arenosa, horizonte A húmico, teor médio de 244, 116 e 640 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente, densidade e teor médio de carbono orgânico do solo de 1,06 Mg m⁻³ e 19,86 g dm⁻³, respectivamente, até os 50 cm de profundidade.

O sistema de colheita de madeira utilizado pela empresa é o de Árvores Inteiras (*Full-Tree*), composto por um trator florestal *Feller Buncher* (CAT 522), com peso operacional de 30,4 toneladas e rodados de esteiras de 0,6 m X 4,8 m de dimensão, e por um trator florestal *Skidder* (CAT 545) com peso operacional de 18,2 toneladas, tração 4 X 4, rodados de pneus de 0,8 m de largura, inflados com pressão de 290 kPa, sendo os pneus dianteiros recobertos com semi-esteiras.

Para avaliar os efeitos de diferentes intensidades de tráfego das máquinas nas áreas selecionadas, inicialmente foi realizada a remoção de toda a madeira das áreas sem haver a interferência de tráfego, prosseguindo com a distribuição de parcelas amostrais de 5 X 40 m para cada tratamento analisado

(Figura 1). Cada parcela correspondeu a uma simulação de intensidade de tráfego (tratamento), sendo que nas simulações as máquinas trafegaram com a mesma carga sobre a trilha de passagem dentro da parcela. Durante as simulações o *Skidder* trafegou com uma carga média de arraste de 3,55 t, e a umidade gravimétrica média do solo era de 0,445 kg kg⁻¹. A descrição e a abreviatura utilizada para cada tratamento encontram-se Tabela 1.

TABELA 1: Descrição dos tratamentos avaliados em ambos solos.

TABLE 1: Description of evaluated treatments in both soils.

Tratamentos	Descrição
FB	1 passada do <i>Feller Buncher</i>
FB + 1SD	1 passada do <i>Feller Buncher</i> + 1 passada do <i>Skidder</i>
FB + 3SD	1 passada do <i>Feller Buncher</i> + 3 passadas do <i>Skidder</i>
FB + 5SD	1 passada do <i>Feller Buncher</i> + 5 passadas do <i>Skidder</i>
FB + 10SD	1 passada do <i>Feller Buncher</i> + 10 passadas do <i>Skidder</i>
FB + 15SD	1 passada do <i>Feller Buncher</i> + 15 passadas do <i>Skidder</i>

Leituras de RP foram realizadas nas trilhas de passagem dos rodados das máquinas e transversalmente em intervalos de 25 cm até 100 cm, e nos entre rodados, perfazendo um malha de 5 x 20 m, totalizando 55 pontos por tratamento, sendo obtidos dados a cada 1 cm até 80 cm de profundidade (Figura 1). A RP foi medida com o uso de um penetrógrafo eletrônico digital, marca *Eijkelkamp*, modelo 06.15.SA, equipado com uma ponta em forma de cone com ângulo de vértice de 60° e base de 1 cm² (11,28 mm de diâmetro nominal), com a velocidade de penetração controlada automaticamente em 2 cm s⁻¹.

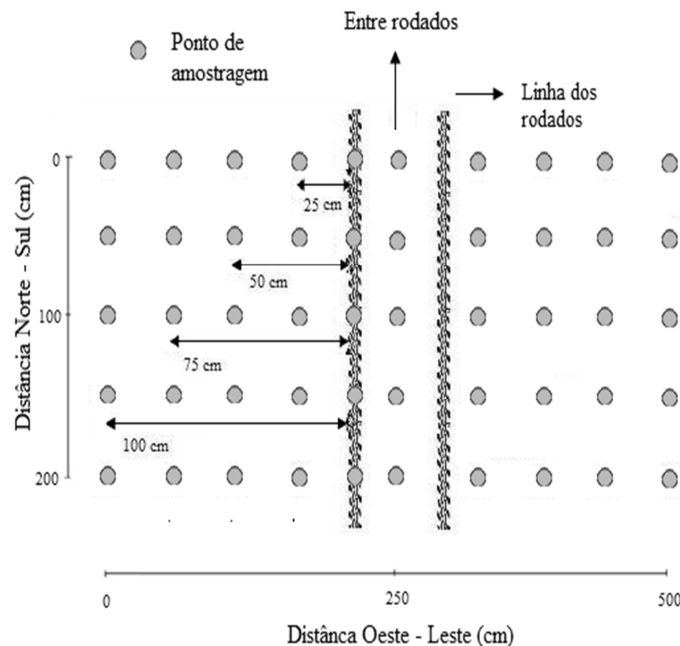


FIGURA 1: Croqui dos pontos amostrados de resistência à penetração em cada tratamento.

FIGURE 1: Sketch of measure points of penetration resistance sampled in which treatment.

Utilizou-se a estatística descritiva para estudar a tendência e dispersão dos dados, e também a forma distribuição em cada tratamento. A dependência espacial foi avaliada por técnicas de geoestatística com base nas pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca, em que a variância da diferença depende somente da distância entre os pontos amostrais e não da posição em que eles se encontram; e pela análise de semivariogramas, utilizando-se o *software* GS+ 9,0 (ROBERTSON, 1998).

Para cada tratamento foram testados os ajustes de semivariogramas do tipo esférico, exponencial, linear e gaussiano. A escolha do melhor modelo teórico foi por meio do modelo de maior coeficiente de determinação (R^2) e grau de dependência espacial (GDE) utilizando a técnica de validação cruzada, sendo também determinado o alcance (m) que indica o limite da dependência espacial da propriedade avaliada,

isto é, determinações feitas a distância maiores que o alcance tem distribuição espacial aleatória e, assim são independentes entre si, podendo ser aplicada a estatística clássica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva mostra que houve grande variação e amplitude dos dados, sendo que para todos os tratamentos, exceto FB + 1SD, o CV foi maior do que 30%. Para Gomes e Garcia (2002), a variabilidade de um atributo pode ser classificada por meio dos valores de coeficiente de variação (CV) como baixo ($\leq 10\%$), médio (10% - 20%), alto (20% - 30%) e muito alto ($> 30\%$). Portanto, como já mencionado, a variação dos dados pode ser considerada alta. Tal fato pode ser devido à alta variabilidade do solo, bem como por outros fatores que interferiram na determinação do atributo em condições de campo, que foram a presença de pedras e resíduos da colheita de madeira (galhos, cascas, acículas e etc.), e raízes das árvores e plantas do sub-bosque que se formou abaixo do povoamento. Esses fatores podem ser influenciado não somente na determinação dessa variável, como também nos outros da mesma forma. As operações de colheita da madeira, geralmente, não atingem toda área e, conseqüentemente, o grau de variabilidade e a heterogeneidade da compactação e perturbação do solo é grande nas florestas (GREACEN e SANDS, 1980). Além disso, as diferentes posições de medidas contribuindo para a grande variação, como também relatado por Lima et al. (2001).

Pode ser observar também, que os maiores valores de RP ocorreram após a condição de maior tráfego (FB + 15SD), sendo que compactação do solo foi gradual conforme mais intenso foi o tráfego imposto.

Valores de RP acima de 2 MPa são observados em todos tratamentos, sendo este o limite considerado potencialmente crítico ao desenvolvimento radicular das plantas (GREACEN e SANDS, 1980), sugerindo que compactação que poderá interferir no desenvolvimento de futuras rotações. No entanto, isto é agravado pela observação de haver valores acima de 3 MPa, o que é restritivo ao desenvolvimento radicular de espécies florestais.

TABELA 2: Média, mediana, amplitude, coeficiente de variação (%), mínimo e máximo para a resistência à penetração (MPa) nos diferentes tratamentos avaliados.

TABLE2: Mean, median, range, coefficient of variation (%), skewness, kurtosis, minimum and maximum to penetration resistance (MPa) in the different layers obtained by factor analysis in Red Yellow Argisol in the area of implementation in São Gabriel, RS.

Tratamentos	Média	Mediana	Amplitude	CV%	Mínimo	Máximo
FB*	1,38	1,33	2,27	30,64	0,32	2,59
FB + 1SD	1,25	1,25	1,62	26,95	0,30	1,93
FB + 3SD	1,35	1,35	2,40	35,75	0,26	2,66
FB + 5SD	1,46	1,47	2,70	34,39	0,32	3,01
FB + 10SD	1,60	1,65	2,80	35,58	0,28	3,08
FB + 10SD	1,69	1,65	3,35	39,73	0,38	3,74

*para abreviações dos tratamentos ver Tabela 1.

Os parâmetros de ajuste dos semivariogramas (Tabela 3) possibilitam a análise da presença ou não de dependência espacial. Entre os tratamentos houve diferença entre os modelos teóricos ajustados, sendo predominante o ajuste de semivariogramas do tipo linear e gaussiano (Figura 2).

TABELA 3: Estimativa dos parâmetros dos modelos teóricos ajustados para a resistência à penetração dos diferentes tratamentos.

TABLE3: Estimated parameters of adjusted models for penetration resistance of different treatments.

Tratamentos	Modelo	Co	Co+C	Alcance (m)	R ²	GDE
FB*	Linear	0,600	0,754	106,60	0,538	0,920
FB + 1SD	Exponencial	0,001	0,469	193,50	0,785	0,998
FB + 3SD	Gaussiano	0,215	1,526	153,29	0,839	0,859
FB + 5SD	Gaussiano	0,176	1,262	144,63	0,765	0,861
FB + 10SD	Linear	0,085	1,305	111,60	0,769	0,935
FB + 10SD	Esférico	0,076	2,347	217,90	0,719	0,968

Co: efeito pepita; Co+C: patamar; R²: coeficiente de determinação; GDE: grau de dependência espacial [C/(Co+C)]; *para abreviações dos tratamentos ver Tabela 1.

Em todos os tratamentos avaliados os ajustes dos semivariogramas mostraram não haver estacionaridade, isto é, o tamanho da área amostrada não foi suficiente para expressar toda a variabilidade dos valores de RP, sendo que os valores de alcance (m) variaram de 106,60 a 217,90 m, o que pode ser considerado alto. Por outro lado, pode-se notar altos valores de R^2 , demonstrando, apesar do alto GDE, bom ajustes.

Após os ajustes dos modelos teóricos, realizou-se a krigagem dos dados, obtendo-se dessa forma os mapas de isolinhas de RP para cada tratamento (Figura 3).

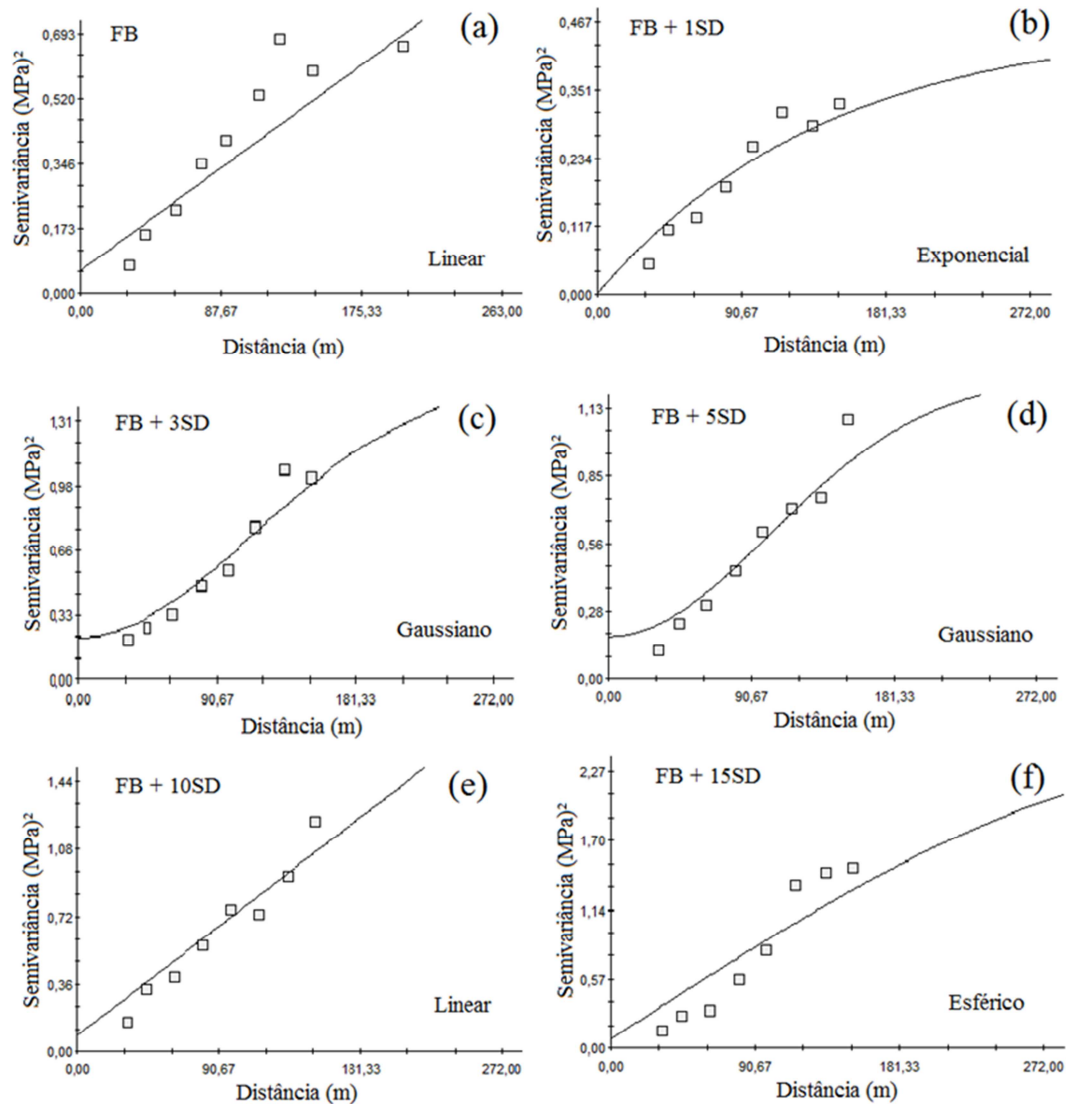


FIGURA 2: Semivariogramas ajustados para a resistência à penetração de diferentes intensidades de tráfego de máquinas de colheita florestal em um Cambissolo Húmico Alumínico típico (CHa). (a) FB; (b) FB + 1SD; (c) FB + 3SD; (d) FB + 5SD; (e) FB + 10SD; (f) FB + 15SD.

FIGURE3: Adjusted semivariograms topenetration resistance of differenttraffic intensities of logging machines in a Humic Cambisol (HC). (CHa). (a) FB; (b) FB + 1SD; (c) FB + 3SD; (d) FB + 5SD; (e) FB + 10SD; (f) FB + 15SD.

Por meio das plotagens, ficou ainda mais evidente a ação do tráfego sobre o solo, mostrando que de fato o tratamento FB + 15SD foi o causador de maior impacto sobre a RP, havendo extensão dos efeitos em todo o perfil de solo, inclusive horizontalmente. Verifica-se também que altos valores de RP, já ocorreram no tratamento FB + 5SD. Isto evidencia que a partir deste nível de tráfego, condições limitantes ao crescimento da radicular das plantas começam a ser cada vez maiores conforme o tráfego.

O aumento gradativo da compactação, pode ser explicado em parte, devido à condição de umidade do solo no momento dos ensaios de tráfego. A umidade é o principal fator que governa a quantidade de deformação que poderá ocorrer no solo no momento da realização das operações, e assim a compactação será máxima quando a umidade do solo for crítica para esse processo (REICHERT et al.,

2010), sendo que a umidade afeta diretamente a capacidade de suporte do solo ao tráfego (DIAS JÚNIOR et al., 2004).

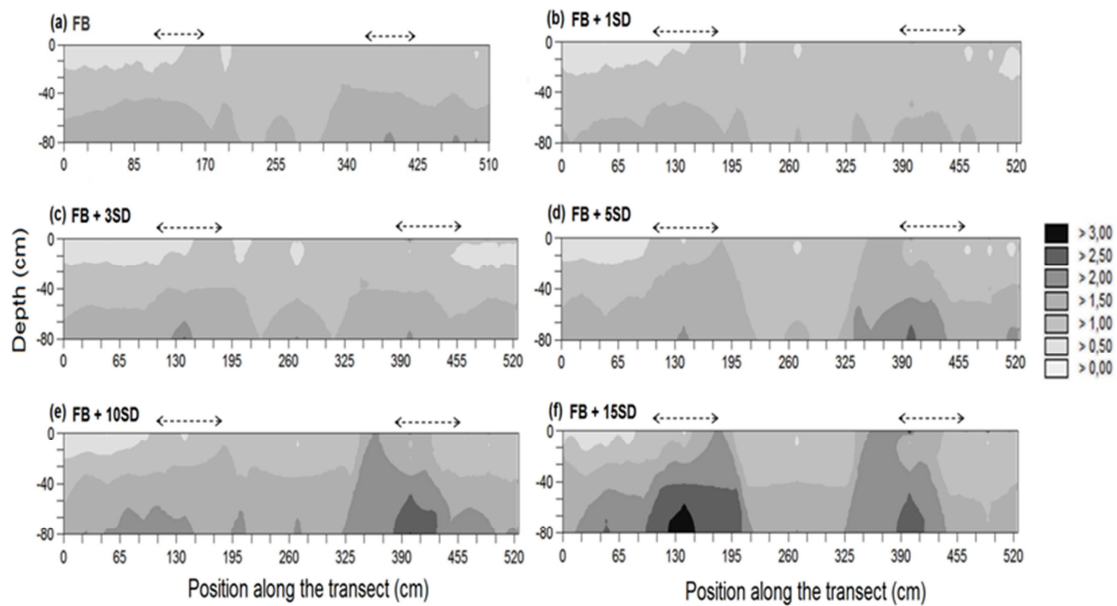


FIGURA 3: Efeito dos tratamentos ao longo do perfil do Cambissolo Húmico Aluminíco típico (CHA) em isolinhas de resistência à penetração. (a) FB; (b) FB + 1SD; (c) FB + 3SD; (d) FB + 5SD; (e) FB + 10SD; (f) FB + 15SD. A legenda indica os valores de resistência à penetração. As setas indicam a posição da linha de passagem dos rodados.

FIGURE 3: Effect of treatments along the profile of Humic Cambisol (HC) in isolines of penetration resistance. (a) FB; (b) FB + 1SD; (c) FB + 3SD; (d) FB + 5SD; (e) FB + 10SD; (f) FB + 15SD. The legend indicates values of penetration resistance. The arrows indicate the position of the wheel tracks.

A condição de umidade do solo durante as simulações de tráfego era próxima da umidade na capacidade de campo (capacidade de campo de $0,487 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), sendo a capacidade de suporte, expressa pela pressão de pré-consolidação σ_p , estimada conforme Dias Júnior et al. (2004), de 43,12 kPa, justificando comportamento do solo quando submetido ao tráfego, uma vez que tratores florestais aplicam pressões entre 400 a 600 kPa sobre o solo (HORN et al., 2004).

De um modo geral, analisando a operação de colheita de madeira, pode-se inferir, como citam Oliveira Júnior et al. (2004), que a compactação do solo inicia-se com o impacto das árvores por ocasião de sua queda, continuando nas atividades subsequentes, principalmente no arraste das árvores. E com a aplicação da geoestatística, os efeitos negativos do tráfego sobre o solo, podem ser analisados de forma mais clara, podendo-se observar e a extensão das alterações sofridas em relações às condições impostas e ao manejo aplicado ao solo, bem como na escolha de medidas mitigadoras.

CONCLUSÕES

As sucessivas passadas do *Feller Buncher* e *Skidder* provocaram alterações sobre a resistência mecânica do solo à penetração, sendo as alterações maiores, conforme as passadas das máquinas aumentaram, indicando maior compactação do solo.

Grande parte do perfil do solo foi impactado pela ação das passadas das máquinas, podendo-se verificar efeitos do tráfego até as camadas mais profundas e distante das trilhas de passagem.

A geoestatística se mostrou ser uma ferramenta importante para análise espacial da compactação do solo, permitindo avaliar a extensão dos efeitos do tráfego e subsidiando melhoria das práticas de manejo do solo e planejamento das operações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUST, W.M.; REISINGER, T.W.; STOKES, B.J. Soil physical and hydrological changes associated with logging a wet pine flats with wide-tired skidders. **Southern Journal of Applied Forestry**, v.17, n.1, p. 22-25, 1993.

BETTINGER, P. et al. Evaluating area in logging trails with geographic information system. **American**

Society of Agricultural Engineers, v.37, p.1327-1330, 1994.

BURGER, J. A.; WIMME, K.; STUART, W. B. Site disturbance and machine performance from tree-length skidding with a rubber tire skidder. In: BIENNIAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE, 5th., **Proceedings...** Memphis, 1988.

CAMARGO, C.M.S. **Compactação do solo causada pela colheita de *Pinus taeda*, pelo sistema de fuste (*Tree-length*)**. 1999. 110 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal) – UFPR, Curitiba, PR.

DIAS JÚNIOR, M.S. et al. Alternative method for the evaluation of the preconsolidation pressure through a penetrometer. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 28, 805-810, 2004.

GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Aerofoto Cruzeiro, 1986

GOMES, F.P., GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

GREACEN, E.L.; SANDS, R. Compaction of forest soils: a review. **Australian Journal of Soil Research**, v.18, p.163-189, 1980.

HORN, R., VOSSBRINK, J., BECKER, S. Modern forestry vehicles and their impacts on soil physical properties. **Soil Till. Res.** 79, 207-219, 2004.

LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, P. C.; OLIVEIRA, R. B.; XAVIER, A. C. Métodos geoestatísticos no estudo da resistência do solo à penetração em trilha de tráfego de tratores na colheita de madeira. **Revista Árvore**, v. 32, n.5, p.931-938, 2008.

OLIVEIRA, E. D. J.; DIAS, M. S. J.; GOMES, A. N.; ANDRADE, S. C.; AZEVEDO, M. R. Estudos prévios previnem compactação do solo. **Revista da Madeira**, n. 82, 2004.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SUZUKI, L.E.A.S.; HORN, R. Mecânica do Solo. In: JONG VAN LIER, Q. **Física do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 29-102, 2010.

ROBERTSON, G.P. **GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SEIXAS, F. **Compactação do solo devido à colheita de madeira**. 2000. 75 p. Tese (Livre-docência) – ESALQ/USP, Piracicaba, SP. 2000.

SEIXAS, F.; SOUZA, C.R. Avaliação e efeito da compactação do solo, devido à frequência de tráfego, na produção de madeira de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1047-1052, 2007.

INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM MICROBACIAS LOCALIZADAS NO BIOMA PAMPA

INFLUENCE OF LAND USE IN THE WATERSHED RUNOFF LOCATED IN PAMPABIOME

Mirian Lago Valente¹; Marília Ferreira Tamiosso²; Edner Baumhardt³; Catarine Barcellos Consensa⁴; Jussara Cabral Cruz⁵; Rutinéia Tassi⁶

RESUMO

O conhecimento do escoamento superficial em microbacias é importante para a conservação da água e do solo, uma vez que a ocupação dos solos exerce grande influência nas taxas de escoamento superficial. Com isto a presente pesquisa avaliou os escoamentos superficiais para duas microbacias com diferentes coberturas vegetais (campo nativo e floresta com *Eucalyptus* sp.), localizadas no município de Rosário do Sul, RS. Após a coleta e aferição de dados hidrometeorológicos, analisaram-se 5 eventos hidrológicos pertencentes ao período correspondente de fevereiro a julho de 2009. A partir da separação dos escoamentos e análise da precipitação foram calculados os coeficientes de escoamento superficial (%) para as duas microbacias de estudo. Os resultados mostram que a microbacia ocupada por eucalipto apresentou um coeficiente de escoamento superficial médio menor em relação ao observado na microbacia com pastagem, fato que pode estar relacionado com a maior taxa de infiltração de água no solo nestas áreas em função da melhor estruturação do perfil do solo.

Palavras-chave: hidrologia florestal; bacia hidrográfica; *Eucalyptus* sp.

ABSTRACT

The knowledge of the runoff is important for water conservation and soil use and land marked influence on runoff. Thus, this paper valued the runoff for two watersheds with different vegetation (native field and *Eucalyptus* sp.) in Rosário do Sul - RS. After the collection and measurement of hydrometeorological data, analyzed 5 hydrological events belonging to the corresponding period from february to july 2011. Late the separation of flow, along with precipitation data were calculated runoff coefficients for the two watersheds. The results show that the watershed occupied by eucalyptus showed average runoff coefficient lower than the average observed in the pasture watershed, it may be related to the higher rate of water infiltration into the soil in these areas due to the better structuring profile soil.

Keywords: forest hydrology; watershed; *Eucalyptus* sp.

INTRODUÇÃO

A fim de promover a conservação do meio ambiente e dos recursos naturais é imprescindível conhecer o funcionamento dos ecossistemas e os fatores que atuam sobre eles. As florestas desempenham um papel muito importante na captação e distribuição da água de chuva nas bacias hidrográficas, no processo de suprimento de água para a recarga dos aquíferos, assim como na regulação do escoamento de água destes mananciais. A quantificação dos efeitos oriundos dos diferentes usos da terra sobre os recursos hídricos não é algo simples de ser avaliado. A microbacia hidrográfica experimental, como unidade de planejamento estratégico, tem sido muito utilizada para estudos que visam o monitoramento dos componentes do balanço hídrico e suas interações com o uso da terra (ARCOVA e CICCO, 1999; LIMA, 2001; RODRIGUES et al., 2007).

A dinâmica da ocupação do solo em bacias hidrográficas exige estudos para a compreensão dos diversos impactos provocados pelas atividades desenvolvidas pelo homem e estratégias adequadas para a conservação dos recursos naturais nessas áreas. A redução da capacidade de infiltração do solo, o

¹Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal do CCR/UFSM (RS). mirian_sm@yahoo.com.br

²Mestranda do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do CT/UFSM (RS). ariliaft@gmail.com

³Prof. Assistente da UNIR (RO) e doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal do CCR/UFSM (RS). ednerb@gmail.com

⁴Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal do CCR/UFSM (RS). catarineconsensa@gmail.com

⁵Prof. Dra. Associada, Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental CT/UFSM (RS). jussaracruz@gmail.com

⁶Prof. Dra. Adjunta, Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental CT/UFSM (RS). rutineia@gmail.com

aumento do escoamento superficial e erosão, a sedimentação nos cursos d'água, a redução do perfil vertical do leito e, conseqüentemente, a elevação das cheias são fatores que estão associados às modificações no uso e cobertura do solo em bacias hidrográficas (AGUIAR et al., 2007).

Em bacias com pastagens, pecuária e agricultura, a erosão do solo, a qual consiste nos processos de desprendimento e arraste de partículas de solo causado pela ação da água, assim como sob influência do vento é acentuada dentre outros fatores em função da ausência da proteção proporcionada por vegetação de grande porte.

No Brasil, a erosão hídrica é a mais representativa, sendo responsável pela maior parte das perdas de solo. O escoamento superficial transporta partículas de solo em suspensão, nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas, prejudicando a produção agropecuária e poluindo os recursos hídricos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

O volume total de água transportado pelo canal de um curso de água é formado pelo escoamento superficial e pelo afluxo de água do subsolo, ou escoamento de base. No entanto, o escoamento superficial resultante das precipitações é considerado o componente preponderante na formação de cheias ou aumento de vazões dos cursos de água (PINTO et al., 1973).

A variação da vazão de um curso de água, decorrente de precipitação ocorrida em microbacias pode ser avaliada, por exemplo, por meio de aparelhos apropriados, como os linígrafos, que registram as alturas das lâminas de água no decorrer do tempo (TUCCI, 2002). A partir destes dados, pode-se aplicar métodos empíricos para a determinação do escoamento superficial. No entanto, isto somente deve ser considerado como uma primeira aproximação (BELTRAN et al., 1988).

A relação entre este volume escoado superficialmente e o volume total da precipitação é definido como o coeficiente de escoamento superficial (C %) (TUCCI, 1993). O escoamento superficial varia em função de características do manancial, como precipitação, precipitação antecedente, umidade do solo no início da chuva, tipo, uso e ocupação do solo, rede de drenagem, efeito de armazenamento e retenção superficial, entre outros fatores.

A separação do hidrograma em parcelas correspondentes a cada tipo de fluxo pode ser realizada através de métodos gráficos. Tucci (1993) apresenta três métodos gráficos tradicionalmente usados, ilustrados na Figura 1 e descritos abaixo:

- Método 1: consiste em extrapolar a curva de recessão a partir do ponto C até encontrar o ponto B, localizado abaixo da vertical do pico. Ligam-se os pontos A, B e C. O volume acima da linha ABC é o escoamento superficial e o volume abaixo é o escoamento subterrâneo;
- Método 2: este é o método mais simples, pois basta ligar os pontos A e C por uma reta; e
- Método 3: consiste em extrapolar a tendência anterior ao ponto A até a vertical do pico, encontrando o ponto D. Ligando os pontos D e C obtém-se a separação dos escoamentos.

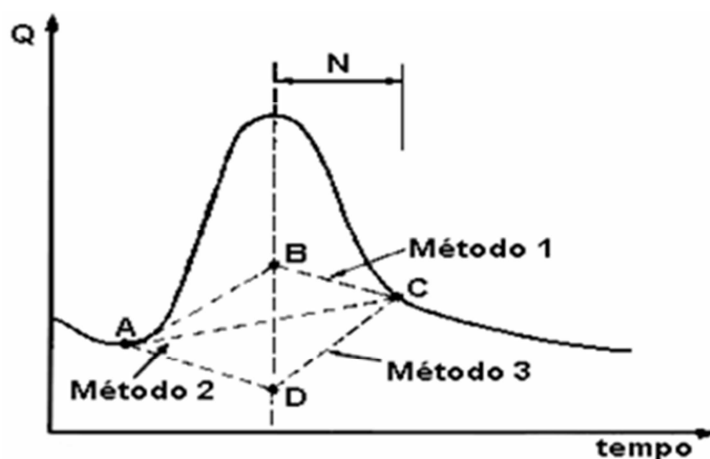


FIGURA 1: Métodos gráficos de separação do escoamento (Fonte: Tucci, 1993).

FIGURE 1: Methods of separation of flow charts (Font: Tucci, 1993).

O ponto A é caracterizado pelo início da ascensão do hidrograma ou do escoamento superficial, enquanto o ponto C é caracterizado pelo término do escoamento superficial.

Apesar de existirem vários critérios para a determinação do ponto C, a inspeção visual é um dos procedimentos mais simples de ser utilizado. Este método se baseia na plotagem das vazões em uma escala mono-log e o ponto C é identificado quando ocorre modificação substancial da declividade da reta de recessão. Outros métodos utilizados baseiam-se no tempo de concentração da bacia ou em equações empíricas em função da área da bacia (TUCCI, 1993).

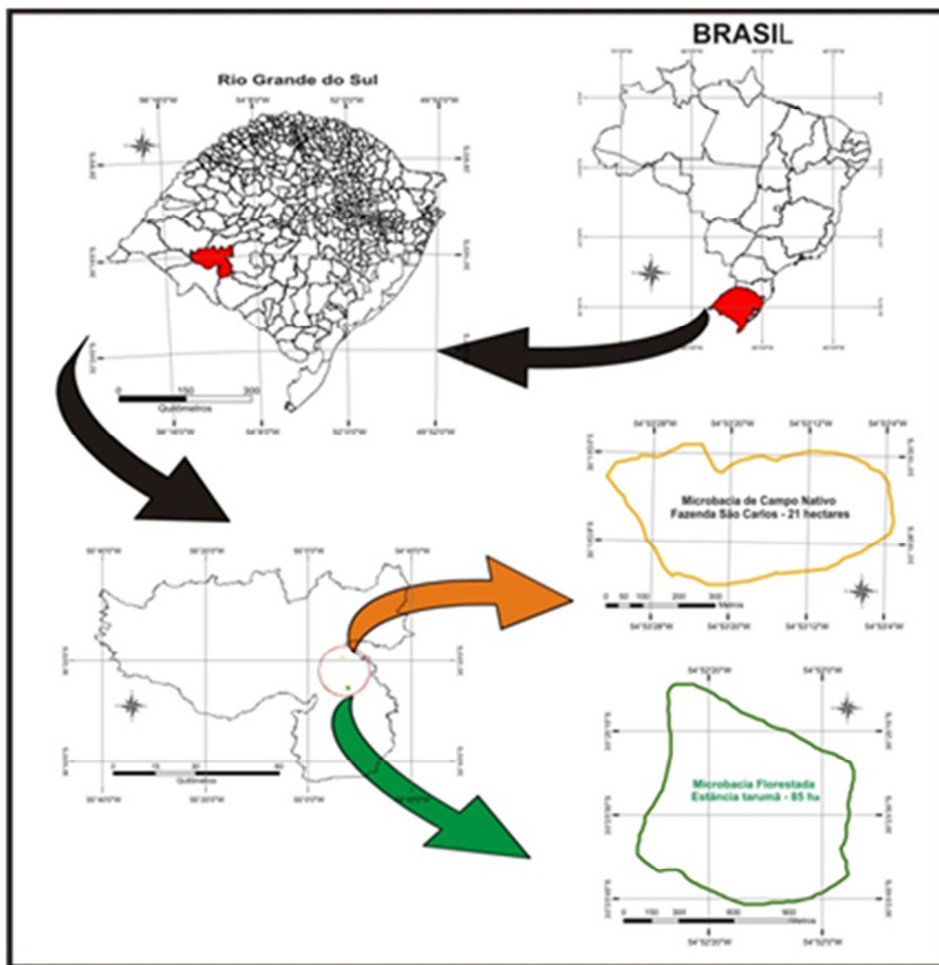
Com base nas considerações supracitadas, a pesquisa teve por objetivo avaliar os escoamentos superficiais para duas microbacias com diferentes coberturas vegetais, sendo uma florestada com *Eucalyptus* sp. e outra com presença de campo nativo e pecuária extensiva, pertencentes ao Bioma Pampa, localizadas no município de Rosário do Sul, RS.

MATERIAL E MÉTODO

Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo abrange duas microbacias no município de Rosário do Sul, localizado na porção sudoeste do RS, entre os rios Santa Maria e Ibicuí da Armada, ambos pertencentes a bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

Para a escolha das duas microbacias (Figura 2), consideraram-se semelhantes características para os seguintes parâmetros: solo, regime de precipitação e relevo, porém com diferentes usos do solo. Um dos pré-requisitos da escolha dos locais está em função de haver água o ano inteiro nos córregos selecionados, condição esta, que dificultou a localização das microbacias pareadas.



Fonte: Baumhardt (2010).

FIGURA 2: Mapa de localização das microbacias com as respectivas coordenadas
FIGURE 2: Location map of the watershed with its coordinates

Arcova (1996) afirma que no método das bacias pareadas, uma variável do deflúvio de interesse da bacia a ser alterada é correlacionada com a mesma variável de interesse de uma segunda bacia adjacente ou vizinha, de condições similares à primeira, denominada de bacia controle.

As duas áreas se distanciam a 13 km em linha reta no sentido norte/sul. Partindo-se da sede do município de Rosário do Sul em direção ao Sul, à 7 km localiza-se a microbacia de campo, na fazenda São Carlos, com área de drenagem de 21 ha. Próximo, encontra-se a microbacia florestada, pertencente à fazenda Estância Tarumã, com área de drenagem de 95 ha.

A microbacia de campo é composta por pastagem nativa do bioma pampa, juntamente, com pecuária extensiva. Já a microbacia florestada possui aproximadamente 53% de sua área coberta por eucaliptos e 47% de Área de Preservação Permanente somados à Reserva Legal. Nesta área são cultivadas

três espécies de eucalipto, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, com idade aproximada de anos, destacando-se o *Eucalyptus urograndis* por constituir 91% da área florestada da microbacia.

O clima, para a região de estudo, é classificado como Temperado Tropical, apresentando uma faixa de variação de precipitação entre 1500 a 1600 mm / ano. Apresenta ainda uma temperatura média anual em torno dos 18 °C, com mínima média próxima dos 12 °C e máxima média em torno dos 23 °C, podendo apresentar temperaturas negativas no período de outono-inverno com geadas, conforme as considerações de Eckert e Caye (1995).

Segundo Streck et al. (2008), ambas as microbacias, situam-se sobre Argissolo Bruno Acinzentado Alítico em transição para os Planossolos da Depressão Central característico da bacia do Rio Santa Maria.

Levantamento dos dados hidrometeorológicos

No exutório das microbacias foram instalados vertedores triangulares de 90° de parede delgada, conforme a Norma Técnica da CPRH N (2004), e um transdutor de pressão que realiza medição automática horária das cotas ao longo do dia através de *dataloggers*. Tucci (1993) relata que para conhecer a vazão ao longo do tempo se estabelece uma relação ligando a altura da água com a vazão, onde esta relação (curva-chave) permite substituir a medição contínua das descargas por uma medição contínua das cotas (níveis da água). Dessa forma, os dados utilizados para a elaboração da pesquisa correspondeu ao período entre 01/02/2009 e 30/07/2009, trabalhando-se com dados horários de vazão.

A altura vertical do vertedor para as duas microbacias corresponde a 35 cm, em função de alguns aspectos pertinentes optou-se por uniformizar a altura de validação dos dados. Os 35 cm faz com que se tornem válidas somente as vazões de até 102 L.s⁻¹, conforme a seguir da CPRH N (2004) e PRONI (1990).

$$Q = (1,42 * (H^{2,5})) * 1000$$

Onde: Q: vazão em L.s⁻¹, H: cota do sensor ou da régua em metros.

Para a determinação da precipitação pluviométrica no aberto, foram instalados pluviômetros do tipo “Ville de Paris” da HIDROMECC® com área de captação de 400 cm² e leitura diária às 17 horas.

Determinação do coeficiente de escoamento superficial

A partir da série de vazões, foram separados todos os eventos válidos ocorridos no período de observação, sendo descartados os eventos que excederam a capacidade da estrutura de medição.

A parcela de escoamento superficial foi identificada diretamente do hidrograma observado pelo método 2 (TUCCI, 1993), conforme já descrito anteriormente. A partir da série de chuvas foi possível calcular o total precipitado em cada evento, para então calcular o coeficiente C (%) correspondente, dividindo o volume escoado superficialmente pelo total precipitado. Durante o período, observaram-se 5 eventos que possibilitaram a comparação destes entre as microbacia de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 3 e 4 são exemplos de separação dos escoamentos, respectivamente, para as microbacias florestada e de campo.

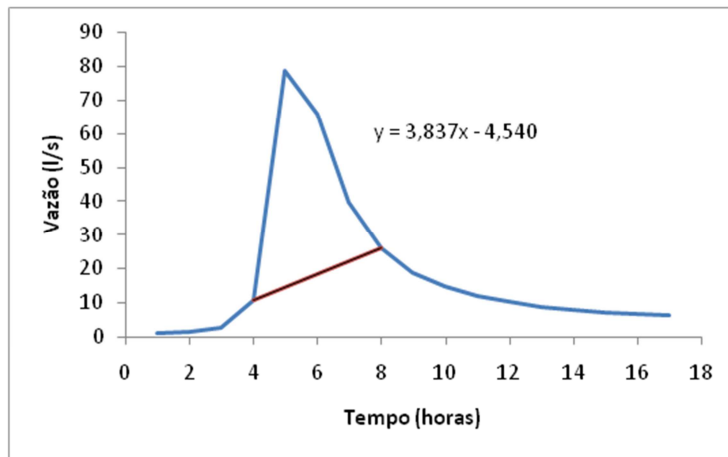


FIGURA 3: Separação do escoamento para um evento (26/02/09) na microbacia florestada.
 FIGURE 3: Separation of runoff for event (26/02/09) in the forested watershed.

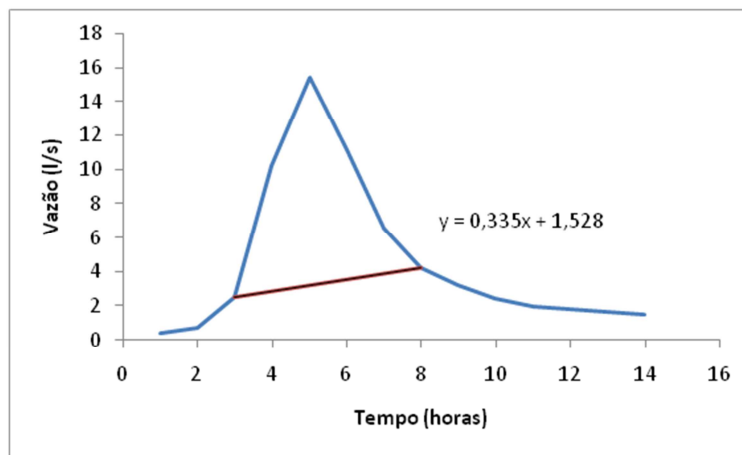


FIGURA 4: Separação do escoamento para um evento (26/02/09) na microbacia de campo.
 FIGURE 4: Separation of runoff for event (26/02/09) in the field watershed.

Verifica-se, que para o mesmo evento de chuva, o tempo de base do escoamento superficial na microbacia florestada correspondeu a 5 horas, enquanto que para a microbacia de campo este valor foi de 4 horas. O tempo de base médio, para este estudo, correspondeu a 8 e 7 horas, respectivamente, para a microbacia florestada e de campo.

Os coeficientes de escoamento superficial calculados para cada evento e o valor médio observado para cada microbacia estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: Coeficientes de escoamento superficial para as respectivas microbacias.

TABLE 1: Runoff coefficients for the respective watersheds.

Eventos	Prec. total (mm)	Microbacia Florestada		Microbacia de Campo	
		Prec. efetiva (mm)	C (%)	Prec. efetiva (mm)	C (%)
A	17,30	0,49	2,80	0,51	3,00
B	18,00	0,15	0,90	0,28	1,60
C	28,10	0,16	0,60	1,09	3,90
D	43,00	0,80	1,90	2,36	5,50
E	10,00	0,08	0,80	0,46	4,20
C médio		-	1,40	-	3,64

Observa-se que a média do coeficiente de escoamento superficial na microbacia de campo é maior do que na microbacia florestada, sendo de 3,64 e 1,40 %, respectivamente. Isso pode estar correlacionado com a menor infiltração de água no solo para a microbacia de campo, assim, promovendo maior volume de água a ser escoado na microbacia, como explicado anteriormente.

A capacidade de infiltração depende do tipo e uso do solo. Normalmente, a capacidade de infiltração de solos com florestas é alta, conseqüentemente, produz menor quantidade de escoamento

superficial (PRITCHETT, 1979).

Avila (2011) estudou a infiltração de água no solo na mesma área do presente estudo, a partir de testes realizados com o auxílio de infiltrômetros de anéis concêntricos em três áreas com diferentes usos da terra, a autora verificou que as taxas de infiltração obedeceram, uma ordem decrescente de valores para as áreas com floresta de eucalipto, reserva legal e campo nativo.

A mesma autora menciona que em função da maior compactação do solo na área de campo com pastoreio, devido ao pisoteio do gado, as taxas de infiltração são menores em relação a área florestada, uma vez que a menor compactação do solo nestas áreas, deve-se à presença de raízes que propiciam a abertura de galerias aumentando a porosidade, deixando o solo mais aerado e, portanto menos denso favorecendo assim a percolação da água no perfil longitudinal do solo.

A presença de maior teor de matéria orgânica, devido a presença da serapilheira no sítio florestal pode estar contribuindo para um solo melhor estruturado e protegendo-o contra os impactos provocados pelas gotas de chuva e respectiva perda de energia, favorecendo para uma melhor infiltração da água no perfil do solo. Outra explicação, complementar, refere-se às perdas por interceptação da copa, uma vez que o dossel da floresta serve como uma barreira contra a precipitação que atinge o solo e posteriormente evapora.

CONCLUSÕES

Os valores médios para o coeficiente de escoamento superficial foram de 3,64 e 1,40 %, respectivamente, para a microbacia de campo e florestada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CT-HIDRO, FINEP, CAPES, bem como aos proprietários das áreas que permitem a experimentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L.S.G.; TARGA, M.dos S.; BATISTA, G.T. Escoamento superficial na bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim. Ambiente e Água – **An Interdisciplinary journal of Applied Science**, abril, vol 2. 2007.

ARCOVA, F. C. S. **Balço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar**. 1996. 130 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, SP, 1996.

ARCOVA, F. C. S; CICCIO, V. de. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, 56: 125–134. 1999.

AVILA, C. B. de. Estudo da capacidade de infiltração em um solo da unidade de mapeamento Santa Maria, submetido a três diferentes usos e cobertura do solo. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Florestal, UFSM, Santa Maria-RS. 58 p. 2011. (Dados não publicados)

BAUMHARDT, E. **Balço Hídrico de microbacia com eucalipto e pastagem nativa na região da campanha do RS**. 2010. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria.

BELTRAN, J.M.; SANCHEZ, I.G.; FRUK, M.P. Drenaje agrícola. In: Curso Internacional de Especialização em Engenharia de Irrigação. Brasília, s.ed., 1988.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990. 335p.

CPRH N 2.004, Norma Técnica. Medição de vazão de efluentes líquidos - escoamento livre. Acessado em 05 de junho de 2011.

ECKERT, R. M.; CAYE, B. R. Cadastramento de poços da cidade de Livramento/RS. Porto Alegre, CPRM, v. 145, il.; mapa. Projeto Cadastramento de Poços do Rio Grande do Sul. 1995.

LIMA, E. B. N. R. Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

PINTO, N. L.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A. **Hidrologia de superfície**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1973. 179p.

PRITCHETT, W.L. **Properties and Management of Forest Soils**. John Wiley, New York, 1979. 500 p.

PRONI - PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO. Medidores de vazão para pequenos cursos de água: manual do usuário. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1990. 88 p.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; GREGORIO, C. E. B. Qualidade da água de uma microbacia hidrográfica com diferentes usos do solo na região de Taquaritinga, Estado de São Paulo. Anais eletrônicos... XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo. 2007. Acesso em: 21 de set. de 2010.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 256 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH. Porto Alegre-RS, 1993. 952p.

FITOSSOCIOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM ARABUTÃ, SC

PHYTOSOCIOLOGICAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF A FRAGMENT OF DECIDUOUS FOREST IN ARABUTÃ, SC

Jonas Eduardo Bianchin¹; Cilmar Antônio Dalmaso²; Uberson Boarreto Rossa³; Tomaz Longhi Santos⁴

RESUMO

As formações florestais no Estado de Santa Catarina encontram-se significativamente alteradas pela ação antrópica, alterando a estrutura e composição botânica. Estudos voltados ao conhecimento dos padrões estruturais e de distribuição da vegetação fornecem importantes subsídios ao manejo das florestas nativas ineqüilibradas. O objetivo do estudo foi conhecer os parâmetros fitossociológicos e a distribuição espacial das espécies de um fragmento de Floresta Estacional Submontana em Arabutã, região do Alto Uruguai Catarinense. Foram amostradas 8 parcelas retangulares de 200 m² cada, e foram mensurados todos os indivíduos arbóreos com CAP maior que 10 cm. Foram identificadas 37 espécies, de 21 famílias botânicas diferentes. A família Fabaceae apresentou o maior número de espécies (7), enquanto a família Lauraceae apresentou o maior número de indivíduos (25,2%). *Nectandra megapotamica*, *Ocotea puberula*, *Luehea divaricata*, *Cedrela fissilis* e *Dalbergia frutescens* são as espécies mais importantes do fragmento, pois apresentaram os maiores valores dos parâmetros fitossociológicos. A maioria das espécies apresentou tendência ao agregamento como padrão de distribuição espacial. O fragmento encontra-se em estágio avançado de regeneração.

Palavras-chave: Florestas estacional decidual, estrutura da vegetação, padrões de distribuição espacial.

ABSTRACT

The forests in Santa Catarina State are significantly altered by human action, altering the structure and botanical composition. Studies aimed at understanding the structural patterns and distribution of vegetation provide important insights to the management of native forests. The aim of this study was know the phytosociological parameters and spatial distribution of species in a Deciduous Forest fragment in Arabutã, Santa Catarina State. We sampled 8 rectangular plots of 200 m² each, were measured and all trees with CAP larger than 10 cm. We identified 37 species of 21 different botanical families. The family Fabaceae showed the greatest number of species (7), while the family Lauraceae had the highest number of individuals (25.2%). *Nectandra megapotamica*, *Ocotea puberula*, *Luehea divaricata*, *fissilis Cedrela* and *Dalbergia frutescens* are the most important species of the fragment, it showed the highest values of phytosociological parameters. Most species showed a tendency to aggregation as spatial distribution pattern. The fragment is in advanced stage of regeneration.

Key words: Deciduous forest, vegetation structure, spatial distribution patterns.

INTRODUÇÃO

Atualmente, as florestas no estado de Santa Catarina encontram-se significativamente alteradas quanto a sua estrutura e diversidade, fruto do desmatamento descontrolado das florestas e do aumento de áreas agrícolas. Isto vem reduzindo as florestas a pequenos fragmentos, causando o isolamento genético destes indivíduos. É comum encontrar paisagens onde restam apenas pequenas faixas de vegetação ao longo dos rios, com restrito número de espécies, em função da atividade agrícola e/ou pecuária.

A Floresta Estacional Decidual apresenta grandes áreas descontínuas; no vale do rio Uruguai está localizada entre a Floresta Ombrófila Mista do Planalto Meridional e a Estepe. Originalmente, possui

¹Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900 - Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba - PR. jonasbianchin@gmail.com.

²Engenheiro Florestal, Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Rodovia PR 153, km 7, Bairro Riozinho, CEP 84500-000, Irati - PR. cilmard@gmail.com

³ Licenciado em Ciências Agrárias, Doutorando em Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba - PR. boaretorossa@gmail.com.

⁴ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba - P tem R. tomazlonghi@gmail.com.

grande número de espécies de valor comercial, o que motivou, por muitos anos, a sua exploração. Segundo Marchiori (2002), a floresta “Submontana” recobre os terrenos dissecados no Vale do Uruguai, limitada às cotas altimétricas de 400 m.

Os parâmetros fitossociológicos são usados para descrever e analisar a estrutura horizontal de uma floresta, sendo que através dos parâmetros de densidade, frequência, dominância, valor de importância e valor de cobertura é possível obter informações sobre a distribuição espacial das populações e o comportamento das plantas no ecossistema. Além disso, segundo Schneider e Finger (2000), o conhecimento da distribuição espacial das espécies, juntamente com a análise estrutural da floresta, permite viabilizar a elaboração e execução de planos de manejo, sendo uma importante informação para a seleção de espécies.

De acordo com Gandolfi (2007), podemos definir a sucessão ecológica como sendo o conjunto de transformações que ocorrem na composição e na estrutura de uma vegetação ao longo do tempo. Conhecer a dinâmica de sucessão de uma floresta é uma importante ferramenta para elaborar estratégias de recuperação de áreas degradadas e de conservação dos atuais remanescentes. Segundo Oliveira et al. (2009), a fitossociologia é uma forma de estudar o comportamento dos fragmentos florestais, envolvendo o estudo das inter-relações de espécies vegetais dentro de determinada comunidade vegetal, especificamente as vegetais arbóreas

Em uma comunidade vegetal, as plantas encontram-se arrançadas conforme as diversas associações intra e interespecíficas existentes ao longo de sua distribuição natural (BUDKE et al., 2001). Vários fatores são responsáveis pela distribuição da vegetação, como solo, clima, luminosidade, presença de polinizadores e competição entre os indivíduos de uma comunidade vegetal. Estes fatores interagem entre si, promovendo padrões de distribuição espacial diferente para cada espécie. Observa-se uma interação entre os padrões de distribuição espacial das espécies, sua biologia e seus grupos ecológicos. Assim, a identificação prévia destes aspectos irá proporcionar melhores condições de restabelecer a vegetação (AVILA et al., 2008), principalmente na recuperação de áreas degradadas. O conhecimento prévio desses padrões permite também a sua manutenção, já que são próprios de cada espécie, que se supõe foram formados dentro de um processo de evolução que pode ter contado, por exemplo, com o tipo de dispersão de frutos e sementes, a alelopatia e as restrições edáficas, entre outros fatores (ARRUDA e DANIEL, 2007).

O objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros fitossociológicos e a distribuição espacial das espécies de um fragmento de Floresta Estacional Decidual Submontana, no município de Arabutã, região do Alto Uruguai Catarinense.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Arabutã, nas coordenadas 27° 09' 22,22" Sul e 52° 08' 47,05" Oeste, a aproximadamente 450 m s.n.m. É um remanescente de Floresta Estacional Decidual Submontana, com cerca de 4 hectares, que possui vestígios de ter sido explorada anteriormente, para a retirada de lenha.

A tipologia de solos que ocorrem predominantemente na área são os Cambissolos, que segundo EMBRAPA (2006) são solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, variando de acordo com o relevo, material de origem e características climáticas de fortemente a imperfeitamente drenado. O clima é o Cfb da classificação de Köppen, que segundo Leite e Leão (2009) se caracteriza por ser clima temperado, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico), verões frescos e temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C.

A Floresta Estacional Decidual Submontana se caracteriza por duas estações climáticas bem demarcadas, uma chuvosa seguida de longo período biologicamente seco, ocorre na forma de disjunções florestais apresentando o estrato dominante macro ou mesofanerófito predominantemente caducifólio, com mais de 50% dos indivíduos despidos de folhagem no período desfavorável. Segundo Durlo e Sutili (2005), na formação Submontana da Floresta Estacional Decidual, a cobertura florestal é densa, representada por algumas espécies no dossel como o açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. – Malvaceae), a guajuvira (*Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S.Mill. – Boraginaceae), o angico e a cabriúva (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan e *Myrocarpus frondosus* Allemão – Fabaceae), a cedro e a canjerana (*Cedrela fissilis* Vell. e *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. – Meliaceae) e as canelas (*Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez e *Ocotea puberula* Ness. – Lauraceae).

Por meio de amostragem aleatória simples foram alocadas 8 parcelas de 10 x 20 metros, totalizando 1600 m² de área inventariada. Foram amostrados todos os indivíduos vivos, de porte arbóreo e arbustivo, com circunferência à 1,3 m de altura (CAP) maior ou igual a 10 cm. Os indivíduos foram identificados à campo, sendo mensurados os dados de CAP, altura total, altura comercial, posição sociológica e qualidade do fuste.

Para a caracterização dos parâmetros fitossociológicos, foi utilizado o programa FITOPAC 1.6 (SHEPERD, 1996), que possibilitou o cálculo da frequência, densidade, dominância, valor de importância e valor de cobertura, além do Índice de Diversidade de Shannon (H'). Além disso, para caracterizar a distribuição espacial das espécies foi utilizado o Índice de Agregação de Morisita (BARROS, 1986), conforme a Equação 1. Para testar a significância do desvio da aleatoriedade foi usado o teste Qui-quadrado, que indica a significância do Índice de Morisita, de acordo com a Equação 2. De acordo com o valor do Índice de Morisita, a dispersão pode ser agregada (IM > 1), aleatória (IM = 1) ou uniforme (IM = 0), ou ainda com tendência ao agrupamento (1 < IM < 10 e χ^2 calculado > χ^2 tabelado). Os cálculos foram feitos no Microsoft Office Excel 2007.

Equação 1: Índice de Agregação de Morisita.

$$IM = n \times \frac{\sum x^2 - N}{N(N-1)}$$

Equação 2: Teste do Qui-quadrado.

$$\chi^2 = \frac{n \times (\sum x^2)}{N} - N$$

Onde: IM - Índice de Agregação de Morisita; χ^2 - Valor do teste de Qui-quadrado; n - número total de parcelas amostradas; N - número total de indivíduos por espécie, contidas nas n parcelas; x - número de indivíduos, por espécie e por parcela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No fragmento estudado foram amostrados 258 indivíduos, distribuídos em 37 espécies, 34 gêneros e 21 famílias botânicas diferentes (Tabela 1).

As famílias Fabaceae, Lauraceae, Sapindaceae, Rutaceae e Bignoniaceae se destacaram em número de espécies (7, 3, 3, 3,3, respectivamente). Com relação ao número de indivíduos amostrados, as famílias Lauraceae e Fabaceae foram as mais representativas (25,2 e 19%, respectivamente). A área basal do fragmento foi estimada em 27,43 m².ha⁻¹, o que pode ser considerada como uma floresta em estágio avançado de regeneração de acordo com os critérios da legislação florestal (Resolução CONAMA 04/94). A densidade estimada foi de 1614 indivíduos por hectare. A presença de espécies exóticas à flora brasileira, como é o caso da uva-do-Japão (*Hovenia dulcis*), da ameixeira (*Eriobotrya japonica*) e da bergamoteira (*Citrus nobilis*) evidencia que a área sofreu interferência antrópica, alterando a sua composição botânica.

O Índice de Diversidade de Shannon estimado para o fragmento foi de H' = 3,014. Esse valor pode aproxima-se ao de H' = 3,12, encontrado por Longhi et al. (1999), para um fragmento de Floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS, e menor que o valor de H' = 3,48 encontrado por Arruda e Daniel (2007) para um fragmento de uma Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Dourados, MS. Considerando que se trata de um fragmento florestal, que sofreu uma extração seletiva de espécies de valor comercial, e que apresenta um número relativamente grande de espécies raras, com poucos indivíduos na população, esse valor de H' pode ser considerado expressivo.

A estrutura horizontal da área em estudo foi caracterizada pelos cálculos de densidade, frequência, dominância, valor de importância e valor de cobertura dos indivíduos com CAP maior que 10 cm (Tabela 2). Há o predomínio de poucas espécies nos parâmetros fitossociológicos, notadamente, as Lauráceas *Nectandra megapotamica* e *Ocotea puberula*, apresentando mais de 28% do Valor de Importância e 36% do Valor de Cobertura. Além destas, *Luehea divaricata*, *Cedrela fissilis* e *Dalbergia frutescens* também apresentaram valores significativos destes parâmetros.

TABELA 1: Distribuição botânica de um fragmento de Floresta Estaciona Decidual Submontana, em Arabutã, SC, onde: NI - número de indivíduos e % - porcentagem de indivíduos da espécie em relação ao total amostrado.

TABLE 1: Botanical distribution of a forest fragment, in Arabutã, SC, where: NI - number of individuals sampled and % - percentage of species in relation to the total sampled.

Nome comum	Nome científico	Família	NI	%
Canela-preta	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Lauraceae	46	17,8
Canela-guaicá	<i>Ocotea puberula</i> Ness.		18	7,0
Canela-lageana	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez		1	0,4
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	25	9,7
Canjerana	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.		5	1,9
Rabo-de-bugio	<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	Fabaceae	21	8,1
Angico	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan		9	3,5
Cabriva	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão		8	3,1
Pata-de-vaca	<i>Bauhinia forficata</i> Link		7	2,7
Timbauva	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong		4	1,6
Camboatá-vermelho	<i>Cupania vernalis</i> Camb.	Sapindaceae	17	6,6
Chal-chal	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.		12	4,7
Camboatá-branco	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.		1	0,4
Açoita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Malvaceae	14	5,4
Espinheira-santa	<i>Maytenus officinalis</i> Mabb.	Celastraceae	12	4,7
Guajuvira	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	Boraginaceae	7	2,7
Mamica-de-cadela	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae	7	2,7
Canela-de-veado	<i>Helietta apiculata</i> Benth.		1	0,4
Bergamoteira	<i>Citrus nobilis</i> Lour.		1	0,4
Ariticum	<i>Rollinia sylvatica</i> (A. St.-Hil.) Martius	Annonaceae	8	3,1
Guabiroba	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg	Myrtaceae	6	2,3
Araçá	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine		1	0,4
Ipê	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex A. DC.) Standl.	Bignoniaceae	4	1,6
Carobinha	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.		1	0,4
Caroba	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.		1	0,4
Carvalhinho	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	4	1,6
Estralador	<i>Casearia obliqua</i> Spreng.		2	0,8
Erva-mate	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	Aquifoliaceae	2	0,8
Aguai-leiteiro	<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichler	Sapotaceae	1	0,4
Coqueiro	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	1	0,4
Joá-manso	<i>Solanum sanctaecatharinae</i> Dunal	Solanaceae	1	0,4
Coerana	<i>Cestrum intermedium</i> Sendtn.		1	0,4
Marmeleiro	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	Polygonaceae	1	0,4
Ameixeira	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Rosaceae	1	0,4
Grandiuva	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	1	0,4
Branquilha	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	Euphorbiaceae	1	0,4
Uva-do-Japão	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	Rhamnaceae	1	0,4
	Espécies não identificadas		4	1,6
	Total		258	100,0

TABELA 2: Parâmetros fitossociológicos das espécies de um fragmento de Floresta Estacional Decidual Submontana, em Arabutã, SC, onde: DA - densidade absoluta, DR - densidade relativa, FA - frequência absoluta, FR - frequência relativa, DoA - dominância absoluta, DoR - dominância relativa, VI - valor de importância e VC - valor de cobertura.

TABLE 2: Phytosociological parameters for the species of a forest fragment, in Arabutã, SC, where: DA - absolute density, DR - relative density, FA - absolute frequency, FR - relative frequency, DoA - relative dominance, DoR - relative dominance, VI - importance value and VC - coverage value.

Espécies	DA	DR	FA	FR	DoA	Do	VI	VI (%)	VC	VC (%)
	(ind.ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(m ² .ha ⁻¹)	(%)				
<i>Nectandra megapotamica</i>	288	17,	100,0	7,6	6,85	25,0	50,	16,	42,	21,
<i>Ocotea puberula</i>	113	7,0	75,0	5,7	6,11	22,3	34,	11,	29,	14,
<i>Luehea divaricata</i>	88	5,4	75,0	5,7	2,3	8,4	19,	6,5	13,	6,9
<i>Cedrela fissilis</i>	156	9,7	62,5	4,7	1,08	3,9	18,	6,1	13,	6,8
<i>Dalbergia frutescens</i>	131	8,1	75,0	5,7	0,89	3,3	17,	5,7	11,	5,7
<i>Cupania vernalis</i>	106	6,6	62,5	4,7	1,15	4,2	15,	5,2	10,	5,4
<i>Allophylus edulis</i>	75	4,7	62,5	4,7	0,47	1,7	11,	3,7	6,4	3,2
<i>Maytenus officinalis</i>	75	4,7	62,5	4,7	0,45	1,6	11,	3,7	6,3	3,1
<i>Parapiptadenia rigida</i>	56	3,5	75,0	5,7	0,5	1,8	11,	3,7	5,3	2,7
<i>Cabralea canjerana</i>	31	1,9	50,0	3,8	1,06	3,9	9,6	3,2	5,8	2,9
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	44	2,7	50,0	3,8	0,53	1,9	8,4	2,8	4,7	2,3
<i>Rollinia sylvatica</i>	50	3,1	37,5	2,8	0,52	1,9	7,8	2,6	5,0	2,5
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	38	2,3	62,5	4,7	0,11	0,4	7,5	2,5	2,7	1,4
<i>Cordia americana</i>	44	2,7	50,0	3,8	0,22	0,8	7,3	2,4	3,5	1,8
<i>Jacaranda puberula</i>	6	0,4	12,5	0,9	1,45	5,3	6,6	2,2	5,7	2,8
<i>Bauhinia forficata</i>	44	2,7	25,0	1,9	0,49	1,8	6,4	2,1	4,5	2,3
<i>Myrocarpus frondosus</i>	50	3,1	25,0	1,9	0,38	1,4	6,4	2,1	4,5	2,2
<i>Enterolobium</i>	25	1,6	50,0	3,8	0,2	0,7	6,1	2,0	2,3	1,1
<i>Casearia sylvestris</i>	25	1,6	25,0	1,9	0,11	0,4	3,8	1,3	2,0	1,0
<i>Jacaranda micrantha</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,64	2,3	3,7	1,2	2,7	1,4
<i>Chrysophyllum viride</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,62	2,3	3,6	1,2	2,7	1,3
<i>Ilex paraguariensis</i>	13	0,8	25,0	1,9	0,15	0,6	3,2	1,1	1,3	0,7
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	25	1,6	12,5	0,9	0,09	0,3	2,8	0,9	1,9	0,9
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,31	1,1	2,5	0,8	1,5	0,8
<i>Solanum sanctaecatharinae</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,23	0,9	2,2	0,7	1,2	0,6
<i>Casearia obliqua</i>	13	0,8	12,5	0,9	0,04	0,1	1,9	0,6	0,9	0,5
<i>Matayba eleagnoides</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,12	0,4	1,8	0,6	0,8	0,4
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,08	0,3	1,6	0,5	0,7	0,4
<i>Eriobotrya japonica</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,05	0,2	1,5	0,5	0,6	0,3
<i>Ocotea pulchella</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,04	0,1	1,5	0,5	0,5	0,3
<i>Trema micrantha</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,02	0,1	1,4	0,5	0,5	0,2
<i>Psidium cattleianum</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,02	0,1	1,4	0,5	0,5	0,2
<i>Sebastiania commersoniana</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,02	0,1	1,4	0,5	0,5	0,2
<i>Hovenia dulcis</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,02	0,1	1,4	0,5	0,5	0,2
<i>Helietta apiculata</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,02	0,1	1,4	0,5	0,5	0,2
<i>Citrus nobilis</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,01	0,1	1,4	0,5	0,4	0,2
<i>Cestrum intermedium</i>	6	0,4	12,5	0,9	0,01	0,1	1,4	0,5	0,4	0,2
Total	1614	100	1325,	10	27,43	100	300	100	200	100

Algumas espécies, como *Luehea divaricata* e *Ocotea puberula*, apesar de possuírem menor densidade que as espécies *Cedrela fissilis* e *Dalbergia frutescens*, possuem maior valor de importância e valor de cobertura. Isso se deve ao fato de maior porte dos seus indivíduos, o que lhes proporciona maior dominância, expressa pela maior área basal. Do mesmo modo, *Nectandra megapotamica* possui

densidade 2,5 vezes maior que *Ocotea puberula*; no entanto, quando comparamos a dominância dessas duas espécies, notamos pouca diferença, o que mostra que a última espécie possui indivíduos de maior porte e que, conseqüentemente, têm maior contribuição à área basal total da espécie. O valor de dominância representa a área basal que a espécie ocupa em relação à área basal total, ou a proporção de copa que os indivíduos da espécie ocupam em relação a cobertura total das copas de todas as espécies.

A baixa frequência e dominância de espécies tidas como típicas dessa formação e que possuem grande valor comercial, como é o caso do angico (*Parapiptadenia rigida*), da guajuvira (*Cordia americana*) e do cedro (*Cedrela fissilis*), pode ser um indício de que a área sofreu no passado uma exploração seletiva. O cedro, apesar de apresentar alta densidade, se caracteriza por indivíduos de pequeno porte, sustentando a hipótese de que essa espécie tenha sofrido exploração no passado.

A distribuição diamétrica dos indivíduos em classes de diâmetro (Figura 1a) mostra que, apesar de sua estrutura ter sido modificada por ações antrópicas, o fragmento apresenta um comportamento comum das florestas naturais, seguindo o modelo “J invertido”, onde os indivíduos estão concentrados nas primeiras classes de diâmetro. As duas primeiras classes de diâmetro (4-11,9 cm) concentram 66% dos indivíduos. A densidade populacional, bem como o número de indivíduos e sua distribuição nas classes de diâmetro é uma garantia de permanência de uma espécie em uma floresta.

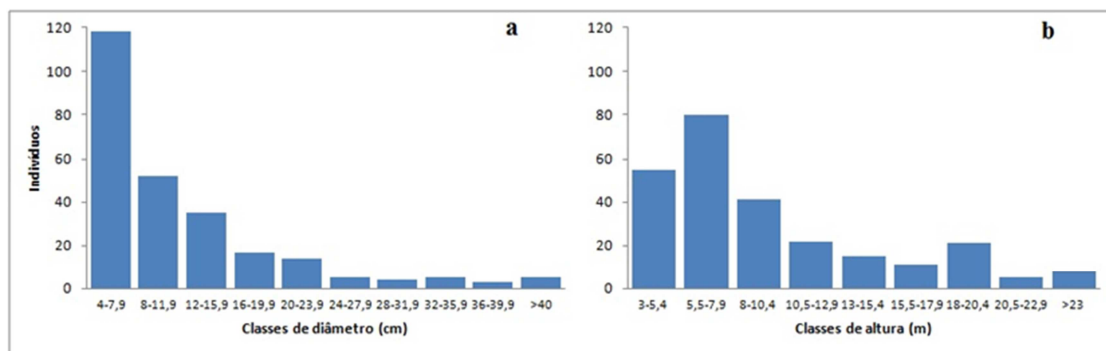


FIGURA1: Distribuição por classes de diâmetro (a) e por classes de altura (b) dos indivíduos de um fragmento de Floresta Estacional Decidual Submontana, em Arabutã, SC.

FIGURE 1: Diameter distribution (a) and by height classes (b) of the trees of a Deciduous Forest fragment, in Arabutã, SC.

A distribuição das frequência dos indivíduos nas classes de altura (Figura 1b) tem comportamento semelhante à distribuição diamétrica, sendo que a maior frequência ocorre entre as alturas de 5,5 e 7,9 m. A distribuição das alturas numa floresta tende a seguir o modelo normal, ou seja, com a maior frequência dos indivíduos ocorrendo próximo a média, nesse caso de 9,9 m. Nesse caso, podemos considerar que a maior quantidade de indivíduos de baixo porte evidencia uma estratificação pronunciada, com menor número de árvores dominando o dossel e, conseqüentemente, maior frequência nas menores classes de altura.

A distribuição espacial que as espécies, de acordo com o Índice de Agregação de Morisita (Tabela 3) mostra que 38% das espécies apresentam tendência ao agrupamento, enquanto 8% apresentam distribuição aleatória e 5% distribuição uniforme. As espécies amostradas em apenas uma parcela não foram classificadas quanto à sua dispersão, podendo ser consideradas como de dispersão aleatória.

Schneider e Finger (2000) citam que o padrão de distribuição uniforme é de ocorrência rara em florestas nativas inequianes, sendo a distribuição agregada comum para a grande maioria das espécies. No entanto, Arruda e Daniel (2007) encontraram 64% das espécies com dispersão uniforme e somente 29,5% de espécies agregadas ou com tendência ao agrupamento. Sartori et al. (2008), em uma formação secundária, contataram que o padrão de tendência ao agrupamento foi distribuição de 42% das espécies amostradas.

A importância de se conhecer o padrão de distribuição espacial de uma espécie está no fato de que, em uma comunidade vegetal, as plantas encontram-se arranjadas conforme as diversas associações intra e interespecíficas existentes ao longo de sua distribuição natural (Budke et al., 2004). Soares et al. (2009) citam que, dependendo do padrão de distribuição espacial da espécie, é difícil aplicar os métodos de amostragem, pois se corre o risco de não amostrar indivíduos raros ou com distribuição altamente agregada, mas que podem ter grande importância.

TABELA 3: Índice de Morisita das espécies de um fragmento de Floresta Estacional Decidual Submontana, considerando o nível de significância de 5% e (p-1) graus de liberdade, onde: IM - Índice de Morisita; χ^2_{calc} - qui-quadrado calculado.

TABLE 3: Morisita Index of the species of a forest fragment, considering the significance level of 5% and (p - 1) degrees of freedom, where: IM - Morisita Index; χ^2_{calc} - chi-square calculated value.

Espécie	IM	χ^2_{calc}	Padrão de distribuição espacial
<i>Nectandra megapotamica</i>	1,15	13,83*	Tendência ao agregamento
<i>Ocotea puberula</i>	1,36	13,11*	Tendência ao agregamento
<i>Luehea divaricata</i>	1,23	10,00*	Tendência ao agregamento
<i>Cedrela fissilis</i>	1,87	27,80*	Tendência ao agregamento
<i>Dalbergia frutescens</i>	1,87	24,33*	Tendência ao agregamento
<i>Cupania vernalis</i>	2,12	24,88*	Tendência ao agregamento
<i>Allophylus edulis</i>	2,06	18,67*	Tendência ao agregamento
<i>Maytenus officinalis</i>	1,70	14,67*	Tendência ao agregamento
<i>Parapiptadenia rigida</i>	0,89		Aleatório
<i>Cabralea canjerana</i>	0,80		Aleatório
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1,52	10,14*	Tendência ao agregamento
<i>Rollinia sylvatica</i>	3,14	22,00*	Tendência ao agregamento
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	0,53		Aleatório
<i>Cordia americana</i>	1,52	10,14*	Tendência ao agregamento
<i>Bauhinia forficata</i>	5,71	35,29*	Tendência ao agregamento
<i>Myrocarpus frondosus</i>	3,43	24,00*	Tendência ao agregamento
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	0,00		Uniforme
<i>Casearia sylvestris</i>	4,00	16,00*	Tendência ao agregamento
<i>Ilex paraguariensis</i>	0,00		Uniforme

χ^2 calculado maior que χ^2 tabelado.

CONCLUSÃO

A análise fitossociológica permite concluir que as espécies *Nectandra megapotamica*, *Ocotea puberula*, *Luehea divaricata*, *Cedrela fissilis* e *Dalbergia frutescens* são as espécies mais importantes do fragmento estudado, pois apresentam os maiores valores de densidade, frequência, dominância, valor de importância e valor de cobertura.

A diversidade florística do fragmento estudado pode ser considerada expressiva, sendo que a floresta encontra-se em estágio avançado de regeneração. Com relação à distribuição espacial, a tendência ao agregamento foi o padrão para a maioria das espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, L. DANIEL, O. Florística e diversidade em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Dourados, MS. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, mai./ago., 2007.
- AVILA, A.L.; ARAÚJO, M.M.; GASPARIN, E.; ALMEIDA, C.M. de; SCCOTI, M.V. Estrutura e ecologia de espécies arbóreas em fragmento de mata ciliar. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 4., 2008, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, UFSM/CCR/PPGEF, 2008. p. 23-29.
- BARROS, P.L.C. **Estudo fitossociológico de uma Floresta Tropical Úmida no planalto de Curuá-Una, Amazônia Brasileira**. 1986. 147 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986.
- BUDKE, J.C.; GIEHL, E.L.H.; ATHAYDE, E.A.; ZÁCHIA, R.A. Distribuição espacial de *Mesadenella cuspidata* (Lindl.) Garay (Orchidaceae) em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, RS, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.18, n.1, p.31-35, 2004.
- DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água**. Porto Alegre, EST, 2005. 189 pg.

- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. 2 ed.
- GANDOLFI, S. Sucessão florestal e as florestas brasileiras: Conceitos e problemas. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu – MG. **Anais...** Caxambu – MG, 2007.
- IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Série Manuais Técnicos em Geociências, n.1. Rio de Janeiro: 1992.
- LEITE, M.A.S.; LEÃO, R. **Diagnóstico e caracterização da sub-bacia do Rio dos Queimados**. Concórdia: Consórcio Lambari: Comitê do Rio Jacutinga e Contíguos, 2009. 210 p.
- LONGHI, S.J.; NASCIMENTO, A.T.; FLEIG, F.D.; DELLA-FLORA, J.B.; FREITAS, R.A. de; CHARÃO, L.W. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.115-133, 1999.
- MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: enfoque histórico e sistemas de classificação**. Porto alegre: EST, 189 p.2002.
- OLIVEIRA, E.B. de; MARANGON, L.C.; FELICIANO, A.L.P.; FERREIRA, R.L.C.; RÊGO, P.L. Estrutura fitossociológica de um fragmento de mata ciliar, Rio Capibaribe Mirim, Bacia do Rio Goiana, Aliança, Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.167-172, 2009.
- SARTORI, D.B.; BRESSIANI, J.X.; LONGHI, R.V.; LONGHI, S.J. Análise da estrutura, distribuição diamétrica e espacial de uma formação secundária na Floresta Ombrófila Mista, Nova Prata, RS. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 4., 2008, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, UFSM/CCR/PPGEF, 2008. p. 81-87.
- SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. **Manejo sustentado de florestas inequiâneas**. Santa Maria, 2000. 195 pg.
- SHEPHERD, G. J. **FITOPAC versão 1.6**. Departamento de Botânica: Unicamp, 1996.
- SOARES, C.P.B.; RODELLO, C.M.; SOUZA, A.L. de; LEITE, H.G.; SOARES, V.P.; SILVA, G.F. da. Comparação entre procedimentos de amostragem para espécies florestais raras e padrão de distribuição espacial agregado. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.3, p.545-553, 2009.

AVALIAÇÃO DAS DIFERENÇAS ESPECTRAIS DE MUDAS DE *Matayba elaeagnoides* Radlk. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

EVALUATION OF DIFFERENCES IN SPECTRAL *Matayba elaeagnoides* Radlk. SEEDLING SUNDER DIFFERENT LEVELS OF SHADING

Luana Dessbesell¹; Daniele Guarienti Rorato²; Adriana Falcão Dutra³; Rudiney Soares Pereira⁴; Maristela Machado Araujo⁵

RESUMO

Diversas técnicas ligadas ao Sensoriamento Remoto têm sido utilizadas para análise do comportamento da vegetação em diferentes paisagens. A resposta espectral da vegetação ainda é pouco conhecida, sendo influenciada pelas características intrínsecas de cada espécie e condições ambientais a que atuam direta ou indiretamente na reflectância espectral. Considerando a carência de estudos que venham a auxiliar na compreensão do processo de reflexão em espécies nativas, o presente artigo avaliou diferenças espectrais, por meio da análise foliar de mudas de *Matayba elaeagnoides* Radlk. expostas a diferentes níveis de sombreamento na região do Visível (V) e do Infravermelho Próximo (IVP). O experimento foi instalado no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As mudas estavam com 13 meses no momento da coleta. As leituras foram realizadas no Laboratório de Sensoriamento Remoto da UFSM. Os tratamentos foram T1 - 0% (Testemunha); T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75% intensidades de sombreamento. Verificaram-se através da ANOVA, a um nível de 95 % de significância, diferenças nas médias de reflectância dos diferentes níveis de sombreamento nos intervalos de comprimento de onda do V e IVP. No teste de Tukey, para o V observou-se a seguinte seqüência, da maior para menor diferenciação dos pares de tratamentos: T2 - T4; T3 - T4; T2 - T1; T1 - T4; T2 - T3; T3 - T1. Já para o IVP a seqüência foi T3 - T1; T2 - T1; T4 - T1; T3 - T4; T2 - T4; T3 - T2. Ambos os intervalos V e IVP mostraram-se satisfatórios para a diferenciação espectral da espécie em estudo.

Palavras-chave: reflectância; espectroradiometria; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Several techniques related to remote sensing has been used to analyze the behavior of vegetation in different landscapes. The spectral response of the vegetation is still little known. The intrinsic characteristics of each species in addition environmental conditions influence directly or indirectly in spectral reflectance. Considering the lack of studies that may help understanding the process of reflection on native species, this article evaluated spectral differences, through the foliage of seedlings *Matayba elaeagnoides* exposed to different levels of shading in the Visible (V) and the Near Infrared (IVP). The experiment was installed at the Viveiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). The seedlings were 13 months old at the time of collection. The readings were taken at the Laboratório de Sensoriamento Remoto/UFSM. The treatments were T1 - 0% (control), T2 - 25%, T3 - 50%, T4 - 75% levels of shading. There were by ANOVA, a 95% level of significance, differences in mean reflectance of the different levels of shading in the wavelength ranges of V and IVP. The *Matayba elaeagnoides* characterized by plasticity have on the demand of light, this fact was confirmed with the study. In the Tukey test for V we observed the following order, from largest to smallest difference of pairs of treatments: T2 - T4, T3 - T4, T2 - T1, T1 - T4, T2 - T3, T3 - T1. As for the IVP was the sequence T3 - T1, T2 - T1, T4 - T1, T3 - T4, T2 - T4, T3 - T2. Both IVP and V intervals were satisfactory for the differentiation of the species under study.

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, Erly de Almeida Lima, 600, CEP: 97105120, Santa Maria (RS), Bolsista DER CCR, email: luana.dessbesell@gmail.com

² Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Bolsista ANEEL, email: dannirorato@hotmail.com

³ Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Bolsista CAPES, email: adriflorestal@gmail.com

⁴ Engenheiro Florestal Dr. Orientador, Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, prédio 42, CEP: 97105120 Santa Maria, RS.

⁵ Engenheira Florestal Dr. Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria, (RS), email: araujo.maristela@gmail.com

Keywords: reflectance; spectroradiometer; remote sensing.

INTRODUÇÃO

Diversas técnicas ligadas ao sensoriamento remoto têm sido utilizadas para análise do comportamento da vegetação em diferentes paisagens, entre elas, a floresta, agricultura e vegetação urbana. O sensoriamento remoto consiste em uma técnica de aquisição e análise das informações sobre as propriedades físico-químicas de objetos de interesse ou fenômenos dinâmicos da superfície terrestre, com base nas interações da radiação eletromagnética com os alvos e o meio ambiente (SILVA, 2007).

No processo de interação da radiação eletromagnética com a folha ocorre dependência entre os fatores envolvidos resultando na transmissão, reflexão e radiação. A análise conjunta desses três fenômenos compõe o estudo do comportamento espectral da vegetação (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Com isso, a energia refletida, na maioria dos sensores, é responsável pela geração de imagens de satélite, ou seja, o resultado da resposta de um objeto à incidência de radiação. O estudo da resposta da vegetação e dos fatores relacionados a essa resposta, é de grande importância para entender como essa energia refletida responde a diferentes condições de desenvolvimento da planta.

Segundo Sanches et al. (2003), a folha é a principal estrutura capaz de absorver radiação eletromagnética. A quantificação da energia absorvida, transmitida e refletida pelas folhas, pode ser obtida por sensores resultando em valores de reflectância em cada comprimento de onda. Contudo, é difícil determinar os fatores que mais interferem na reflexão de um objeto, principalmente da vegetação, pois cada espécie tem características específicas. Atualmente, são poucos os trabalhos voltados à análise espectral da vegetação, principalmente de espécies nativas. Sabe-se que as condições ambientais influenciam no desenvolvimento das plantas e, assim, necessita-se saber se a resposta espectral da vegetação também é influenciada por esses fatores.

As bandas do Visível e do Infravermelho são aconselhadas para o estudo da resposta espectral da vegetação, pois as mesmas são sensíveis a presença de água e pigmentos nas folhas, sendo assim, elas possibilitam análises de parâmetros anatômicos e químicos como, no presente estudo, a resposta da vegetação a diferentes níveis de sombreamento.

Espécies como *Matayba elaeagnoides* Radlk. (camboatá-branco) tem potencial madeireiro, medicinal e paisagístico, além de ser indicadas para recuperação de áreas degradadas (CARVALHO, 2006). Essa espécie é conhecida popularmente como camboatá-branco, camboatã, pau-de-pombo (LORENZI, 2002), miguel-pintado, pingaleiro, entre outros (CARVALHO, 2006). *Matayba elaeagnoides* pertence à família Sapindaceae, diferenciando-se do camboatá-vermelho (*Cupania vernalis* Cambess) por apresentar folíolos lisos (BACKES e IRGANG, 2002).

Silva (1967) e Lopez et al. (1987) descreveram que o camboatá-branco apresenta madeira de textura fina, moderadamente densa, com alburno marrom claro e cerne rosado, podendo ser utilizado na forma de madeira serrada ou roliça na construção civil. Também, caracteriza-se por ser uma planta melífera, contribuindo para a produção de néctar e pólen (CARVALHO, 2006). Além disso, devido a seu potencial, pode ser indicado para a recomposição florestal, em áreas de vegetação secundária visando à preservação permanente (BACKES e IRGANG, 2002) e restauração de ambientes ripários (DURIGAN e NOGUEIRA, 1990).

Conforme Inoue e Galvão (1986) com relação às características silviculturais, o camboatá-branco é uma espécie de luz difusa, podendo ser chamada também de esciófila, quando jovem, se regenerando na sombra, tolerando baixas temperaturas. Assim, observa-se que a espécie apresenta demanda de luz associada ao estágio de desenvolvimento na fase inicial de regeneração em sub-bosque, aproveitando a luminosidade para atingir maior estrato na floresta.

Considerando as características do camboatá-branco referentes à demanda de luz, avaliou-se diferenças espectrais, por meio da análise foliar de mudas de *Matayba elaeagnoides* expostas a diferentes níveis de sombreamento, a partir das médias dos valores de reflectância na região do Visível e do Infravermelho, visando o conhecimento da variação da reflectância.

MATERIAL E MÉTODO

Coleta do material

O estudo foi realizado no Viveiro Florestal, pertence ao Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, localizado entre as coordenadas 53°43'05"W, 29°43'05"S e 53°43'00"W, 29°43'10"S. No momento da coleta as mudas apresentavam 13 meses de idade e saudáveis. Imediatamente após a coleta as folhas foram devidamente condicionadas em embalagens, para evitar a perda de água, e encaminhadas ao Laboratório de Sensoriamento Remoto da UFSM.

Os tratamentos foram testados em diferentes níveis de sombreamento com uso de tela de nylon tipo Sombrite®, sendo T1 - 0% (Testemunha); T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75%. Para tal, foram coletadas

cinco folhas de cada tratamento, de forma aleatória, apenas observando a sanidade.

Medições radiométricas

No Laboratório de Sensoriamento Remoto (LABSERE), pertencente ao Departamento de Engenharia Rural, UFSM, foram realizadas as leituras da radiância refletida, das faces ventrais das cinco folhas, através do uso de um microcomputador acoplado ao espectrorradiômetro FieldSpec[®]3 conectado a unidade RTS-3ZC3 (esfera integradora). O fator de reflectância foi obtido utilizando-se como superfície lambertiana a placa Spectralon, que apresenta reflectância espectral de aproximadamente 100% em todo o espectro solar.

As leituras foram repetidas três vezes para cada uma das cinco folhas coletadas para cada tratamento, resultando assim em quinze leituras por tratamento. Os dados foram convertidos no software ASD WiewSpec Pro v. 4.05 para o formato texto, sendo posteriormente carregados em planilha Excel, onde determinou-se a reflectância média de cada tratamento, representada pela média aritmética do conjunto de leituras, além de análises gráficas das curvas de reflectância.

Delineamento estatístico

Primeiramente no Excel plotou-se gráficos do comprimento de onda (x) com o respectivo fator de reflectância (y) para os quatro tratamentos. Isso possibilitou uma análise visual do comportamento dos tratamentos para definir o intervalo que apresenta a melhor resposta de diferenciação.

A análise estatística foi realizada no Software R (*A Programming Environment for Data Analysis and Graphics*), versão 2.8.0, 2008, sendo que para a determinação da caracterização espectral considerou-se as bandas com comprimentos de onda do Visível (V) de 450 nm a 690 nm, compondo as bandas do azul, verde e vermelho, respectivamente e Infravermelho Próximo (IVP) de 690 nm a 900 nm, que foram escolhidos de acordo com a literatura e da interpretação dos gráficos gerados no Excel.

Os testes estatísticos efetuados foram:

1. Teste de Variância; utilizado para verificar a maior e menor variância. Deve-se testar se a variância maior é significativamente diferente da variância menor. Se não for o caso, então se pode concluir que nenhuma das variâncias é significativamente diferente das outras. Alternativamente foi usado o teste de Bartlett para testar as homogeneidades das variâncias.

2. Teste de Normalidade das observações (reflectâncias); por meio do teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade das observações nos diferentes tratamentos, aceitando-se a normalidade das observações quando $W > p\text{-value}$ ($W > p$ valor tab).

3. Análise de variância (ANOVA) para verificar diferenças em reflectâncias médias (variável reflectância) entre os tratamentos. Foi realizada a análise de variância para as médias de cada banda (V e IVP) espectral, com o objetivo de identificar a existência de diferenças significativas entre as reflectâncias de cada tratamento, para o V e IVP.

4. Na ocorrência de um F calculado significativo ao nível de probabilidade determinado, aplicou-se o teste de Tukey, que analisa entre quais pares de tratamentos ocorreram diferenças significativas na reflectância em cada banda e entre quais pares as diferenças foram maiores. Utilizou-se o teste de Tukey HSD, variante do teste de Tukey, que sequencia as médias por ordem de importância ou influência sobre o resultado da variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o comportamento espectral do camboatá-branco nos intervalos do Visível (V) e Infravermelho Próximo (IVP) que corresponde a 450 a 690 nm e 690 nm a 900 nm, respectivamente. Além disso, o Infravermelho demonstra um pico de reflectância característico e apresenta pouca oscilação a partir de 750 nm, sendo o espectro visível o que melhor diferencia os tratamentos, devido ao maior espaçamento entre as curvas

Observa-se que a reflectância de *Matayba elaeagnoides*, comparada a Figura 2, apresenta valores superiores, próximos de 50% no IVP. Analisando a Figura 1 pode-se perceber que os picos característicos de curvas de vegetação, para a espécie em estudo apresentam comportamento semelhante ao observado por Jensen (2009), ao analisar a reflectância de folhas verdes e sadias de vegetação arbórea (Figura 2). Também, considerando que os tratamentos testavam diferentes níveis de sombreamento, a resposta espectral apresentada teve um aumento de escala para os tratamentos T2 T3, ou seja, uma maior reflectância quando comparada a curva geral de vegetação verde sadia (Figura 2), expressando a influência do sombreamento na reflectância.

Estudos com folhas de *Liquidambar styraciflua* L., realizados por Jensen (2009), constataram que para as folhas verdes sadias a reflectância observada foi de 6% no comprimento de onda 450 nm e 5% em 650 nm, abrangendo assim a região do azul e do vermelho, além de um pico no verde de 11% em 550 nm. Tais resultados assemelham-se aos encontrados nesse estudo para os tratamentos T1 com 5% no 450 nm e 8% em 650 nm. A região do azul (400 nm a 500 nm) é sensível à perda de clorofila, maturação,

senescência e efeitos de superfície do solo (THENKABAIL et al. 1999), bem como a presença de pigmentos carotenóides (BLACKBURN, 1998). Com isso, o uso da banda azul é questionável devido aos efeitos atmosférico, como pode ser observado na Figura 1 há pouca diferenciação nesse intervalo.

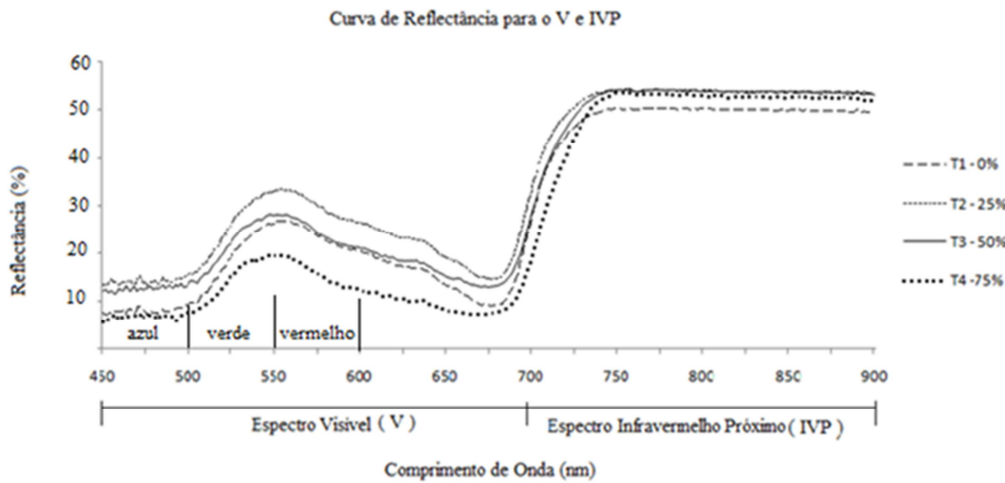
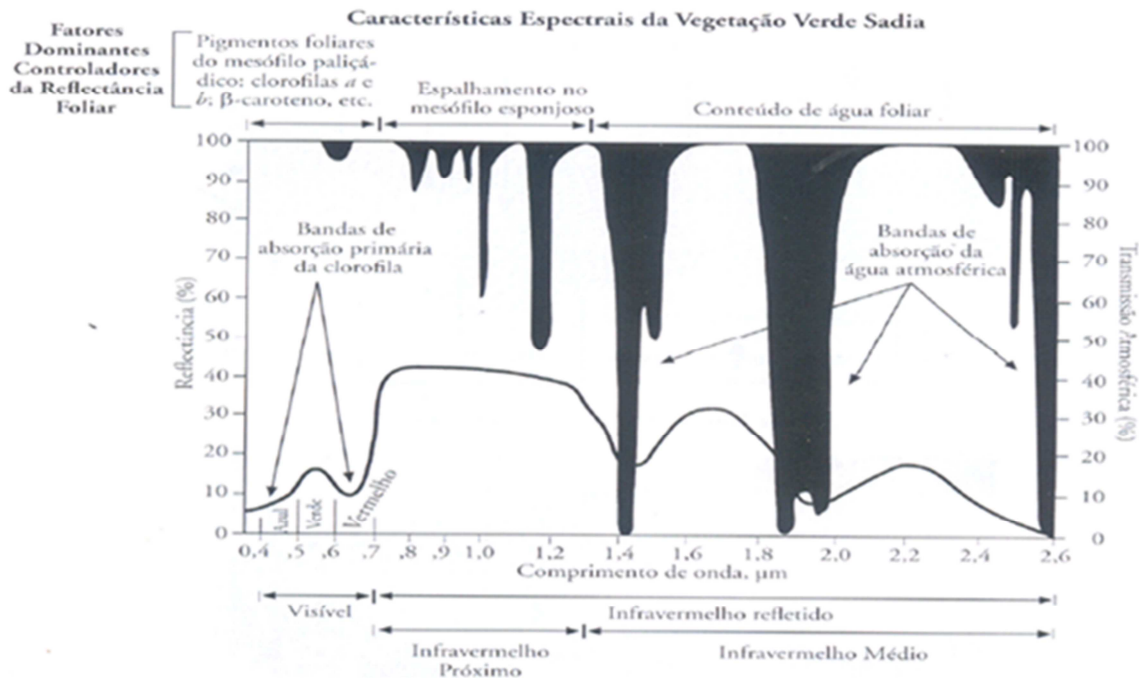


FIGURA 1: Curva de reflectância média de *Matayba elaeagnoides* para o quatro tratamentos.
FIGURE1: Averagerelectancecurve of *Matayba elaeagnoides* for thefourtratements.



Fonte: Adaptado Jensen (2009).

FIGURA 2: Espectro de reflectância de uma folha verde e sadia.
FIGURE2: Spectrumof a green leafreflectanceand healthy.

Na banda do verde (500 nm a 600 nm) ocorre a alteração positiva na reflectância com a variação no comprimento de onda atingindo a máxima reflectância. Segundo Schepers et al. (1996), o pico na banda do verde (ou ponto de máxima reflectância) no espectro visível está fortemente relacionado ao total de clorofila. A alteração negativa na reflectância pela variação no comprimento de onda do espectro visível é máxima em torno desta faixa do verde.

A pré-máxima de absorção de clorofila (ou mínimo da reflectância) ocorre na região do vermelho (600-700 nm) dentro do espectro visível. Essa faixa de absorção varia significativamente devido às mudanças em fatores como biomassa, superfície de solo exposto, tipos de cultivares, estrutura do dossel, teor de nitrogênio, umidade e stress nas plantas (ELVIDGE e CHEN, 1995). Conforme Thenkabail et al. (1999), o maior contraste da cobertura do solo está em torno de 75 nm para a maioria das coberturas em fase de crescimento. Além disso, também apresenta fortes correlações com clorofila A e clorofila B (BLACKBURN 1998). Absorção de clorofila pós-máxima aproximadamente 700 nm (ou de

mínima reflectância 2), é um ponto de mudança repentina na reflectância de absorção do vermelho.

A região do infravermelho borda (aproximadamente 720 nm) é sensível às variações temporais no crescimento e na condição de colheita, resultando no deslocamento para o limite do vermelho. Aliado a isso, é sensível ao stress da vegetação e, fornece informações adicionais sobre o status de clorofila e do nitrogênio nas plantas (ELVIDGE e CHEN, 1995).

O Infravermelho próximo apresenta uma reflectância uniforme próxima durante toda a curva de reflectância. Segundo Schepers et al. (1996) essa faixa possui relação forte com clorofila total. Culturas como o algodão e o milho ou quando estas estiverem sob o stress ou senescência sofrerão mudanças significativas na reflectância ao longo da curva (740-940 nm) (THENKABAIL et al. 1999). Ainda de acordo com Peñuelas et al. (1993), essa região é útil para determinar o índice de umidade da cultura.

A partir da Análise de Variância (Tabela 1 e 2) e Teste Tukey HSD (Figuras 3 e 4) verifica-se que as diferenças entre as médias de reflectância são altamente significativas. Observa-se que há diferenças significativas entre as reflectâncias médias dos diferentes níveis de sombreamento das mudas de *Matayba elaeagnoides* em no mínimo um par de médias, para os intervalos de comprimento de onda analisados V e IVP.

TABELA 1: Análise de variância para o espectro Visível para *Matayba elaeagnoides*, submetidas a diferentes níveis de sombreamento, Viveiro Florestal, DCFL, Santa Maria, RS.

TABLE 1: Analysis of variance for the spectrum visible to *Matayba elaeagnoides* under different levels of shading, Viveiro Florestal, DCFL, Santa Maria, RS.

CV	GL	SQ	QM	P valor calculado	P valor tabelado
Tratamentos	4	1.5259	0.50865	0.50865	$< 2,2 e^{-16}$
Resíduos	960	3.2095	0.00334	-	-

TABELA 2: Análise de variância para o espectro Infravermelho para *Matayba elaeagnoides*, submetidas a diferentes níveis de sombreamento, Viveiro Florestal, DCFL, Santa Maria, RS.

TABLE 2: Analysis of variance for the infrared spectrum for *Matayba elaeagnoides* under different levels of shading, Viveiro Florestal, DCFL, Santa Maria, RS.

CV	GL	SQ	QM	P valor calculado	P valor tabelado
Tratamentos	3	0.137234	0.045745	6509.2	$< 2.2e^{-16}$
Resíduos	560	0.003936	0.000007	-	-

Tanto visivelmente, através dos gráficos gerados no Excel, quanto pelo teste de Tukey HSD pode-se observar em ordem decrescente de diferenciação de, para o intervalo de reflectância do visível ocorre a seguinte ordem: T2 - T4; T3 - T4; T2 - T1; T1 - T4; T2 - T3; T3 - T1 respectivamente (Figura 4). Na região do visível ocorre uma alta absorção associada à presença de pigmentos nos cloroplastos, isso pode ser considerado um bom indicativo na diferenciação da resposta ao sombreamento.

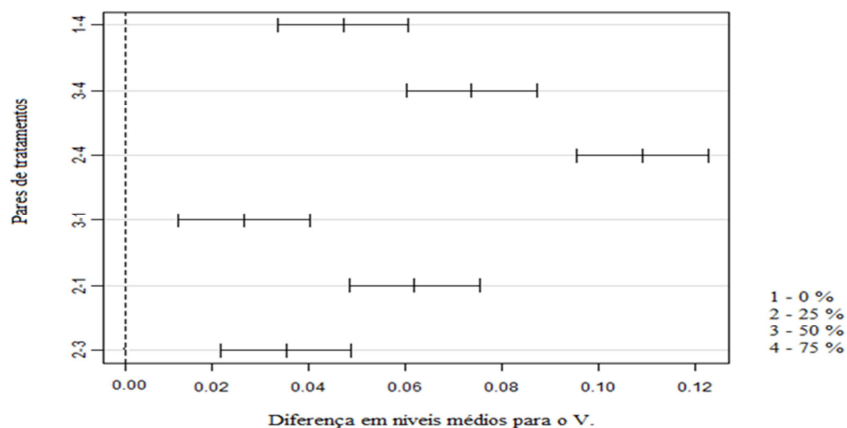


FIGURA 3: Tukey a 95% de confiança dos tratamentos, T1 - 0% (Testemunha); T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75% níveis de sombreamento, para o Visível.

FIGURE 3: Tukey95%confidencetreatments, T1 -0% (control), T2 - 25%, T3 - 50%, T4 - 75% levels ofshadingforthe visible.

Pelo teste de Tukey e por meio do gráfico (Figura 3) pode-se observar em ordem decrescente de diferenciação para o intervalo de reflectância do Infravermelho Próximo (IVP) ocorre na seguinte ordem:

T3 – T1; T2 – T1; T4 – T1; T3 – T4; T2 – T4; T3 – T2 respectivamente (Figura 5).

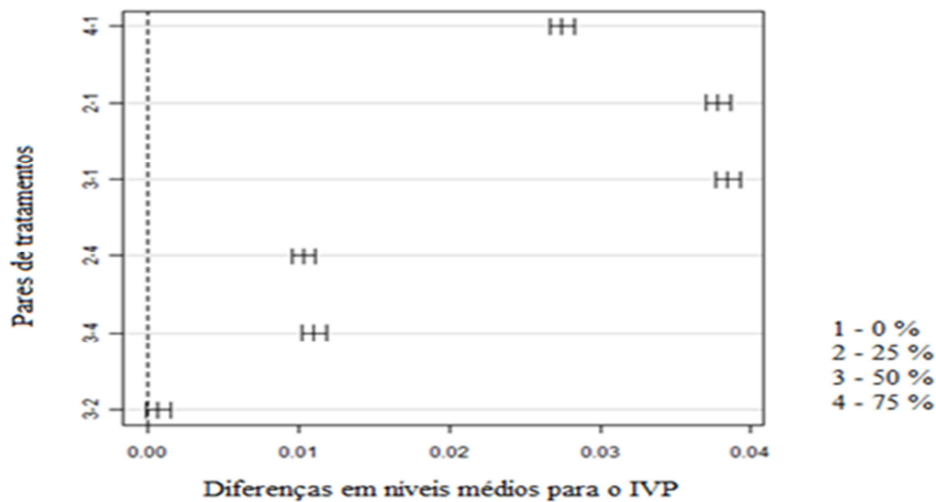


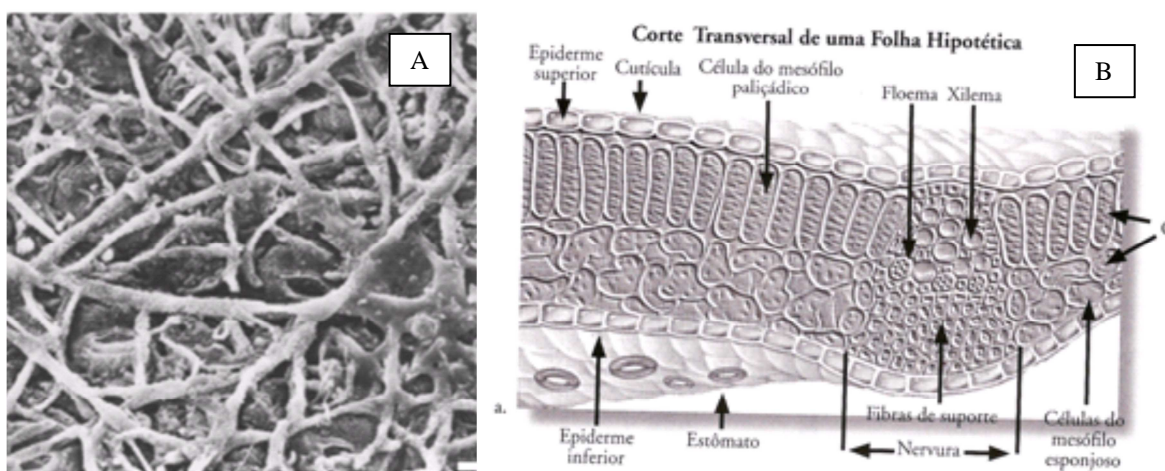
FIGURA 4: Tukey a 95 % de confiança dos tratamentos, T1 - 0% (Testemunha); T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75% para o Infravermelho Próximo.

FIGURE 4: Tukey95%confidenceof treatments T1 -0% (control), T2 - 25%, T3 - 50%, T4 - 75% levels ofshadingforNear Infrared.

Jensen (2009) avaliando regiões espectrais do visível em folhas cloróticas, submetidas a estresse, observou uma reflectância elevada para ambos os intervalos analisados. Esse fato, segundo o autor, ocorre devido à diminuição de produção de clorofila, fazendo com que a planta absorva menor quantidade de energia.

Segundo Silveira (2009) *Matayba elaeagnoides* apresenta uma densidade foliar estomática de 383,81 por mm², uma razão de 1,07 de parênquima paliçádico e esponjoso e textura coriácea. Pode-se observar na Figura 5 (A) os cristais de cera formando fios na face abaxial de uma lamina de *Matayba elaeagnoides*. De acordo com Philpott (1971 apud JENSEN, 2009) a superfície cuticular presente na epiderme superior difunde, mas reflete pouca luz. Com isso, plantas que se desenvolvem em sub-bosques apresentam essa camada mais fina possibilitando assim a captação de luz difusa.

Conforme Inoue e Galvão (1986) o *Matayba elaeagnoides* é uma espécie de luz difusa, podendo ser chamada também de esciófila, quando jovem, e que se regenera na sombra, tolerando as baixas temperaturas. Nesse estudo, a avaliação da variação da refletância mostrou-se aleatória, pois a diferenciação não ocorreu de forma sequencial, ou seja, de menor para maior índice de sombreamento.



Fonte: Bieras (2006)

Fonte: Jensen (2009)

FIGURA 5: A: Eletromicrografias da superfície de *Matayba elaeagnoides*. B: Secção transversal de folha verde típica.

FIGURE5: Electron micrographsof the surface of*Mataybaelaeagnoides*. B: Cross section oftypicalgreen leaf.

Vale ressaltar que no momento da coleta observou-se visualmente uma diferenciação na coloração das folhas e, como já mencionada anteriormente, a presença de pigmento é responsável em grande parte pela variação na reflectância. Estudo realizado por Inoue (2010) visando determinar o teor de clorofila em folhas de *Araucaria angustifolia*; *Mimosa scabrella*; *Ocotea puberula*; *Schinus terebinthifolius* e *Matayba elaeagnoides*, encontrou para *Matayba elaeagnoides* um teor de clorofila total médio de 2,28 (mg.mg⁻¹), representando um teor intermediário quando comparado as demais espécies.

CONCLUSÕES

A espécie *Matayba elaeagnoides* caracteriza-se por apresentar diferenciação aleatória quando submetida a diferentes intensidades de sombreamento,

Para o Visível observou-se maior diferenciação comparado ao Infravermelho próximo. O par T2 e T4 apresentaram maior diferenciação na banda do Visível.

Ambos os intervalos V e IVP mostraram-se satisfatórios para a diferenciação da espécie em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACKES, P.; IRGANG, B., **Árvores do sul: guia de identificação e interesse ecológico**. Santa Cruz do Sul, RS: Clube da Árvore, 2002.

BLACKBURN, G.A. Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: atest using senescent tree leaves, **International Journal of Remote Sensing**, 1998, 19 (4): 657-675.

BIERAS, A. C. Morfologia e Anatomia Foliar de Dicotiledôneas Arbóreo-arbustivas do Cerrado de São Paulo, Brasil. **Tese de Doutorado**, Rio Claro, 2006. 67p.

CARVALHO, P. E. R., **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Embrapa Informação Tecnológica, Colombo, PR: Embrapa Florestas, vol. 2, 2006, 627 p.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B., **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990, 14p. (IF. Série Registros, 4).

ELVIDGE, C. D.; CHEN, Z. Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 54, n.1, p. 38-48, 1995.

INOUE.M. T. Teor de Clorofila de Seis Espécies Arbóreas sob Influência da Poeira de Cimento. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 2, p. 457-464, abr./jun. 2010.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphany (coordenador)... [et al.]. – São José dos Campos, SP: Parêntese. 2009, 598p.

INOUE, M. T.; GALVÃO, F., Desempenho assimilatório de *Mimosa scabrella*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius* e *Matayba elaeagnoides*, em dependência da intensidade luminosa. **Acta forestalia brasiliensis**, Curitiba, v. 1, n. 1, 1986, p. 89-98.

LOPEZ, J. A. et al., **Arboles comunes del Paraguay: ñande yuyra mata kuera**. Washington: Peace Corps, 1987, 425p.

LORENZI, H., **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Nova Odessa, São Paulo: Plantarum, v.1, 2002, 378 p.

PEÑUELAS, J. et al. The reflectance at the 950-970 nm region as an of indicator of plant water status. **Int. J. Remote Sens.** V. 18, 2869-2875, 1993.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São Jose dos Campos, SP. Editora: Parêntese. 127p.2007

SANCHES, I.D.A., ANDERSON, L.O., ROJAS, E.H.M., OLIVEIRA, C.G. Influência do tempo após a coleta de folhas na reflectância e transmitância. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 2605-2612. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/10.18.15.17/doc/18_019.pdf> Acesso em: 20 agosto 2010.

SCHEPERS, J.S., T.M. BLACKMER, W.W. WILHELM, R. M. Transmittance and reflectance measurements of corn leaves from plants with different nitrogen and water supply. **J.Plant Physiol.**, 1996, v.148: 523-539.

SILVA, P. F., **Características físico-mecânicas de espécies lenhosas do Sul do Brasil**. Porto Alegre:

Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, 1967, 41p.

SILVA, R.M. **Introdução ao geoprocessamento:** conceitos, técnicas e aplicações. Novo Hamburgo: Fevalle. 176 p.2007.

SILVEIRA, T. I. **Morfologia Foliar de Espécies Arbóreas de um Capão de Floresta Ombrófila Mista, PR, Brasil.**Dissertação, Curitiba. 2009. 50p.

THENKABAIL P. S.; SMITH, R .B.; DE PAUW, E. Hyperspectral vegetation indices for determining agricultural crop characteristics. **CEO Research Publication Series 1**, Yale University, USA, 1999, 40.

ESTOQUES DE BIOMASSA EM PLANTIOS DE *Hymenaeacourbaril* L. SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO EM SOLO DE ÁREA ALTERADA PELA AGRICULTURA NA REGIÃO DE MANAUS-AM

BIOMASS STOCKS IN PLANTATIONS OF *Hymenaea courbaril* L. UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF MANURE IN SOIL AREA MODIFIED FOR AGRICULTURE IN THE REGION OF MANAUS-AM

Rodrigo Pinheiro Bastos¹; João Baptista Silva Ferraz²; Ana Flávia Boeni³; Priscila de Moraes Pinto Bitencourt³

RESUMO

Os objetivos foram determinar as características morfológicas, físico-químicas do solo e a biomassa nos plantios de *Hymenaea courbaril*. Os plantios foram realizados nos meses de abril nos anos de 2001 e 2002. O primeiro, no espaçamento de 3 x 2 m, sendo uma parte sem qualquer adubação, tratamento (SA). O segundo, também no espaçamento de 3 x 2 m, numa outra parte com um histórico de adubação orgânica, tratamento (AO). O terceiro plantio (2002), no espaçamento de 5 x 2 m, teve adubação química (AQ) com 150 g/cova de Fosmag® (NPK 15:5:10, +B e S) durante o plantio e nos quatro anos seguintes, com a mesma dosagem. O solo na área do experimento é um Latossolo Amarelo, oligotrófico, muito argiloso. A eficiência da adubação orgânica (AO) sobre as características químicas do solo degradado foi notável. Os teores de macro e micronutrientes nas camadas superficiais do solo desse tratamento sempre foram maiores do que nos outros dois tratamentos (p. ex. N: 2,48 g.kg⁻¹ AO; 1,77 g.kg⁻¹ AQ e 1,36 g.kg⁻¹ SA). A influência da AO foi observada até horizontes mais profundos do perfil de solo (50 cm). Os valores de pH, tanto em H₂O quando em KCl, foram maiores quando os valores de carbono eram menores, sempre em horizontes mais profundos. O estoque de biomassa foi cerca de 20 vezes maior nos indivíduos de *Hymenaea courbaril* no tratamento AO (273 Mg.ha⁻¹) do que no SA (13 Mg.ha⁻¹). Esse estoque sempre foi maior nos compartimentos troncos e galhos finos, nos três tratamentos.

Palavras-chaves: jatobá; nutrição floresta; biomassa; recuperação de áreas degradadas.

ABSTRACT

The objectives were to determine the morphological, physical and chemical properties of soil and biomass plantations in *Hymenaeacourbaril*. The plantings were conducted in the month of April in 2001 and 2002. The first, the spacing of 3 x 2 m, where a part without any fertilization treatment (SA). The second, equally spaced at 3 x 2 m, in another part with a history of organic fertilization treatment (AO). The third planting (2002), spaced 5 x 2 m, had mineral fertilizer (MF) with 150 g / pit Fosmag® (15:5:10 NPK + B and S) during the planting and the next four years with the same dosage. The soil in the experimental area is a Yellow Latosol, oligotrophic, very clayey. The efficiency of organic manure (AO) on the chemical characteristics of the degraded soil was remarkable. The contents of macro and micronutrients in the soil surface layers of this treatment were always larger than the other two treatments (eg. N: 2.48 g.kg⁻¹ TO; 1.77 g.kg⁻¹ and AQ 1.36 g.kg⁻¹ SA). The influence of AO was observed up to deeper horizons of the soil profile (50 cm). The pH values in both H₂O when KCl were higher when the carbon values were smaller, ever-deeper horizons. The stock biomass was about 20 times higher among those of THE *Hymenaea courbaril* in the treatment (273 Mg.ha⁻¹) than in SA (13 Mg.ha⁻¹). This stock has always been higher in compartments trunks and fine branches in the three treatments.

Keywords: jatoba; forest nutrition; biomass; recovery of degraded areas.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia, os plantios florestais podem desempenhar um papel importante na recuperação e/ou restauração da área degradada. Estudos como o de Salomão (2003) têm mostrado que os plantios florestais podem facilitar ou acelerar os processos de sucessão florestal. Isso ocorre, principalmente, em áreas onde as atividades antrópicas são intensas e as barreiras ecológicas à sucessão persistem, prejudicando a recolonização por espécies arbóreas nativas. Em alguns casos, têm-se utilizado espécies

¹ Eng. Florestal, Msc. em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, CEP 69060-001, Manaus (AM) robaggioefl@gmail.com

² Eng. Florestal, Dr. Pesquisador Titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, CEP 69060-001, Manaus, (AM).

³ Acadêmica do Curso de Eng. Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-000, Santa Maria (RS), anafboeni@gmail.com; priscila.m.bitencourt@gmail.com

exóticas em plantios de recuperação de áreas degradadas visto que algumas destas espécies não são susceptíveis às doenças que normalmente atacam as espécies nativas. Além disso, espécies exóticas podem apresentar bom desempenho sob condições de alta irradiância, baixa disponibilidade de nutrientes (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2006) e notado crescimento em sítios alterados.

Num cenário de impactos antrópicos extensivos sobre os ecossistemas, a reparação de danos constitui uma tarefa fundamental, em que a ecologia da restauração deve ser um componente integral no manejo do uso da terra, que para ser efetivamente aplicável deve apresentar uma base conceitual consistente (HOBBS e HARRIS, 2001).

Plantios florestais com espécies nativas de importância econômica têm sido utilizados para restaurar áreas degradadas e, ao mesmo tempo, criar oportunidade para o futuro aproveitamento sustentável de seus produtos madeireiros e não madeireiros. A utilização dessas áreas abandonadas para reflorestamentos com espécies de importância econômica, pode também contribuir para a redução da exploração predatória de madeira, e assim, reduzir as taxas de desmatamento (EVANS e TURNBULL, 2004). Tais reflorestamentos, além de contribuírem para restaurar os serviços ambientais prestados pelas florestas (manutenção do ciclo hidrológico; estabilização climática; prevenção das erosões; manutenção da biota e da fertilidade dos solos), podem também contribuir para a fixação do carbono atmosférico na biomassa florestal. Para a restauração dos serviços ambientais, reflorestamentos com um grande número de espécies florestais têm sido utilizados visando aumentar a fertilidade dos solos e da sucessão secundária em áreas altamente impactadas pela mineração (FERRAZ, 1993; SALOMÃO, 2003; FERRAZ, 2008)

Espécies arbóreas de crescimento rápido tem sido uma estratégia adotada em muitos plantios florestais para fins de recuperação de áreas antropicamente alteradas, objetivando um rápido acúmulo de biomassa na vegetação e nos horizontes superficiais do solo. No ambiente edáfico, o acúmulo de biomassa é importante para a estabilização das propriedades físicas e químicas do solo, aumentando a quantidade de matéria orgânica e, por conseqüência, melhorando a capacidade de retenção de água e de nutrientes, formando um ambiente mais propício ao estabelecimento de espécies nativas provenientes da regeneração natural e/ou artificial (MARENCO *et al.*, 2001; MARENCO e LOPES, 2009).

A Sociedade para Restauração Ecológica (SER, 2004), considera que restauração ecológica é uma atividade que inicia e/ou acelera o processo da recuperação de um ecossistema que foi destruído, alterado ou degradado, com respeito a sua saúde, integridade e sustentabilidade.

Diante das mudanças climáticas globais e aumento das áreas antropicamente perturbadas, não há como citar restauração ecológica sem levar em consideração o crescimento, desenvolvimento, seqüestro e acúmulo de carbono das árvores. Portanto, segundo o IPCC (2006), a biomassa deve ser estimada, separadamente, considerando os seguintes componentes: (1) biomassa acima do nível do solo, que inclui tronco, galhos grossos e finos, casca, flores, frutos e folhas; (2) a biomassa abaixo do solo ou biomassa de raízes maiores do que 2 mm em diâmetro de base (sugerido) e (3) biomassa de matéria morta ou necromassa, que são todos os materiais vegetais mortos não contidos na serrapilheira. Não se inclui raízes menores que 2 mm de diâmetro pela dificuldade de mensuração e separação da necromassa e também porque estas raízes possuem alta taxa de ciclagem, geralmente de acordo com a sazonalidade, não se comportando como um estoque de carbono na pedosfera. Todavia, a biomassa de raízes menores que 2 mm de diâmetro tem grande importância na ciclagem e absorção de nutrientes.

Os objetivos desse capítulo são: avaliar as propriedades morfológicas (distribuição de horizontes, cor e textura); físicas (compactação, densidade); e químicas (teores de C_{tot} , matéria orgânica, N_{tot} , P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Al e acidez) dos solos sobre plantios de *Hymenaea courbaril* com diferentes tipos de manejo do solo e avaliar os estoques de biomassa e sua distribuição nos compartimentos arbóreos das árvores.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Os plantios de *Hymenaea courbaril* (jatobá) estão localizados em área pertencente à Cooperativa Agrícola Mista Efigênio Sales (CAMES), situada na Rodovia AM-010, km 41. As coordenadas geográficas são 2°48'72" latitude S e 59°53'32" longitude W (Figura 1). A estação agroclimatológica, situada na Embrapa Amazônia Ocidental, está localizada a 10 km da área de estudo. A temperatura média anual é de 25,9° C e uma precipitação média anual de 2587 mm (ANTONIO, 2009). O período chuvoso vai de dezembro a maio e o período da seca compreende os meses de julho a outubro. O clima local é do tipo Af (tropical chuvoso), segundo a classificação de Köppen (1946).

O substrato geológico da região é a Formação Alter do Chão. Na área do plantio o tipo de solo é o Latossolo Amarelo Álico, oligotrófico, de textura muito argilosa (HIRAI *et al.*, 2003). O tipo vegetacional original da área foi floresta primária de terra firme (floresta densa perenifólia (VELOSO *et al.*, 1991; RIBEIRO *et al.*, 1999).



FIGURA 1: Imagem de satélite da CAMES e localização dos tratamentos dos plantios de *Hymenaea courbaril* (Jatobá)

FIGURE 1: Satellite image of the CAM treatments and location of plantings of *Hymenaea courbaril* (Jatoba)

Formação dos plantios

O desmatamento da cobertura vegetal original ocorreu em 1958. Na década de 60 foi implantado o cultivo de hortaliças, pimenta-do-reino e de citros. A partir da década de 80, até meados dos anos 90 a área foi abandonada. Em 1996 foram feitos sucessivos cortes da cobertura vegetal de regeneração natural e roçadas mecanizadas. A vegetação cortada era empurrada e depositada na parte mais baixa do terreno. Nesse processo, ocorreu também a remoção da camada de solo mais rica em matéria orgânica (superficial) e a compactação da superfície. Durante o período de seca de 2000, a vegetação secundária foi cortada, parte do solo superficial raspado e novamente empurrados para a parte mais baixa do terreno para a formação do plantio florestal. Desta forma parte da área recebeu ao longo desse período contínuas adições de matéria orgânica

Histórico da área

Os plantios foram realizados em abril de 2001 e abril de 2002. O primeiro, no espaçamento de 3 x 2 m, sendo uma parte sem qualquer adubação, tratamento SA (Figura 2).

O segundo, também no espaçamento de 3 x 2 m, numa outra parte com um histórico de adubação orgânica na parte mais baixa do terreno, tratamento AO (Figura 3).

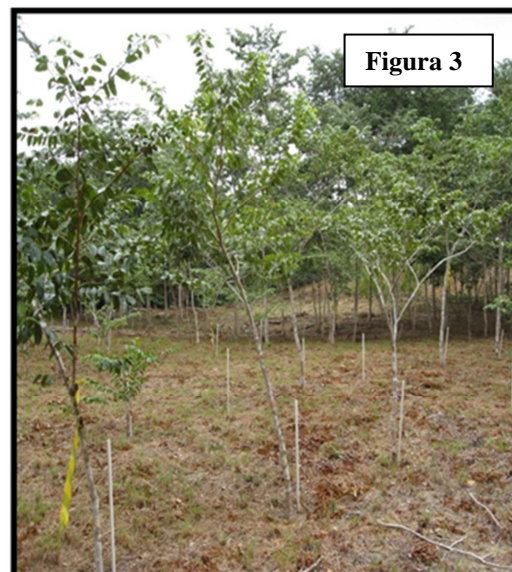


FIGURA 2-3: Plantio de *Hymenaea courbaril* (Jatobá), aos 9 anos, sobre área degradada pela agricultura. Tratamento AO (adubação orgânica). CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).

FIGURE 2-3: Planting of *Hymenaea courbaril* (Jatoba), at 9 years, over an area degraded by agriculture. Treatment AO (organic fertilizer). CAMS, Rod AM-010, 41 km (Manaus-AM).

O terceiro plantio (2002), no espaçamento de 5 x 2 m (Figura 4), adubado com 150 g/cova de Fosmag® (NPK 15:5:10, +B e S) durante o plantio e nos quatro anos seguintes, com a mesma dosagem (tratamento AQ). As árvores desse último plantio receberam tratos silviculturais de condução de copa.



FIGURA 4: Plantio de *Hymenaea courbaril* (Jatobá), aos 8 anos, sobre área degradada pela agricultura. Tratamento AQ (adubação química). CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).
FIGURE 4: Planting *Hymenaea courbaril* (Jatoba), to 8 years, over an area degraded by agriculture. AQ treatment (chemical fertilizer). CAMS, Rod AM-010, 41 km (Manaus-AM).

Biomassa das árvores do plantio

As árvores dos plantios tiveram suas alturas totais (Ht) e seus diâmetros à altura do peito (1,30 de altura do solo) mensurados. A biomassa aérea foi determinada em 30 árvores. Considerando cada árvore do povoamento como uma unidade amostral, foram selecionados 10 indivíduos para o abatimento por tratamento, o que constituiu a fração amostral dos plantios.

Os valores de biomassa foram quantificados a partir do método destrutivo, onde a árvore é abatida e seus compartimentos pesados em campo (Figura 5).

Dessa forma, foram pesados os compartimentos folha (F), galho fino (GF - $\varnothing < 10$ cm), galho grosso (GG - $\varnothing \geq 10$ cm) e tronco (Tr) (Figura 5).



FIGURA 5: Amarração do compartimento galhos finos (GF) para posterior pesagem.
FIGURE 5: Bondage Magazine twigs (GF) for later weighing.

Determinação da Biomassa Fresca

A quantificação da biomassa fresca das folhas foi feita com o auxílio de uma balança de mola (HOMS, Modelo 50) com capacidade de 25 kg e precisão de 250 g, enquanto que para a quantificação da biomassa fresca dos galhos e troncos foi utilizada uma balança de braço (Postfrei) com capacidade de 81

kg e precisão de 50 g (Figura 6). As balanças, antes do uso no campo, foram calibradas com pesos aferidos.



FIGURA 6: Balança de braço para pesagem da biomassa fresca de cada compartimento. CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).

FIGURE 6: Balance for weighing the fresh biomass of each compartment. CAMS, Rod AM-010, 41 km (Manaus-AM).

Dos compartimentos GG e Tr foram retiradas alíquotas compostas por discos de 3 cm seccionados a 0% (base), 50% e 100% (ápice) (Figura 7). Estes discos foram acondicionados em sacos de papel, identificados e levados ao Laboratório Temático de Solos e Plantas – LTSP do INPA para determinação da biomassa seca e análise nutricional.



FIGURA 7: Alíquotas dos compartimentos Galho Grosso (GG) e Tronco (Tr) para posterior pesagem de biomassa seca, Tratamento 2 – Adubação Orgânica (AO).

FIGURE 7: Rates of compartments Branch Grosso (GG) and trunk (Tr) for subsequent weighing of dry biomass, Treatment 2 - Organic Fertilizer (AO).

Determinação da Biomassa Seca

Para a determinação da biomassa seca as alíquotas foram colocadas para secar em estufa (Advantec FV-830) com ventilação forçada e temperatura controlada entre 100 - 105 °C, por um período mínimo de 72 horas, até atingir massa constante. Em seguida as amostras foram pesadas em balança digital (Mettler PM30-K) com capacidade de 32 kg e precisão de 1,0 g. A partir da relação entre massa seca (105 °C) e massa verde, obteve-se um coeficiente (k) e a biomassa seca da árvore conforme as equações 1 e 2.

Eq. 1

$$k = Ms \cdot Mf^{-1}$$

Onde: k = Coeficiente; Ms = Massa seca a 105°C; Mf = Massa fresca

Eq. 2

$$Bs = k \cdot Bf$$

Onde: Bs = Biomassa seca; k = Coeficiente; Bf = Biomassa fresca

Para determinação do estoque de biomassa foi feita uma multiplicação entre a biomassa média de cada tratamento e a quantidade de árvores por hectare correspondente ao espaçamento (p.ex. Espaçamento 3 x 2 m = 1666 arv/ha).

Delineamento estatístico experimental

As unidades amostrais foram coletadas de acordo com metodologia de Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC. Foram feitas análises de variância (ANOVA – *One Way*) seguidas de *post hoc* de Tukey ($p < 0,05$) para verificar a diferença entre médias. A Análise de Componentes Principais (ACP) também foi utilizada, como ferramenta, quando foi necessário analisar mais de duas variáveis dependentes como, por exemplo, no caso dos nutrientes dos compartimentos arbóreos (Capítulo II)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Biomassa

Os menores valores para a biomassa aérea total das árvores foram observados no plantio com tratamento SA e variaram entre 1,50 a 19,63 kg/árvore (Tabela 1). No plantio com tratamento AQ a variação foi de 14,45 a 61,59 kg. Os maiores valores de biomassa aérea foram observados no plantio com AO (86,00 - 382,75 kg/árvore).

TABELA 1: Valores da biomassa aérea total, do estoque de biomassa por hectare e dados biométricos nos três tratamentos de adubação dos plantios de *Hymenaea courbaril* (Jatobá).

TABLE 1: Values of total biomass, the stock biomass per hectare and biometrics in three fertilization treatments plantings of *Hymenaea courbaril* (Jatoba).

Trat.	Biomassa (kg)					Estoque (Mg/ha)
	Média	Máx	Mín	CV (%)		
AO	164.2 ± 85.7	382.76	86.00	52.21	273.5	
AQ	33.6 ± 15.3	61.59	14.45	45.54	33.6	
SA	7.8 ± 5.7	19.63	1.50	73.60	12.9	
	Ht (m)					
	Média	Máx	Mín			
AO	7.16 ± 3.93	14.00	0.90			
AQ	5.45 ± 2.28	10.64	1.10			
SA	3.58 ± 2.24	11.00	0.90			
	DAP (cm)					
	Média	Máx	Mín			
AO	8.88 ± 5.23	22.50	2.00			
AQ	6.86 ± 2.76	14.50	2.50			
SA	4.59 ± 3.32	17.50	1.50			

Onde: Trat.= Tratamento; Ht= altura total; DAP= diâmetro a 1,30 m de altura do solo; Máx = valor máximo; Mín.= valor mínimo; CV = coeficiente de variação; Trat .= Treatment; Ht = total height, DAP (DBH) = diameter at 1.30 m above the ground, Max = maximum, Min = minimum value, CV = coefficient of variation;

Os maiores incrementos de biomassa, nos três tratamentos de adubação (AO, AQ e SA) foram nos compartimentos troncos e galhos finos. Nos tratamentos AO e SA o maior incremento foi no compartimento Galhos Finos (38% e 54%). Já no tratamento AQ o maior incremento foi no compartimento Tronco (53%). Os compartimentos folhas foram os que tiveram o menor incremento em biomassa nos três tratamentos (Tabela 2).

TABELA 2: Biomassa nos compartimentos aéreos e distribuição percentual nas árvores de *Hymenaea courbaril*.TABLE 2: Biomass air compartments in the trees and percentage distribution of *Hymenaea courbaril*.

Tratamentos	AO*		AQ*		SA*	
	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	%
Troncos	54.76	33.62	17.98	53.47	2.68	34.45
Galhos Grossos ¹	41.43	25.44	1.17	3.48	0.51	6.56
Galhos Finos ²	61.15	37.55	12.89	38.33	4.17	53.56
Folhas	5.53	3.39	0.92	2.74	0.47	6.05
Total	162.86	100.00	33.63	100.00	7.78	100.00

Onde: * = biomassa média de 10 árvores; 1= Ø ≥ 10 cm; 2= Ø < 10 cm; * = Average biomass of 10 trees, 1 = Ø ≥ 10 cm, 2=Ø < 10 cm

Nas árvores do plantio com tratamento AO a biomassa dos troncos variou de 34,77 a 79,83 kg/árvore (Tabela 3) as árvores do plantio SA tiveram, nesse mesmo compartimento, valores entre 0,19 e 8,10 kg/árvore (AO). A biomassa dos galhos grossos variou entre 2,62 a 139,38 kg/árvore no tratamento AO. A biomassa média desse compartimento nas árvores do tratamento AO foi cerca de 8 vezes maior do que nos tratamentos AQ e SA. Vale salientar que oito árvores no tratamento AQ e 9 no SA não tinham o compartimento galhos grossos. Para os galhos finos foram determinadas, nos tratamentos AO e AQ, biomassas médias (61,15 e 12,89 kg/árvore) maiores do que nos galhos grossos (41,43 e 5,86 kg/árvore). No tratamento AO a biomassa média desse compartimento foi 15 vezes maior do que no tratamento SA. As folhas das árvores no tratamento AO tiveram uma biomassa média de 5,53 kg/árvore. No tratamento SA foram determinadas as menores biomassas de folhas, com um valor médio de 0,59 kg/árvore.

TABELA 3: Biomassa aérea dos compartimentos arbóreos das árvores (n=30) nos plantios de *Hymenaea courbaril* (Jatobá) três tratamentos.TABLE 3: Compartments of arboreal biomass of trees (n = 30) in plantations of *Hymenaea courbaril* (Jatoba) three treatments.

Troncos			Galhos Grossos (Ø = 10 cm)			Galhos Finos (Ø < 10 cm)			Folhas			
-kg/árvore-			-kg/árvore-			-kg/árvore-			-kg/árvore-			
AO	AQ	SA	AO	AQ	SA	AO	AQ	SA	AO	AQ	SA	
34.77	20.25	0.19	113.96	8.68	NE	64.02	28.39	1.42	8.16	2.72	0.07	
79.83	8.98	1.16	13.19	3.03	NE	23.33	19.17	1.30	4.79	1.81	NE	
62.49	32.42	0.79	139.38	NE	NE	167.16	20.20	4.40	13.73	2.72	1.42	
37.87	28.70	0.54	11.07	NE	NE	46.52	13.47	0.78	2.07	0.52	0.10	
40.43	20.59	1.18	57.47	NE	NE	46.49	6.22	1.81	5.47	NE	0.78	
34.91	19.18	5.95	9.86	NE	NE	34.50	8.29	5.44	5.18	0.19	1.68	
67.43	16.33	3.14	7.39	NE	NE	46.10	9.84	6.48	1.55	NE	NE	
61.23	12.75	0.30	23.05	NE	5.10	70.91	8.44	3.73	3.63	1.17	0.13	
50.48	7.45	3.03	36.29	NE	NE	51.90	6.48	5.44	6.80	0.10	0.18	
78.12	13.17	8.10	2.62	NE	NE	60.55	8.42	10.88	3.89	NE	0.34	
Médio	54.76	17.98	2.41	41.43	5.86	5.10	61.15	12.89	4.17	5.53	1.32	0.59

Onde: AO= tratamento adubação orgânica; AQ= tratamento adubação química; SA= tratamento sem adubação; NE= não existente; AO= organic manure treatment, AQ = chemical fertilization treatment; SA =treatment without fertilization; NE = not existing.

Por meio da Figura 9 é possível, visualmente, comparar as biomassas das árvores e a distribuição nos compartimentos dos três tratamentos de adubação (SA, AQ e AO) nos plantios de *Hymenaea courbaril* (Jatobá – Figura 9)

O maior valor da biomassa aérea total, determinado para o plantio do tratamento AO (273,5 Mg ha⁻¹), é inferior a maioria dos valores estimados para florestas primárias (entre 228 e 420 Mg ha⁻¹, NASCIMENTO e LAURANCE, 2004). Em florestas secundárias de 10 anos de idade, sobre áreas de antigas pastagens, Uhl *et al.* (1988) determinaram 80 Mg ha⁻¹ de biomassa aérea. Em florestas secundárias de 20 anos, Salomão *et al.* (1996) determinaram uma biomassa aérea de 81 Mg ha⁻¹, e na mesma tipologia florestal, com idades de 6, 10 e 25 anos, Lima (2001) determinou biomassas de 26, 56 e 110 Mg ha⁻¹, respectivamente.

O maior acúmulo de biomassa observado no plantio AO, quando comparado aqueles observados nos plantios dos tratamentos AQ e SA (33,6 e 12,9 Mg ha⁻¹) foram devidos a maior fertilidade do solo no tratamento AO. Efeitos positivos da maior fertilidade dos solos sobre o aumento da biomassa florestal também foram reportados por Laurance *et al.* (1999). Os valores mais altos da biomassa no tratamento AQ, em relação ao SA, podem também ser explicados pela maior oferta de nutrientes após as adubações. Davidson *et al.* (2004) também observaram um aumento significativo na biomassa arbórea após a

adubação com N e N+P em florestas secundárias sobre Latossolos Amarelos, na região de Paragominas (PA).

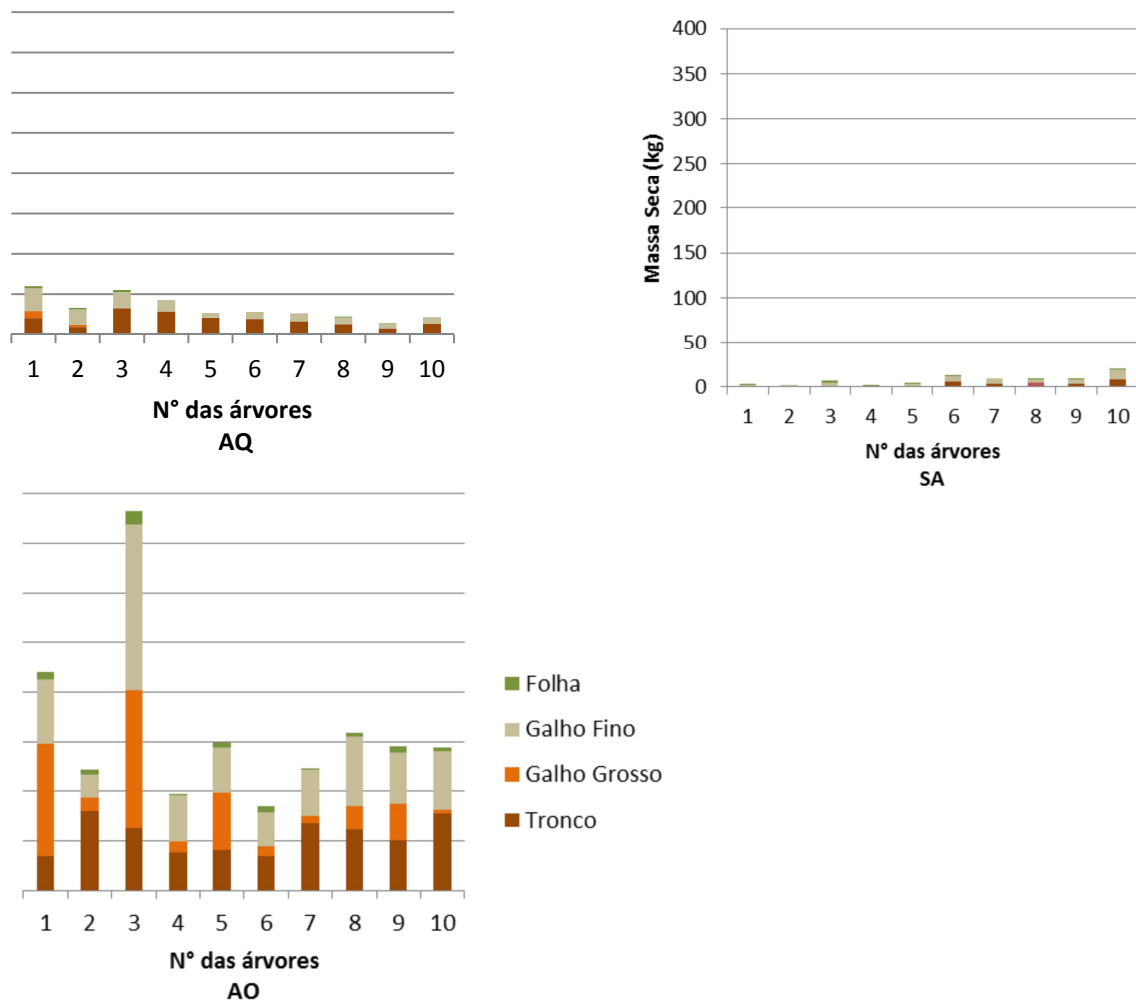


FIGURA 9: Biomassa aérea total e distribuição nos compartimentos nos três tipos de tratamento (Sem Adubação; Adubação Química e Adubação Orgânica) do plantio de *Hymenaea courbaril* (jatobá)

FIGURE 9: Total aboveground biomass and distribution in compartments in the three types of treatment (without fertilizer, chemical fertilizer and organic manure) the planting of *Hymenaea courbaril* (jatobá)

Em plantios de tachi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) aos sete anos de idade, em áreas de cerrado, no Amapá, Castro *et al.* (1998) estimaram biomassas aéreas variando entre 0,719 e 1,315 Mg ha⁻¹. Valores maiores, da ordem de 41 Mg ha⁻¹, foram determinados em plantio de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), em Butiá (RS) (CALDEIRA *et al.*, 2001).

Em plantios de *Mimosa caesalpiniaefolia*, aos 8 e 11 anos de idade, em Itambé (PE) foram determinados valores de biomassa aérea de 66,22 e 80,78 Mg ha⁻¹ (Moura *et al.*, 2006). Em plantios de eucalipto, na região de Timóteo (MG), com sete anos de idade, foram determinados valores de biomassa de 148 Mg ha⁻¹, e na região da Depressão Central (RS), em plantios da mesma idade, 149,9 Mg ha⁻¹ (SANTANA *et al.*, 2008).

Em relação à distribuição da biomassa (percentual) nos compartimentos das árvores, os reduzidos valores observados nos galhos grossos do plantio SA contrastam com os altos valores da biomassa alocada nos galhos finos. O percentual de biomassa estocada nesse compartimento chega a superar os valores da biomassa do tronco. O *Hymenaea courbaril* é uma árvore conhecida por ter forte ramificação lateral, especialmente na fase inicial do plantio, quando ainda não ocorre uma derrama natural dos galhos. No plantio de maior crescimento (AO), a forte derrama natural manteve uma maior quantidade de galhos grossos na metade superior da copa, o que levou a uma maior percentagem de biomassa em comparação com os outros dois tratamentos. Neles (AQ e SA) o percentual de biomassa nos galhos finos foi maior, especialmente no tratamento SA, onde 90% das árvores possuíam apenas galhos

finos, devido a reduzida altura das árvores e intenso esgalhamento lateral. Também contribuiu para um maior investimento de biomassa nos galhos finos, o fato desses plantios não terem recebido poda de condução. Essa maior ramificação de galhos finos no plantio SA foi também responsável pelo dobro do percentual de biomassa de folhas em relação as árvores dos outros plantios (AO e AQ).

De uma maneira geral, a forma de crescimento (arquitetura da árvore) do *Hymenaea courbaril*, também explica as diferenças na distribuição percentual de biomassa quando comparada com a observada em plantios jovens de outras espécies (p.ex. tronco -aprox. 50% > galhos - 20% > folhas - 18% > casca - 12%) CALDEIRA et al., (2001). Os resultados deste estudo se aproximam mais daqueles observados em plantios de *Mimosa caesalpiniaefolia* com 8 e 11 anos de idade, onde Moura et al. (2006) observaram a seguinte ordem de distribuição da biomassa: tronco (51,53 e 44,58%), galhos (44,99 e 53,40%), e folhas (1,10 e 0,62%).

CONCLUSÃO

Plantios de *Hymenaea courbaril* sobre solo degradado, mas com influência e histórico de adubação orgânica estocam a maior biomassa aérea nos compartimentos troncos e galhos finos. A exportação dessa biomassa e conseqüentemente dos nutrientes causada pela colheita de troncos em plantios de jatobá, não chega nem a atingir 50% dos estoques armazenados em toda a árvore.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTÔNIO, I. C. 2009. Boletim Agrometeorológico: 2005. **Estação Agrometeorológica do Campo Experimental do km 29, da Rodovia AM – 010**. EMBRAPA Amazônia Ocidental. Manaus, AM. Documentos 65. 27 pp.

CALDEIRA, M.V.W., SCHUMACHER, M.V., Neto, R.M.R, WATZLAWICK, L.F.; SANTOS, E.M. Quantificação da biomassa acima do solo de Acácia mearnsii De Wild., procedência Batemans Bay - Austrália. **Ciência Florestal**, 11 (2): 79-91. 2001.

CASTRO, A. W. V.; FARIAS NETO, J. T.; CAVALCANTE, E. da S. Efeito do espaçamento na produtividade de biomassa de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel). **Acta Amazonica**, 28(2): 141 – 146. 1998

DAVIDSON, E. A.; CARVALHO, C. J. R.; VIEIRA, I. C. G.; FIGUEIREDO, R. O.; MOUTINHO, P.; ISHIDA, F. Y.; SANTOS, M. T. P.; GUERRERO, J. B.; KALIF, K.; SABÁ, R. T. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. **Ecological Applications**. 14(4) 150 – 163. 2004.

EVANS, J. and TURNBULL, J. W. Plantation Forestry in the Tropics. 3rd ed. **Oxford University Press**, New York, US. 467pp. 2004.

FERRAZ, J. B. S. Soil site Factors Influencing The Reforestation On Mining Sites In Amazonia - Chapter 4. In: H Lieth; M. Lohmann. (Org.). **Restoration of Tropical Forest Ecosystems**. Netherlands: **Kluwer Academic Publishers**, v. 1, p. 47-52. 1993.

FERRAZ, J. B. S. Monitoramento da Fertilidade dos Solos dos Reflorestamentos e Florestas Primárias da Mineração Rio do Norte. **Relatório Técnico Anual**. Porto Trombetas - PA. 57pp. 2008.

HIRAI, K.; FERRAZ, J. B. S.; KOBAYASHI, M.; FERREIRA, S.J.F.; SALES, P.C.; LOPES, M.C. and HOTTA, I., 2003: Physical properties of soils under degraded areas in the Central Amazon. In: **Projeto Jacaranda Fase II: Pesquisas Florestais na Amazônia Central** (Organizadores: Higuchi, N.; Santos, J.; Sampaio, P. T. B.; Marenco, R. A.; Ferraz, J. B. S.; Sales, P. C. de; Saito, M. e Matsumoto, S.) INPA – CPST, Manaus – AM. 252 pp.

HOBBS, R. J. e HARRIS J. A. 2001. Restoration Ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium. **Restoration Ecology**, vol.9 (2): 239-246

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. site: <www.ipcc.ch> acesso em outubro 2009.

KÖPPEN, W. **Climatologia: un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica, México.1946.

LAURANCE, W. F.; FEARNSIDE, P. M.; LAURANCE, S. G. W.; DELAMONICA, P.; LOVEJOY, T. E.; RANKIN DE MERON, J. M.; CHAMBERS, J. Q.; GASCON, C. Relationship between soils and forest

biomass: a landscape-scale study. **Forest Ecology Management** 118: 127 – 138. 1999.

LIMA, A. J. N. **Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de florestas secundárias, resultantes de corte raso seguido de queimada, da região de Manaus (AM)**. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas. 2001. Manaus, Amazonas, 71 pp.

MARENCO, R. A. ; GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G. Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in Central Amazonia. **Tree Physiology**, 21: 1311-1318. 2001.

MARENCO, R. A. e LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3. ed., Editora Atual. Viçosa – MG, 486pp. 2009.

MOURA, O. N.; PASSOS, M. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; MOLICA, S. G.; JUNIOR, M. de A. L.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos. Distribuição de Biomassa e Nutrientes na Parte Aérea de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, 30: 877–844. 2006.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Biomass dynamics in amazonian forest fragments. **Ecological Applications**, 14(4): 127 – 138. 2004.

RIBEIRO, J. E. L. da S. **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA. 816 pp. 1999.

SALOMÃO, R. P. **Monitoramento de Florestas Primárias. Relatório Técnico Anual. Mineradora Rio do Norte**. Porto Trombetas - PA. 2003.

SALOMÃO, R. P.; NEPSTAD, D. C.; VIEIRA, I. C. Biomassa e estrutura de florestas tropicais e o efeito estufa. (Biomass and structure of tropical forests and the greenhouse effect). **Ciência Hoje**, 21(122): 38 – 47. 1996.

SANTANA R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B.; Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 32(2): 2723 – 2733. 2008.

SANTOS JUNIOR, U. M.; GONÇALVES, J. F. C.; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in Central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 226: 299-309. 2006.

Society for Ecological Restoration International Science e Policy Working Group. 2004. The SER international Primer on Ecological Restoration. www.ser.orge Tucson. - Arizona – USA. 15pp.

UHL C.; BUSCHBACHER, R.; SERRÃO E. A. S. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. **Journal of Ecology**, 75: 663-681. 1988.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro. 1991.

ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS PARA O *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville NO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL

ESTIMATES FOR THE VOLUMETRIC *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville IN THE NORTH OF MINAS GERAIS, BRAZIL

Aldenir Teixeira da Gama¹; Christian Dias Cabacinha²; Messulan Rodrigues Meira³; Ricardo Tuller Mendes⁴; Priscila Hoffman Pimenta⁵

RESUMO

Foi estudado um hectare de Cerrado *stricto sensu* situado na Fazenda Bela Vista no município de Botumirim, Norte de Minas Gerais, com o objetivo de ajustar equações volumétricas, e assim fornecer subsídios paramétricos que possam ser incorporados em possíveis planos de manejo para a *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville na região. Foram alocadas 25 parcelas de 400 m² distribuídas em cinco transectos distanciados sistematicamente 80 m entre si. As variáveis dendrométricas consideradas na árvore em pé foram DAP e altura total. Na cubagem rigorosa, foi utilizado o método de Huber. Calcularam-se os volumes de madeira com casca de cada indivíduo arbóreo. Foram abatidas 76 árvores com DAP entre 3 e 21,6 cm. Foram testados 16 modelos volumétricos, entre modelos de entrada simples e de entrada dupla. O modelo volumétrico que melhor se ajustou aos dados coletados foi o de Schumacher-Hall(log), que apresentou o maior R^2_{aj} e o menor desvio padrão S_{xy} da estimativa.

Palavras-chave: Cubagem rigorosa; equações volumétricas; barbatimão.

ABSTRACT

Was studied a hectare of Brazilian savanna located in Bela Vista farm, Botumirim, Minas Gerais, Brazil, in order to adjust volumetric equations, and thus provide input parameters that can be incorporated into management plans possible for *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville in the region. Were allocated 25 plots of 400m² in five transects distributed systematically spaced 80m apart. The variables considered in dendrometric were standing tree DBH and total height. In cubed, was used the method of Huber. Were calculated the volumes of wood with bark of each individual tree. Were felled 76 trees with DBH between 3 and 21.6 cm. Were tested 16 volumetric models, from simple input and dual input. The volumetric model that best fitted the data collected was the Schumacher-Hall (log), which had the highest R^2_{aj} and lower S_{xy} standard deviation of the estimates.

Keywords: Cubed; volumetric equations; barbatimão.

INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km², cerca de 22% do território nacional. A sua área contínua incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos encaves no Amapá, Roraima e Amazonas MMA (2011), sendo considerado a savana mais rica do mundo em termos de biodiversidade (Eiten, 1994).

A elevada riqueza de espécies, o alto grau de endemismo e a intensa destruição de habitats colocaram o Cerrado na lista de hotspots mundiais, ou seja, na lista de áreas prioritárias à conservação da biodiversidade no mundo (MITTERMEIER et al. 2005). Com a expansão da agropecuária o Cerrado foi

¹ Engenheira Agrônoma, mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Universitária, 1000, CEP: 39.404-006, Montes Claros (MG), CP 135. Bolsista CAPES- REUNI. aldenirgama@hotmail.com

² Estudante do 6º período de Engenharia florestal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Universitária, 1000, CEP: 39.404-006, Montes Claros (MG), CP 135. ricardotuller@hotmail.com

³ Bióloga, mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Universitária, 1000, CEP: 39.404-006 Montes Claros (MG), CP 135. Bolsista FAPEMIG. messulan@hotmail.com

⁴ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, CP 135. Av. Universitária, 1000, CEP: 39.404-006, Montes Claros (MG). christian.cabacinha@gmail.com

⁵ Bióloga, mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Universitária, 1000, CEP: 39.404-006 Montes Claros (MG), CP 135. Bolsista FAPEMIG. pripiho@yahoo.com.br

eleito como uma das principais regiões de produção do país, com implantação de culturas importantes para o agronegócio, como soja, bovinocultura de corte e eucalipto (ALVES, 2005). Contudo, sistemas de cultivo ou de uso de terras que não considerem a capacidade de suporte dos sítios podem levar os ecossistemas a estádios de degradação irreversíveis (ACCIOLY e OLIVEIRA, 2004).

A crescente exploração das formações vegetais, sem conhecimentos prévios da auto-ecologia das espécies e das condições microclimáticas do habitat, tem afetado de forma drástica a biodiversidade dos ecossistemas, notadamente a do Cerrado, onde muitas espécies estão sendo extintas sem que ao menos suas potencialidades possam ter sido avaliadas (MARQUES e JOLY, 2000).

O barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville de grande distribuição geográfica, é uma espécie nativa do Cerrado brasileiro, sendo amplamente utilizado na medicina popular e atualmente está em crescente expansão pela indústria farmacêutica. Devido à importância econômica da espécie, sua exploração tem sido fortalecida nas últimas décadas causando perda de densidade populacional, bem como a erosão genética.

Para Scolforo (1998) o manejo florestal está centrado no conceito da utilização de forma sensata e sustentada dos recursos florestais (madeira, casca, folha, raízes, frutos, flores), de modo que as gerações futuras possam usufruir pelo menos dos mesmos benefícios da geração presente.

Para implementar o manejo florestal em bases sustentadas, é fundamental conhecer a estrutura, a dinâmica e as espécies que formam a vegetação da área a ser manejada e também a produção esperada do produto de interesse a ser colhido.

Conhecer o potencial volumétrico de espécies é de extrema importância no estabelecimento de planos de manejo, visando a colheita sustentada e a conservação ou preservação das mesmas. Estimando-se estes volumes com precisão, os planos de manejo, as análises de investimento e as tomadas de decisão também serão precisas (RUFINI et al, 2010).

O presente trabalho tem como objetivo gerar equações volumétricas para a *Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville (barbatimão) e assim fornecer subsídios para possíveis planos de manejo sustentado desta espécie na região norte do estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Este estudo foi realizado no município de Botumirim, norte de Minas Gerais na fazenda Bela Vista, de propriedade particular, ocupando uma área de 170 hectares. Está situada a uma altitude máxima de 1.525 m e entre as coordenadas 16°96'41.4463''S e 43°0'75.7822''W. Foi realizado um inventário florestal em uma área de 68,48 hectares de cerrado *sensu stricto*, na qual foram amostradas 25 parcelas de 20 x 20 m, lançadas em transectos distantes 80 m entre si e as parcelas equidistantes a 20 m. Todos os indivíduos de barbatimão foram amostrados e mensurados suas alturas por meio de mira topográfica e seus diâmetros altura do peito (mensurados a uma altura de 1,30m do solo) com suta.

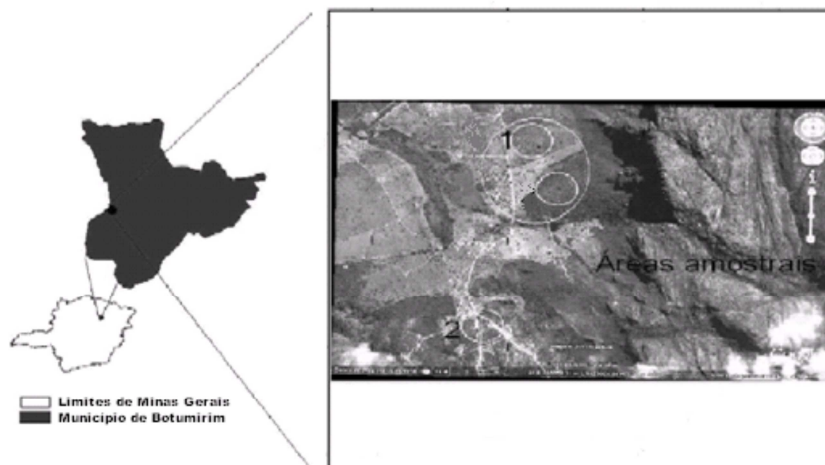


FIGURA 1: Mapa da área de estudo.
FIGURE 1: Map of study area.

Coleta e processamento de dados

Foram abatidas 76 árvores e posteriormente realizada a cubagem rigorosa pelo método de Huber onde se mensurou o comprimento da seção e o diâmetro no centro da mesma seção até o diâmetro mínimo de 2 cm. Foi também medida a altura total e a comercial das árvores por meio de trena. Na

Tabela 1, pode-se verificar uma síntese da amostragem de árvores que foram cubadas.

TABELA 1: Síntese dos dados de cubagem.

TABLE 1: Summary of the data cube.

Classe de Diâmetro (cm)	Classe de Altura (m)				
	1,8 -- 2,2	2,2 -- 2,6	2,6 -- 3,0	3,0 -- 3,4	3,4 -- 3,8
3,0 -- 7,0	5	6	7	2	2
7,0 -- 11,0	-	-	2	6	16
11,0 -- 15,0	-	-	-	-	15
15,0 -- 19,0	-	-	-	-	12
19,0 -- 23,0	-	-	-	-	3

Utilizando a seguinte fórmula os volumes das árvores foram obtidos:

$$V = 0,0000785398 * d_{int}^2 * l$$

Em que: V = volume da seção considerada; l = comprimento da seção, em metros; d_{int}^2 = diâmetro, em centímetros, tomado no meio da seção considerada e 0,0000785398 é o resultado da divisão de $\pi(3,141516...)$ por 40.000.

Ajustes dos modelos volumétricos

Foram ajustados 16 modelos volumétricos incluindo os de simples e dupla entrada (Tabela 2), que tem como variáveis independentes o DAP (diâmetro medido a 1,30 m de altura) e HT (altura total da árvore). Os melhores modelos foram selecionados a partir dos seguintes critérios: dispersão gráfica dos resíduos, erro padrão da estimativa na escala da variável dependente e coeficiente de determinação em porcentagem.

O erro padrão da estimativa (S_{xy}) foi estimado por:

$$S_{xy} = \sqrt{QM_{res}}$$

Onde: QMres = quadrado médio do resíduo obtido na análise de variância.

E o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) foi estimado por:

$$R^2_{aj} = R^2 - \left[\frac{k-1}{N-K} \right] * (1 - R^2)$$

Onde K= número de coeficientes da equação e N= número de observações.

TABELA 2: Modelos volumétricos de simples e dupla entrada.

TABLE 2: Volumetric models for single and dual input.

Autor	Modelo
Kopecky-Gehrhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \varepsilon$
Dissescu-Meyer	$V = \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \varepsilon$
Hohenadl-Krenm	$V = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \varepsilon$
Berkhout	$V = \beta_0 dap^{\beta_1} + \varepsilon$
Husch	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \varepsilon$
Brenac	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \frac{1}{dap} + \varepsilon$
Schumacher-Hall(log)	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \beta_2 Lnht + \varepsilon$
Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 ht + \varepsilon$
Schumacher-Hall	$V = \beta_0 + dap^{\beta_1} ht^{\beta_2} + \varepsilon$
Honner	$V = \frac{dap^2 + \varepsilon}{\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{ht}}$
Ogaya	$V = dap^2 (\beta_0 + \beta_1 ht) + \varepsilon$
Stoate	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \beta_2 dap^2 ht + \beta_3 ht + \varepsilon$
Naslund	$V = \beta_1 dap^2 + \beta_2 dap^2 ht + \beta_3 dapht^2 + \beta_4 ht^2 + \varepsilon$
Takata	$V = \frac{dap^2 ht}{\beta_0 + \beta_1 dap} + \varepsilon$
Spurr(log)	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Ln(dap^2 ht) + \varepsilon$
Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \beta_3 dapht + \beta_4 dap^2 ht + \beta_5 ht + \varepsilon$

Onde: V - volume; dap = diâmetro a altura do peito; ht = altura total; β 's = parâmetros a serem estimados; Ln = logaritmo neperiano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme apresentado na Tabela 3 a síntese dos volumes totais dos indivíduos com casca obtidas pelo processo de cubagem apresentou um coeficiente de variação entre 7,11% e 51,96% e um desvio padrão entre 0,0099 e 0,0337, foi obtido também um volume variando de 0,0531 a 0,1833.

TABELA 3: Síntese dos volumes totais com casca.

TABLE 3: Summary of total volume with bark.

Classes diamétricas	Volume médio	Maior volume	Menor volume	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
3 -- 7	0,0058	0,0143	0,0023	0,0030	51,96
7 -- 11	0,0264	0,0531	0,0136	0,0108	40,75
11 -- 15	0,0584	0,0829	0,0348	0,0143	24,56
15 -- 19	0,0940	0,1833	0,0524	0,0337	35,88
19 -- 23	0,1398	0,1510	0,1321	0,0099	07,11

Os dados apresentados na Tabela 4, referentes aos parâmetros estatísticos obtidos pelo ajuste da equação de volume com casca partindo de dados da cubagem, revelam que os dezesseis modelos testados apresentaram bom desempenho estatístico quanto aos valores R^2_{aj} , variando de 97,21% a 88,38%, o que demonstra um alto grau de ajuste da variável dependente (volume) pelas variáveis independentes (DAP e altura) para os dados analisados. Ainda de acordo com a Tabela 4 houve uma variação de 0,0096 a 0,0137 quanto ao erro padrão da estimativa (S_{xy}), sendo portanto o modelo de Schumacher-Hall logaritimizado a equação que apresentou uma distribuição mais uniforme e homogênea dos resíduos, quando comparado aos outros modelos testados.

TABELA 4: Resultado da análise de regressão dos ajustes das equações.

TABLE 4: Results of regression equations.

Modelos	Coeficientes						R^2_{aj}	S_{xy}
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5		
Spurr	0,00270	0,00007					93,40	0,0102
Schumacher-Hall	0,00013	1,59913	1,30331				94,04	0,0097
Honner	666,13011	11283,78					92,92	0,0106
Ogaya	0,00002	0,00007					93,18	0,0104
Stoate	-0,00955	-0,00003	0,00006	0,00441			93,80	0,0099
Naslund		0,00016	-	0,00023	-		97,21	0,0096
			0,00002		0,00097			
Takata	11861,33	190,1213					93,55	0,0101
Spurr(log)	-9,22378	0,95013					97,01	0,0101
Meyer	0,01947	-0,00378	0,00007	0,00177	0,00001	-	93,82	0,0099
						0,00801		
Kopezky-Gehrhardt	-0,00479	0,00037					88,48	0,0135
Dissescu-Meyer		-0,00100	0,00041				94,55	0,0134
Hohenadl-Krenm	0,00056	-0,00110	0,00041				88,38	0,0135
Berkhout	0,00018	2,24283					88,53	0,0134
Husch	-9,17338	2,43717					94,82	0,0137
Brenac	-8,23418	2,14371	-				94,82	0,0136
			2,36370					
Schumacher Hall(log)	-9,20861	1,72246	1,24058				97,10	0,0098

De acordo com os critérios de análise a equação que melhor se ajustou a base de dados foi a de Schumacher-Hall logaritimizada. Resultado semelhante foi encontrado por Rufini (2008), quando estudou a volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o Cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais.

CONCLUSÕES

Conclui-se de acordo com os resultados deste trabalho que todos os modelos volumétricos testados ajustaram-se bem aos dados observados. Porém o modelo que melhor se ajustou foi o de Schumacher-Hall logaritimizado. As equações geradas neste trabalho são recomendadas para estimar o volume total com casca da espécie *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no norte de Minas Gerais e podem ser úteis para possíveis planos de manejo desta espécie nesta região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J. Indicadores de processos de desertificação. In: ROMEIRO, A. R. Avaliação e contabilização de impactos ambientais. Campinas: Unicamp; São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004. p.123-139.
- ALVES, V. E. L. A mobilidade sulista e a expansão da fronteira agrícola brasileira. **Agrária**, n.2, p.40-68, 2005.
- EITEN, G. 1994. Vegetação do cerrado. In Cerrado - caracterização, ocupação e perspectivas (M.N. Pinto, org.). Editora da Universidade de Brasília, Brasília, p.17-73.
- MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v.23, n.1, p. 160 - 171, 2000.
- MITTERMEIER, R.A.; ROBLES, P.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G.B. Hotspots Revisited: earth's biologically richest and most endangered ecoregions. Conservation International, Mexico City, 2005.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <(http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=201&idConteudo=8447&idMenu=8981)> Acesso em: 08 de outubro de 2011.
- RUFINI, A. L. **Volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o Cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2008. 264 p. il.
- RUFINI, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.. Equações Volumétricas para o cerrado *sensu stricto*, em Minas Gerais. **Cerne**, vol 16, n.1 p. 1-11, 2010.
- SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Comparação entre procedimentos de amostragem para avaliação estrutural de um remanescente de floresta estacional semidecidual montana. **Revista Cerne**, Lavras, v.2, n.2, 1996.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA) FAEPE, 310p. (textos acadêmicos), 1998.

**ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DO *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville NO
CERRADO DE MINAS GERAIS, BRASIL**

**VERTICAL STRATIFICATION OF *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville IN THE
BRAZILIAN SAVANNA OF MINAS GERAIS STATE, BRAZIL**

Messulan Rodrigues Meira¹; Aldenir Teixeira da Gama²; Christian Dias Cabacinha³;
Lourdes Silva de Figueiredo⁴; Ricardo Tuller Mendes⁵; Priscila Pimenta Hoffmann⁶

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a estratificação vertical da população do *Stryphnodendron adstringens* em duas áreas de cerrado *sensu stricto* no município de Botumirim, MG, Brasil. Para as árvores cubadas das espécies Abiurana e Acariquara foram desconsideradas para o ajuste por possuírem características de crescimento distintas das outras espécies. Para alcançar o objetivo, inventariaram-se duas áreas de cerrado, onde foram lançadas 25 parcelas de 400 m² e todos os indivíduos com DAP \geq 3 cm, tiveram seus diâmetros medidos com suta e suas alturas totais medidas com miras topográficas. Dividiram-se todos os indivíduos da espécie em três estratos: inferior, médio e superior. A partir dos estratos avaliou-se a Posição Sociológica e Valor Fitossociológico nas duas áreas. Dos resultados encontrados, observou-se que as duas áreas apresentaram estratificação similar para a espécie estudada, com maior frequência de indivíduos no estrato médio, obtendo também para este estrato os maiores valores fitossociológicos. Com base nessas informações, concluiu-se que a análise da estratificação mostrou que a *Stryphnodendron adstringens* apresentou um comportamento normal para as duas populações estudadas e que esta espécie apresenta exclusividade de estrato. Planos de manejo sustentado para esta espécie devem considerar tal fato ao definir indivíduos que serão removidos para não afetar as estratégias de regeneração, crescimento e sobrevivência da mesma.

Palavras-chave: Barbatimão; estratos vegetais; posição sociológica; conservação; manejo florestal.

ABSTRACT

The aim this work was to evaluate the vertical stratification of the population of *Stryphnodendron adstringens* in two areas of the Brazilian Savanna in the city Botumirim, Minas Gerais state, Brazil. To achieve the goal, inventoried two areas, where they were released 25 plots of 400 square meters and all individuals with DBH \geq 3 cm, had his diameters measured with suta and your total height measured with topographic target. Divided all individuals of the specie in three strata: lower, middle and top. From the strata evaluated the Sociological position and Value phytosociological in both areas. The results found, observed that two areas presented similar for the species studied, with higher frequency of individuals in the middle stratum, obtaining for this stratum, the highest values phytosociological. Based on this information, concluded that the stratification analysis the *Stryphnodendron adstringens* showed normal behavior for the two populations studied and that this specie has exclusivity stratum. Management plans sustainable of this specie should consider this fact to define individuals to be removed not to affect the strategies of regeneration, growth and survival of this specie.

Keywords: Barbatimão; vegetable stratum; sociological position; conservation; forest management.

¹ Bióloga, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, CEP: 39.404-006, Montes Claros (MG). Caixa Postal: 135. messulan@hotmail.com

² Eng. Agrônoma, Mestranda em Ciências Agrárias, Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, CEP: 39.404-006, Montes Claros (MG). Caixa Postal: 135. aldenirgama@hotmail.com

³ Eng. Florestal, Dr., Professor Adjunto do Programa de Pós Graduação do Instituto de Ciências Agrárias Da Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, CEP: 39.404-006, Montes Claros (MG). Caixa Postal: 135. christian.cabacinha@gmail.com

⁴ Eng. Agrônoma, Dra., Professora Colaboradora do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias e Professora Adjunta do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, CEP: 39.404-006, Montes Claros (MG). Caixa Postal: 135. lourdes.figueiredo@gmail.com

⁵ Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Florestal, Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, CEP: 39.404-006, Montes Claros (MG). Caixa Postal: 135. ricardotuller@hotmail.com

⁶ Bióloga, Mestranda em Ciências Agrárias pelo Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, CEP: 39.404-006, Montes Claros (MG). Caixa Postal: 135. pripiho@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil em área territorial representando 23% do território brasileiro (SANO e ALMEIDA, 1998). É considerado a última fronteira agrícola do Brasil (MACHADO et al., 2004) e um dos HOTSPOTS para a conservação da biodiversidade mundial, o primeiro bioma brasileiro a ser avaliado para preservação pela sua reconhecida diversidade biológica e fitofisionomia característica (KLINK e MACHADO, 2005; MMA, 2007; TEIXEIRA et al., 2008).

As principais ameaças ao bioma são as práticas agropecuárias, formação de pastagens, extrativismo predatório e desmatamento. Tais interferências provocam destruição da diversidade, modificação do solo e fragmentação de hábitat.

O barbatimão, *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, é uma espécie nativa do Cerrado, a qual vem sofrendo fortes pressões de extrativismo predatório, devido à alta demanda comercial do tanino, o seu produto metabólico secundário majoritário. Tal demanda a levou à lista das espécies em risco de extinção.

No norte de Minas Gerais esta espécie é muito utilizada na medicina caseira, estando entre as dez espécies de maior valor em importância para tratamento de sistemas corporais pelas comunidades do Cerrado (SOUZA e FELFILI, 2006).

Não se tem registro da multiplicação desta espécie em viveiros comerciais, assim a única forma de obter a matéria prima é por meio do extrativismo ou pelo corte seletivo destas plantas. Nos últimos anos tem sido observado o aumento do interesse das indústrias farmacêuticas por esta espécie, o que pode intensificar o desmatamento de sua população.

Uma maneira de detectar o estágio em que a espécie se encontra na floresta, assim como as alterações pela qual está sofrendo, é analisando a estrutura da mesma. Através da análise da estrutura vertical de uma floresta pode-se obter pelo menos um indício sobre o estágio sucessional em que se encontra a espécie em estudo. A análise estrutural visa caracterizar melhor e de modo mais seguro a importância da espécie dentro de uma comunidade florestal (FINOL, 1975; SOARES et al., 2007).

Com o objetivo de gerar informações preliminares para subsidiar o manejo sustentado desta espécie foi avaliada a estratificação vertical da população do *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, em duas áreas de cerrado *sensu stricto*.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Bela Vista no município de Botumirim, localizada no norte do estado de Minas Gerais. As áreas são fragmentos de cerrado *sensu stricto* localizados próximos à sede da fazenda (16°96'41.4463"S 43°0'75.7822"W) (Figura 1).

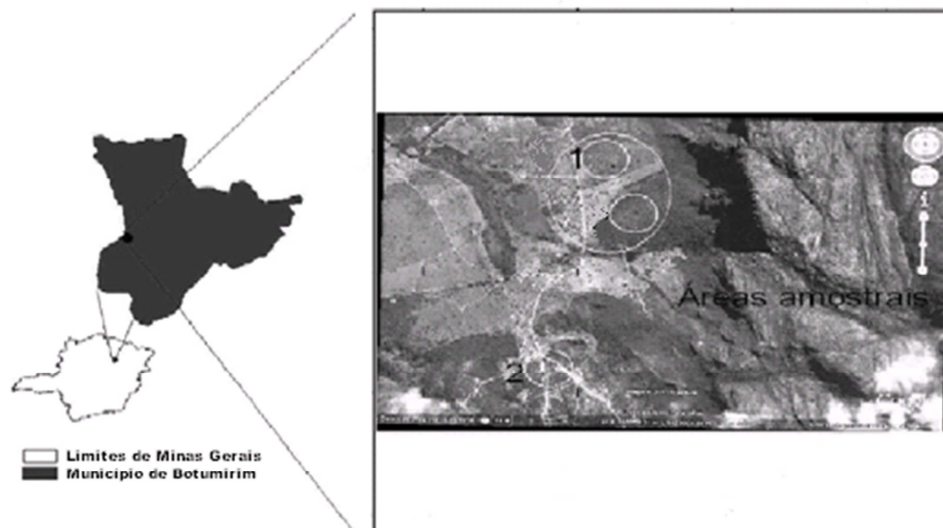


FIGURA 1: Localização geográfica das áreas estudadas. Botumirim, Minas Gerais, Brasil.
 FIGURE 1: Geographical location of areas studied. Botumirim, Minas Gerais, Brazil.

Para alcançar o objetivo, inventariaram-se duas áreas de cerrado, onde foram lançadas 25 parcelas de 400 m² e todos os indivíduos com DAP \geq 3 cm, tiveram seus diâmetros medidos com suta e suas alturas totais medidos com miras topográficas. Foram comparados os estratos verticais das duas

áreas, a primeira (Área I), um antigo pasto abandonado em processo avançado de regeneração e a segunda (Área II), uma vegetação secundária natural. Os dados foram obtidos de um inventário realizado em um hectare em cada área.

Para obtenção dos dados, utilizou-se a metodologia sugerida por (FINOL, 1971). Primeiro, os indivíduos da população foram distribuídos em três estratos e os limites dos estratos foram definidos pela variabilidade da altura da espécie.

O estrato inferior foi composto pelas árvores que apresentaram altura total (H) menor que a altura média (Hm) menos uma unidade de desvio-padrão (Sh) das alturas totais, ou seja, $H_j < (Hm - 1Sh)$. O estrato médio compreendeu as árvores cuja altura total estivessem compreendidas entre a média aritmética menos um desvio padrão e a média aritmética mais um desvio padrão, ou seja $(Hm - 1Sh) \leq H_j < (Hm + 1Sh)$. E o estrato superior foi composto pelas árvores com altura total superior a média aritmética mais um desvio padrão, ou seja, $H_j > (Hm + 1Sh)$.

As frequências das duas áreas após a estratificação foram comparadas utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov, considerando um nível de significância estatística de 5%. Este teste compara a frequência acumulada, o ponto de maior divergência entre as duas distribuições de frequências comparadas é o valor D de Kolmogorov-Smirnov (SCOLFORO, 1998).

A estimativa do valor fitossociológico para o j -ésimo estrato (VF_j) foi obtido pelo percentual do número de indivíduos arbóreos de cada estrato em relação ao número total de indivíduos de todas as espécies nos diferentes estratos como segue:

$$VF_j = N_j/N * 100; PSA = [VF(E_i) * n(E_i)] + [VF(E_m) * n(E_m)] + [VF(E_s) * N(E_s)]$$

Em que: VF_j : valor fitossociológico para a j -ésima classe de tamanho; N_j : número de indivíduos na j -ésima classe de tamanho; N : número total de indivíduos; PSA : posição sociológica absoluta; E_i , E_m , E_s : estratos inferior, médio, superior; n : número de indivíduos do estrato considerado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura total média foi de 2,9 m e o desvio padrão de $\pm 1,11$ m para a Área I e de 3,11 m com desvio padrão de $\pm 1,07$ m para a Área II. O estrato inferior compreendeu todos os indivíduos com altura menor que 1,70 e 2,03 m, representado por 16 e 31 indivíduos, o estrato médio, indivíduos com altura igual ou maior a 1,79 e 2,03 e menor ou igual a 4,0 e 4,18, representado por 137 e 153 indivíduos e o estrato superior, indivíduos com altura maior que 4,01 e 4,18, representado por 25 e 33 indivíduos para as Áreas I e II respectivamente (Figura 2), tendo seus VF expressos na Tabela 1. As alturas na Área I, variaram de 1,30 a 1,75; 1,80 a 4,00 m e 4,10 a 7,00 m nos estratos inferior, médio e superior. Já na Área II, as alturas foram: entre 1,30 a 2,00 m; 2,10 a 4,10 m e 4,20 a 6,10 m para os estratos inferior, médio e superior, respectivamente. O teste de Kolmogorov-Smirnov mostrou que não existe diferença estatística ($D=0,0256$, $p > 0,05$) entre as duas áreas estudadas.

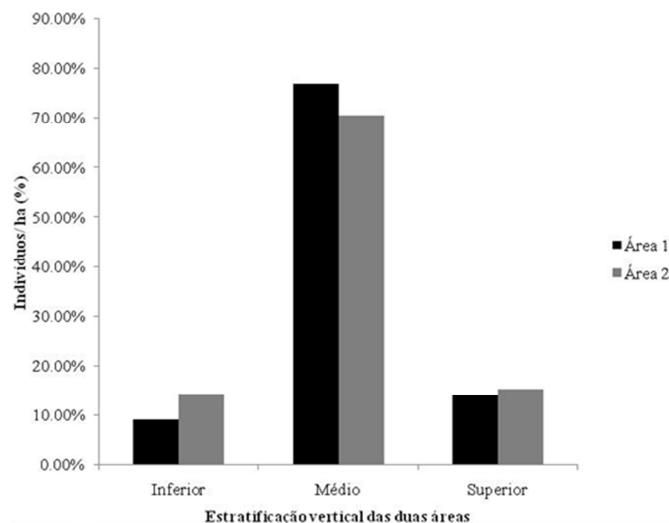


FIGURA 2: Estratificação da *Stryphnodendron adstringens* das áreas estudadas. Botumirim, Minas Gerais, Brasil.

FIGURE 2: Stratification of *Stryphnodendron adstringens* of areas studied. Botumirim, Minas Gerais, Brazil.

A partir dos resultados de VF (Tabela 1), observa-se a importância e predominância de

indivíduos no estrato médio. Considerado para muitos autores como estrato II, esse constitui o dossel principal, formado por um bloco compacto de árvores. Avaliações dessa natureza em fragmentos, contribuem para a identificação do comportamento ecológico e o hábito de cada população dentro da comunidade, fornecendo embasamento para entender as estratégias da regeneração natural, crescimento e sobrevivência (SAQUETA, 2002).

TABELA 1: Posição sociológica e valor fitossociológico para cada estrato vertical para as áreas estudadas. Botumirim, Minas Gerais, Brasil.

TABLE 1: Position sociological and fitossociological value for each vertical stratum for areas studied. Botumirim, Minas Gerais, Brazil.

ÁREA	ESTRATO	**PsA	***VF
1	1	0,0100	8,98
	2	0,9500	76,96
	3	0,0310	14,04
2	1	0,0370	14,28
	2	0,9231	70,50
	3	0,0390	15,20

Analisando a distribuição de indivíduos por estrato em cada parcela do inventário observa-se que esta distribuição variou bastante entre as parcelas nas duas áreas, embora verifica-se ainda a predominância de indivíduos no estrato médio. A parcela nove da Área I, apresentou a maior frequência no estrato médio com 15 indivíduos (Figura 3). E na Área II a maior frequência no estrato médio ocorreu na parcela 19 com 25 indivíduos (Figura 4).

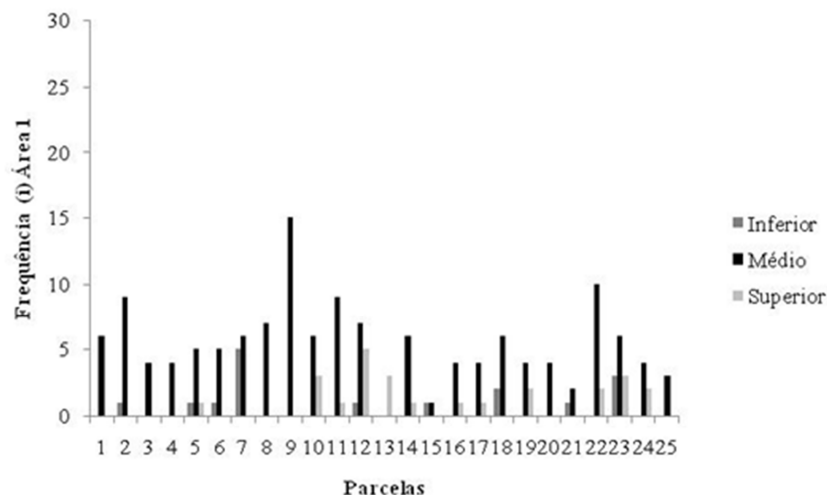


FIGURA 3: Frequência de indivíduos em cada parcela por estrato na Área I. Botumirim, Minas Gerais, Brasil.

FIGURE 3: Frequency of individual in each area to stratum in area 1. Botumirm, Minas Gerais, Brazil.

Os estratos inferior e superior da Área I, tiveram VF inferiores quando comparados aos da Área II (Tabela 1), entretando o estrato médio apresentou valor superior. Tal diferença pode está relacionada a fatores extrínsecos como competição, onde os estratos das extremidades apresentam-se oprimidos por indivíduos de outras espécies. Essa ideia é defendida por Medeiros et al. (2007) ao afirmarem que a baixa frequência nas maiores classes de altura é esperada devido à capacidade de suporte do ambiente, pois a maior parte dos indivíduos da regeneração não irá se estabelecer devido à competição por espaço. Lehn e Resende, (2007) corrobora essa idéia, ao afirmarem que os indivíduos do estrato inferior sofrem alta mortalidade e supressão no crescimento e que somente poucos indivíduos representantes do estrato superior, conseguem crescer e atingir a maturidade. As observações feitas pelos autores, sugere que a menor frequência nos estratos das extremidades é normal, sendo os estratos medianos os de maiores frequências de indivíduos (Figuras 2, 3 e 4).

Callegario et al., (1994) comparando estratos de espécies pioneiras nativas do cerrado como *Cupania zanthoxyloides*, *Apuleia leiocarpa*, *Pogonophora schomburgkiana*, *Erythroxylum sp.*, *Siparuna guianensis* e *Connarus regnelli*, com florestas plantadas observaram resultados diferentes. O maior número de indivíduos foi encontrado no estrato inferior, com um total de 83% dos indivíduos. A distribuição de indivíduos em cada estrato, apesar de se tratar de floresta inequiana, que deveria tender a obter mais indivíduos no estrato inferior, varia com as condições ecológicas de espécie, o que não se pode

generalizar para toda a comunidade. Pois algumas espécies possuem exclusividade de estrato (CALEGARIO et al., 1994).

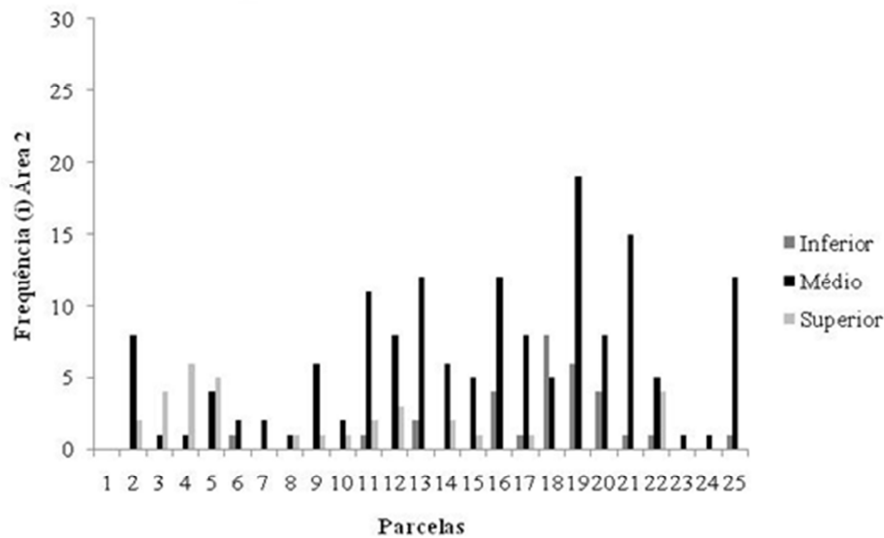


FIGURA 4: Frequência de indivíduos em cada parcela por estrato na Área II. Botumirim, Minas Gerais, Brasil.

FIGURE 4: Frequency of individual in each area to stratum in area II. Botumirm, Minas Gerais, Brazil

Os maiores indivíduos do barbatimão foram encontrados na Área I com 7 m de altura. Segundo Lorenzi (2000) esta espécie alcança no máximo 5 metros. Flor (1993) corrobora Lorenzi, e observou alturas entre 2,40 a 4,20 para a mesma espécie tendo todos os indivíduos distribuídos em apenas duas classes de altura. Medeiros et al. (2007) observaram que poucas espécies do cerrado *sensu stricto* atingem alturas superiores a 5 m e que a maioria das espécies possuem altura em torno de 3 m. Lenh et al., (2008) encontraram altura média próxima para espécie do mesmo gênero, a *Stryphnodendron obovatum* com aproximadamente 3,2 m em inventário florestal de fitofisionomia semelhante ao cerrado *sensu stricto* no oeste do Pantanal. Com base nos trabalhos supracitados infere-se que a estrutura vertical da *S. adstringens* varia com as condições edáficas e climáticas e auto-ecologia. Vale ressaltar que a Área I, onde foi verificado indivíduos com alturas superiores às relatadas na literatura, trata-se de uma área antropizada que durante muitos anos foi utilizada como pastagem e este fato pode também ter contribuído com o maior desenvolvimento de alguns indivíduos.

CONCLUSÃO

A análise da estratificação mostrou que não existem diferenças na estrutura vertical das duas áreas, a *Stryphnodendron adstringens* apresentou um comportamento normal para as duas populações estudadas e que esta espécie apresenta exclusividade de estrato, portanto planos de manejo sustentado para o barbatimão devem considerar tal fato ao definir indivíduos que serão removidos para não afetar as estratégias de regeneração, crescimento e sobrevivência desta espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALEGARIO, N.; SCOLFORO, J.R.S.; SOUZA, A.L. Estratificação em alturas para floresta natral heterogênea: Uma Proposta metodológica, *Cerne*, Lavras, v.1, n.1, p. 058-063, 1994.

FINOL, H., Nuevos parâmetros a considerar-se en el análisis estructural de las selvas virgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*, Merida, v. 14, n. 21, p. 24-42, 1971.

FLOR, H.M. *Avaliação de parâmetros fitossociológicos e de manejo de uma Savana em Brasília*, Tese de Doutorado, Curitiba, 1993, 215p.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. *A conservação do Cerrado brasileiro, Megadiversidade*, Brasília, v.1, n.1, p. 1-9, jun, 2005.

LEHN, C.R.; ALVES, F.M.; DAMASCENO JUNIOR, G.A. Florística e fitossociologia de uma área de

cerrado *sensu stricto* na região da borda oeste do Pantanal, Corumbá, MS, Brasil, **Pesquisas Botânicas** Nº 59, Instituto Anchieta de Pesquisas, São Leopoldo, p. 129-142, 2008.

LEHN, C.R.; RESENDE, U.M. Estrutura populacional e padrão de distribuição espacial de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyperaceae) em uma Floresta Estacional Semidecidual no Brasil Central, **Revista de Biociências**, Taubaté, v.13, n.3-4, p. 188-195, 2007.

LORENZI, H., **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, v.1, 2000, 370p.

MACHADO, R.B.M.B.; RAMOS NETO, P.; PEREIRA, E.; CALDAS, D.; GONÇALVES, N.; SANTOS, K.; TABOR, M., Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro, **Conservation International do Brasil**, Brasília, 2004.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Mapa de Cobertura Vegetal dos biomas brasileiros. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, nov, 2007.

MEDEIROS, M.M.; FELFILI, J.M.; LIBANO, A.M. Comparação florístico-estrutural dos estratos de regeneração e adulto em cerrado *sensu stricto* no Brasil Central, **Cerne**, Lavras, v.13, n.3, p. 291-298, 2007.

SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. **Cerrado: Ambiente e Flora**, Embrapa, Planaltina, DF, 1998, 556p.

SAQUETA, C.R., Análise da estrutura vertical de florestas através do Diagrama h-M, **Revista de Ciência Florestal**, Santa Maria, v.5, n.1, p. 55-68, 2002.

SCOLFORO, J.R. **Biometria Florestal: Modelagem do Crescimento e da Produção de Florestas Plantadas e Nativas**, UFLA/ FAEPE, p. 283-283, 1998, 441p.

SOARES, C.P.B.; NETO, F.P.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e Inventário Florestal**, Editora UFV, Viçosa, 2ª ed., 2007, 276p.

SOUZA, C.D.; FELFILI, J.M., Uso de plantas medicinais na região de Alto Paraíso de Goiás, GO, Brasil, **Acta Botânica Brasílica**, v.20, n.1, p.135-142, 2006.

TEIXEIRA, A. P. *et al.*, Tree species composition and environmental relationships in a Neotropical swamp forest in Southeastern Brazil, Wetl, **Ecology Manage**, 16, 451-461, 2008.

ANÁLISE MORFOMETRICA DE ÁRVORES SINGULARES DE *Cedrela fissilis* (Vell) EM DE SANTA MARIA, RS

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF *Cedrela fissilis* (Vell) SINGLES TREES IN SANTA MARIA, RS

Jean Pierre Cavalli¹; Cesar Augusto Guimarães Finger²; Gustavo Fernandes da Silva³

RESUMO

As variáveis morfométricas de 22 árvores singulares de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) foram mensuradas para descrever as relações biométricas em indivíduos que se desenvolveram com total disponibilidade de luz. A partir dos dados de altura total (h), comprimento da copa (l), diâmetro da copa (dc) e diâmetro a altura do peito (d) foram determinados e avaliados o índice de saliência (IS), definido como a relação dc/dap, o índice de abrangência (IA), definido como a relação dc/h, o índice formal de copa (FC), definido como a relação dc/l, e o grau de esbeltez (E), também conhecido como relação h/d e definido pela razão entre a altura (h) e o diâmetro (d). Os resultados definiram que as árvores singulares de cedro apresentam forma menos alongada, tendência linear entre a variação da altura da árvore e do diâmetro da copa, bem como baixas profundidades de copas, porém, estas, com considerável eficiência. As relações encontradas caracterizam árvores isoladas devendo se considerar que o diâmetro das copas de cedros singulares apresentou eficiência superior a outras espécies já estudadas.

Palavras-chave: Variáveis morfométricas; *Cedrela fissilis*; árvores singulares.

ABSTRACT

The morphometric characters of 22 singles cedar trees (*Cedrela fissilis* Vell.) were measured to understand the behavior of these individuals, which were developed with full availability of light. From the data of total height (H), canopy height (l), diameter (dc) and diameter at breast height (dbh) was determined and rated the salience index (SI), defined as the ratio dc / dap, the rate of coverage (RC), defined as the ratio dc / H, the index formal Cup (FC), defined as the ratio dc / l, and the degree of slenderness (E), also known as the ratio H / defined as the ratio of h/d. The results of the evaluations of the variables define that natural cedar trees have a less elongated, meaning stability, a linear relationship between the growth of tree height and diameter and lower depths of hearts, but these, with considerable efficiency. The observed behavior is characteristic from isolated trees, it should be considered that the diameter of the tops of individuals cedars showed superior efficiency in other species studied so far.

Keywords: morphometric characters; *Cedrela Fissilis*; singles trees

INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção florestal se destaca pela exploração de madeira de florestas plantadas com espécies exóticas como pinus e eucalipto, e também, da extração de madeira com maior valor agregado, proveniente de florestas nativas, localizadas principalmente, no sudeste e noroeste do país. As espécies exóticas, introduzidas no Brasil em 1906 e amplamente difundidas a partir de 1966, quando da criação, pelo governo federal, dos incentivos fiscais para reflorestamento (FISSET), foram implantadas e manejadas com base em informações adquiridas em mais de 50 anos de pesquisas, as quais garantem o sucesso e a expansão destes povoamentos. Dados referentes ao comportamento de cada espécie, sua biologia, morfometria e fisiologia foram utilizados na determinação dos tratamentos silviculturais e planos de manejo orientados pelo sortimento e qualidade dos produtos.

As florestas naturais, estas correspondem à maior parcela do patrimônio florestal nacional, com uma área de 5,4 milhões de quilômetros quadrados. Seus maiores maciços estão localizados na região norte do país, tendo a região Amazônica como a principal e maior área coberta com floresta natural no Brasil (INPA, 2009). Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente essas representam o equivalente a 63,7% de todo o território nacional, com potencial produtivo em 67% de sua totalidade. As florestas

¹ Engenheiro Florestal Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). jeancavalli@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria, (RS). caesar.finger@gmail.com

³ Engenheiro Florestal graduado pelo Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). gustafsilva@gmail.com

nativas brasileiras compõem-se de diversas espécies de alto valor comercial e sua produção abastece os principais polos industriais brasileiros que, somente no ano de 2007 consumiram cerca de 13,5 milhões de metros cúbicos de madeira nativa serrada (SBS, 2008).

A exploração das mesmas tem como limitante, além da legislação, a escassez de informações, pois, para promover um planejamento criterioso da produção com a prescrição de regimes de manejo adequados, visando à qualidade do produto final, é essencial que o administrador florestal avalie e quantifique o crescimento e a produção de suas florestas (ACERBI et al., 2002; EISFELD et al., 2005). As análises do comportamento das principais espécies nativas, ou seja, aquelas de maior valor comercial buscam maximizar a produção de madeira por área de floresta (m³/ha), logo, o conhecimento dos parâmetros que expressam o crescimento é de extrema importância para a avaliação do potencial de produção das unidades de manejo e visa desenvolver o aproveitamento racional e funcional dos recursos naturais oriundos da floresta (MAINARDI et al., 1996).

Cada vez mais têm se buscado dados referentes à morfometria, comportamento e crescimento das árvores, que sejam relevantes e venham a orientar o manejo e a exploração, viabilizando a produção sustentável tanto em florestas naturais como comerciais. Nos últimos 30 anos, as pesquisas vêm sendo desenvolvidas com maior intensidade e abrangência, onde, modelos de crescimento e da produção florestal têm evoluído em direção à árvore individual, sendo capazes de simular o crescimento em povoamentos mistos inequidistantes (MITCHELL, 1975; PRETZSCH, 1992). Dentro do contexto de árvore individual estão as árvores singulares, ou seja, que se desenvolvem com total disponibilidade de luz.

Considerando que dentre os recursos que limitam o crescimento individual em plantios florestais, a luz (radiação fotossinteticamente ativa) é frequentemente determinada como o mais importante (CANNEL e GRACE, 1993), e, existindo uma relação positiva entre o incremento em diâmetro e as variáveis morfométricas (DURLO, 2001), estas, obtidas a partir de árvores singulares, podem ser utilizadas como balizas nas intervenções silviculturais, quando as mesmas estiverem crescendo em maciços florestais (DURLO et al., 2004).

A disponibilidade e ação da luz sobre o crescimento e, principalmente, sobre as variações morfométricas de uma árvore, possibilitam o desenvolvimento de relações interdimensionais importantes no desenvolvimento de regimes de manejo sustentável. Na realização do manejo florestal, a relação existente entre copa e diâmetro é uma das que apresenta maior importância e utilização. Usando tal relação pode ser estimado o espaço vital de uma árvore (NUTTO, 2005), e conforme Hemery et al. (2005), o conhecimento das relações entre a copa e o diâmetro do tronco pode ser utilizado na definição de regimes de desbastes, determinação de espaçamentos em plantios mistos ou sistemas agroflorestais, definição de tratamentos silviculturais como a liberação em florestas e remanescentes naturais, seleção genética e na modelagem do crescimento das árvores.

No Rio Grande do Sul, alguns destes remanescentes florestais resistiram ao avanço da agricultura e pecuária e muitos são constituídos por espécies nativas de alto valor comercial como louro, canjerana, cedro, pinheiros- brasileiro, entre outras, com alto potencial para pesquisas e produção por meio do manejo florestal. Estas espécies crescentemente vêm sendo estudadas, principalmente, devido aos seus produtos de alta qualidade, e também, por apresentarem boas taxas de crescimento.

Dentre as espécies citadas, o cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) é considerada uma das principais árvores da flora brasileira, que há muito se encontra ameaçada de extinção por exploração excessiva (REITZ, 1984). Por se tratar de uma espécie decídua, também possui características que favorecem as pesquisas desenvolvidas a partir dos índices morfométricos, apresentando módulos de crescimento em extensão nos ramos apicais, identificados por cicatrizes, assim como pela textura da casca. As propriedades e características encontradas na madeira do gênero *Cedrela* a tornam economicamente importante devido a ampla utilização na indústria madeireira, e cientificamente valorizada por possuir anéis de crescimento anuais de fácil visualização, ideal para a dendrocronologia (BAPTISTA, 2002).

O cedro desenvolve-se no interior das florestas primárias, podendo também ser encontrada como espécie pioneira na vegetação secundária (LORENZI, 1998). Encontrada do Rio Grande do Sul, sobretudo nas florestas semidecíduas e pluvial atlântica é considerada como de ampla adaptação em toda América Latina (MATTOS, 1980; PENNINGTON; STYLES, 1881), em altitudes variando de 5 a 1800 metros. Contudo, é uma espécie uniformemente rara (BAWA e ASHTON, 1991), ou seja, ocorre tipicamente em baixa densidade nas populações (menos de um indivíduo por hectare).

A árvore possui como características morfológicas altura em torno de 20-30m e diâmetro do tronco variando de 60-150 cm. As folhas são compostas paripinadas de 25-65 cm de comprimento, apresentando numerosos folíolos lanceolados em pares opostos ou subpostos de 12-18 cm de comprimento (REITZ, 1984). Apresenta tronco cilíndrico, longo, reto ou um pouco tortuoso e fuste longo e a copa é alta e em forma de corimbo, o que a torna muito típica (REITZ et al., 1988; CARVALHO, 1994).

A madeira tem massa específica aparente entre 0,47 e 0,61 g/cm³, a 15% de umidade; a densidade básica é de 0,44 g/cm³, tratando-se, portanto, de uma madeira leve a moderadamente densa (JANKOWSKY et al, 1990). O alburno apresenta coloração branca a rosada e o cerne varia entre bege-

rosado a castanho-avermelhado. A superfície da madeira é lustrosa e com reflexos dourados. A textura é grosseira e a grã é direita ou pouco ondulada, sendo de secagem fácil, tanto em estufa, quanto ao ar livre, com baixa ocorrência de defeitos. Sua utilização abrange desde compensados, esculturas, molduras, esquadrias, móveis em geral, marcenaria, construção civil, até a confecção de pequenas caixas, lápis e instrumentos musicais (LORENZI, 1998). O cedro é empregado em reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas e paisagismo, e no Rio Grande do Sul sua exploração é permitida com o corte seletivo de 10m³ de toras /ano ou, para volumes maiores, mediante plano de manejo em regime sustentado (Decreto Estadual n.38.355/1998, art. 24).

Na realização do manejo, as informações referentes às variáveis morfométricas, obtidas a partir de árvores singulares de cedro tornam-se essenciais para conhecer o espaço necessário para o melhor crescimento de um indivíduo, em cada fase de crescimento e classe de diâmetro. A condução de um povoamento sob essa perspectiva pode ser realizada com tratamentos silviculturais que produzam indivíduos com área de copa que permita obter maior incremento anual.

O objetivo desta pesquisa foi descrever as relações alométricas de árvores singulares de *Cedrela fissilis* Vell., quanto a Proporção de copa (l/h), Grau de Esbeltez (h/d), Índice de abrangência (dc/h), Índice de saliência (dc/d), Índice formal de copa (dc/l).

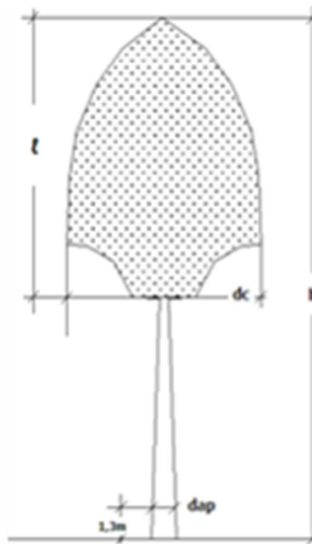
MATERIAIS E MÉTODO

Área de estudo e coleta de dados

As árvores amostra foram medidas no município de Santa Maria, situado entre as coordenadas 29° 43'57" e 29° 55'30" de latitude Sul e 53° 42' 13" e 53° 48' 2" de longitude Oeste. A região apresenta clima temperado, quente e úmido do tipo Cfa (classificação de Köppen), com precipitações regulares ao longo do ano apresentando índices pluviométricos de 1500 a 1750 mm (PEREIRA et al., 1989).

No levantamento foram selecionadas 22 árvores singulares de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e medidas as variáveis dendrométricas de tamanho, conforme representado na Figura 1, e calculados os índices de morfometria. Em cada árvore foram medidas as seguintes variáveis dendrométricas:

- Diâmetro a altura do peito (dap): Medido com fita dendrométrica, em centímetros, a uma altura de 1,3 metros do nível do solo.
- Altura do fuste: Mediada em décimos de metro com hipsômetro Vertex III, considerando a distância do nível do solo até o ponto de inversão morfométrica.
- Altura total: Medida em décimos de metro com hipsômetro Vertex III
- Raio da copa: Medido ao longo de oito raios com ângulos constantes de 45° utilizando hipsômetro Vertex III e bússola.
- Área da copa: Área de projeção da copa calculada a partir do raio médio da copa.



Sendo: dap: diâmetro a altura do peito (cm); dc: diâmetro de copa (m); h: altura total (m); l: comprimento de copa (m)

FIGURA 1: Variáveis dendrométricas mensuradas conforme o modelo da árvore proposto por Burger (1939).

FIGURE 1: Dendrometry variables measured according to the tree model proposed by Burger (1939).

Índices de morfometria

Buscando descrever as relações interdimensionais atuais de cada indivíduo, os índices de morfometria calculados foram:

Grau de esbeltez (E):

$$E = h/d$$

Sendo: h=altura total (m); d = diâmetro à altura do peito (cm);

Esta variável caracteriza a estabilidade das árvores. Quanto mais alto o grau de esbeltez, tanto mais instável é a árvore. Pode indicar instabilidade contra o vento, ou mesmo servir como indicativo de desbastes em atraso, especialmente em povoamentos puros e equiâneos (DURLO e DENARDI, 1998).

Índice de abrangência (IA):

$$IA = dc/h$$

Sendo: dc=diâmetro de copa(m); h=altura total (m);

Se existir uma correlação entre o índice de abrangência e a altura das árvores, este índice pode ser também usado como indicador de desbaste ao longo da vida do povoamento (DURLO e DENARDI, 1998).

Índice de saliência (IS):

$$IS = dc/d$$

Sendo: dc=diâmetro de copa (m); d = diâmetro à altura do peito (cm).

Este índice expressa quantas vezes o diâmetro da copa é maior que o dap e pode também ser usado como indicador de desbaste (DURLO e DENARDI, 1998). Stampfer (1995) usou a correlação entre o índice de saliência e o dap de árvores solitárias de diversas espécies florestais européias para deduzir o número máximo de indivíduos que caberia em um hectare, sem que houvesse concorrência.

Índice formal de copa (IFC):

$$IFC = dc/l$$

Sendo: dc = diâmetro de copa (m); l = comprimento de copa (m).

Considerando uma mesma espécie e sítio, quanto menor esse índice, maior a produtividade da árvore e maior é a influência das árvores vizinhas na expansão lateral da copa da árvore considerada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos índices morfométricos permitiu avaliar o comportamento e desenvolvimento das árvores amostradas evidenciando valores pequenos para o grau de esbeltez (Figura 2), indicando uma forma menos alongada, normalmente observada em árvores de crescimento livre. Tal morfologia confere estabilidade à árvore, onde o dap reflete a resistência ao balançar e a altura total (h) reflete o comprimento da alavanca no momento que a força do vento atua sobre o mesmo (RUDNICKI et al., 2004).

Os valores desse índice variam largamente segundo a espécie e condição de concorrência da árvore. Goudie et al. (2009) ao desenvolver modelos do grau de esbeltez encontraram valores médios de 0,86 para pinus em plantios comerciais. Também em plantios homogêneos, Tonini (2005) encontrou valores de 0,88 e 0,71 em indivíduos de andiroba (*Carapa guianensis*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*), respectivamente.

O Índice de abrangência (Figura 3) apresentou moderada amplitude de variação entre o valor mínimo e o máximo, e uma tendência linear com o aumento do diâmetro da árvore. Essa relação, considerando a correlação com a altura das árvores, pode ser utilizada como indicador para a execução de corte de liberação da árvore ao longo da vida do povoamento (DURLO e DENARDI, 1998). Assim,

supondo que o índice de abrangência não mude com a altura da árvore, cedros singulares de 20 m de altura teriam copas grandes, com diâmetro de 15,4 m.

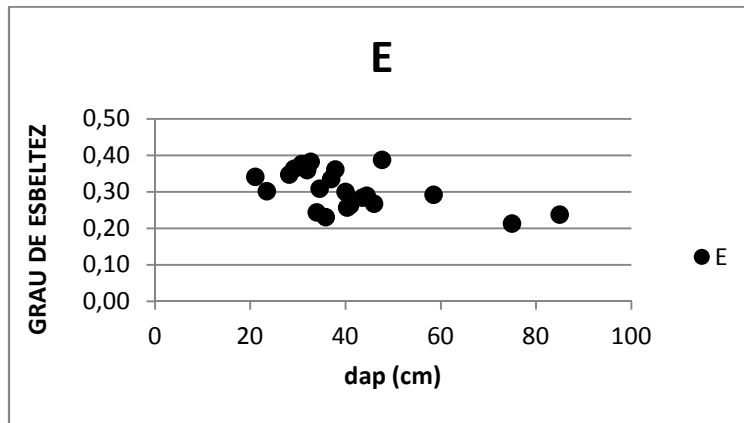


FIGURA 2: Distribuição do E (grau de esbelte) em função do diâmetro a altura do peito (dap)
 FIGURE 2: Distribution of the E (slenderness ratio) to diameter breast height (dbh)

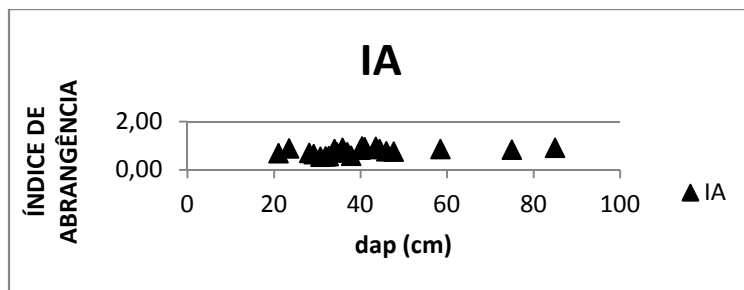


FIGURA 3: Distribuição do IA (índice de abrangência) por diâmetro a altura do peito (dap)
 FIGURE 3: Distribution of the IA (range index) to diameter breast height (dbh)

Os valores calculados para o índice de saliência (IS) foram baixos para as 22 árvores amostradas, com extremos de 0,18 e 0,29, (Figura 4). Esse resultado, que caracteriza a dimensão da copa em relação ao diâmetro, indicou que a copa das árvores singulares de cedro foi, em média, 20 vezes maior que o diâmetro a altura do peito (dap). Quando a relação entre o diâmetro de copa (dc) e o dap, for elevada ao quadrado, corresponde ao índice de espaço vital. Quanto menor for esse índice, em média no povoamento, tanto maior será a sua área basal e, provavelmente, também o seu volume por hectare (DURLO; DERNARDI, 1998). Em indivíduos de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central, o índice de saliência médio foi de 0,32, ou seja, valor acima dos verificados em cedros, indicando que as árvores de Castanha - do Brasil possuem copas 30 vezes maiores que o dap (COSTA et al., 2009).

Os altos valores de Índice de forma de copa (IFC), apresentados na Figura 5, com extremos entre 0,65 e 1,58, comprovaram a tendência de árvores singulares que, livres de competição, apresentarem grande diâmetro e menor profundidade de copa.

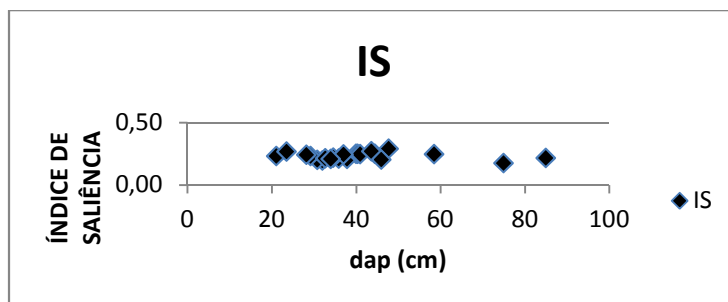


FIGURA 4: Distribuição do IS (índice de saliência) por diâmetro a altura do peito (dap)
 FIGURE 4: Distribution of the OI (overhang index) to diameter breast height (dbh)

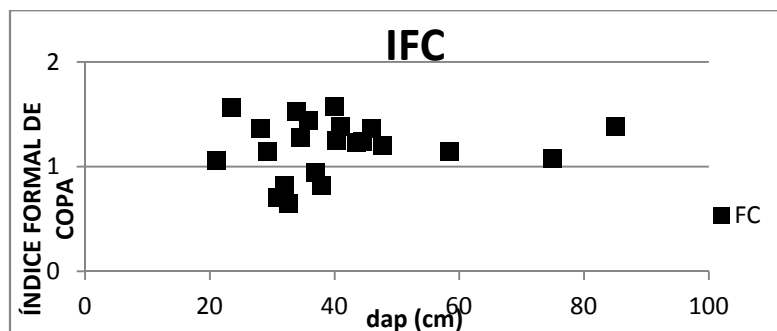


FIGURA 5: Distribuição do IFC (índice formal de copa) por diâmetro a altura do peito (dap)
 FIGURE 5: Distribution of the IFC (formal crown index) to diameter breast height (dbh)

CONCLUSÃO

As variáveis morfométricas caracterizaram o comportamento das árvores singulares de cedro, onde o valor do Índice de saliência demonstrou que em média, o diâmetro da copa é 20 vezes maior que o diâmetro do fuste. O grau de esbeltez, com valores baixos, mostrou que, com o desenvolvimento livre, a copa de cedro apresentou forma menos alongada e, o Índice de abrangência permitiu descrever copas de grandes diâmetros.

A livre expansão da copa também ficou evidenciada pelos altos valores de Índice formal de copa (IFC), onde a baixa profundidade da copa e grande expansão lateral dos galhos produziu altos valores deste índice.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERBI JÚNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MAESTRI, R. Modelo para prognose do crescimento e da produção e análise econômica de regimes de manejo para *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 699-713, 2002.
- BAPTISTA, V. R. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais**. Piracicaba, 2002. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.
- BAWA, K. S.; ASHTON, P. S. Conservation of rare trees in tropical rain forests: a genetic perspective. In: HOISINGER, D; FALK, A. (Ed.) *Genetics and conservation of rare plants*. St. Louis. MO. p.62-74, 1991.
- BURGER, H. Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen*, v.21, p.147-176, 1939.
- CARVALHO, P. E. R. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 639p.
- CANNEL, M. G. R.; GRACE J. Competition for light: detection, measurement and quantification. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 23. p.1969-1979, 1993.
- COSTA, J. R.; CASTRO, A. B. C.; WANDELLI, E. V.; CORAL, S. C. T.; SOUZA, S. A. G. Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v.39, n.4, p.843-850, Manaus, 2009.
- DURLO, M.A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.8, p.55-56, 1998.
- DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, v.11, n 1, p.141- 149, 2001.
- DURLO, M.A.; SUTILI, F.J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, v.14, p.79-89, 2004.
- GOUDIE, J. W.; POLSSON, K. R.; OTT, P. K. An empirical model of crown skyness for lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia* [Engl.] in British Columbia. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p.

321-331, 2009.

HEMERY, G.E.; SAVILL, P.S.; PRYOR, S.N. Applications of the crown diameter-stem diameter relationship for different species of broadleaved trees. **Forest Ecology and Management**, v.215, p.285-294, 2005.

INPA. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA. BIBLIOTECA. Disponível em:<www.INPA.gov.br>. Acesso em: 06 julho 2010.

JANKOWSKY, I. P.; CHIMELO, J. P.; CAVALCANTE, A. A.; GALINA, I. C. M.; NAGAMURA, J. C. S. Madeiras brasileiras. Spectrum, 172p. Caxias do Sul, 1990.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v. 1. 352p.

MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. PRODUÇÃO DE *Pinus taeda* L. NA REGIÃO DE CAMBARÁ DO SUL, RS, **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.39-52, 1996.

MATTOS, J. R. Contribuição ao estudo do cedro – *Cedrela fissilis* Vell. Porto Alegre, RS: Instituto de Pesquisa de recursos Naturais Renováveis “AP”, 1980. 54p. Publicação IPRNR”AP” n.4.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MMA. PUBLICAÇÕES. FLORESTAS DO BRASIL EM RESUMO 2009. Disponível em:<www.mma.gov.br>. Acesso em: 06 maio 2010.

MITCHELL, K. J. Dynamics and simulated yield of Douglas-fir. **For. Sci.** Monogr. p. 17-39. 1975.

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Baseado na árvore individual, **Ciência Florestal**, v.11, n.2, p. 9-25, 2001.

PEREIRA, P.R.B., NETTO, L.R.G., BORIN, C.J.A.; SARTORI, M.G.B. 1989. Contribuição à geografia física do município de Santa Maria: unidades de paisagem. *Geogr. Ens. Pesqui.* 3:37-68

PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T. *Meliaceae*. Flora Neotropica. New York: New York Botanical Garden, Monograph v.28 p.470, 1981.

PRETZSCH, H. Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestand. *Forstliche Forschungsberichte München*, p. 115-332, 1992.

REITZ, J. R. *Meliaceae*. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí, 1984.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento. 1988. 525p.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto n.38.355 de 01 de abril de 1998. Capturado em 23 de maio de 2010. On-line. Disponível na internet: <http://www.mp.rs.gov.br/meioambiente/legislação>

ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 19 n. 4, p. 473-480, Santa Maria, 2009

RUDNICK, M.; SILINS, U.; LIEFFERS, V. J.; Crown cover is correlated with relative density, tree slenderness, and tree height in lodgepole pine. **Forest Science**. V.50, p.356-363, 2004.

SBS. Sociedade Brasileira de Silvicultura. Fatos e Números do Brasil Florestal. Disponível em:<www.sbs.org.br>. Acesso em: 02 junho 2010.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.7, p. 633-638, 2005.

RELAÇÃO ENTRE SOLO E A ESTRUTURA DA POPULAÇÃO DE *Eschweilera coriacea*(DC.) S.A.Mori (MATAMATÁ BRANCO) EM UM AMBIENTE DE TERRA FIRME, AMAPÁ, BRASIL

RELATIONSHIP BETWEEN SOIL AND STRUCTURE POPULATION *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A.Mori (MATAMATA WHITE) IN A FIRM GROUND, AMAPÁ, BRAZIL

Rafaela Santos Lopes¹; Wegliane Campelo da Silva Aparício²; Luiz Carlos Marangon³; Marcelino Carneiro Guedes⁴; Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira⁵; Perseu da Silva Aparício⁶

RESUMO

As florestas tropicais nativas da Amazônia possuem elevada diversidade de espécies e variabilidade estruturais, com indivíduos de diferentes idades e tamanhos e, sobretudo, características ecofisiológicas distintas. Este trabalho foi desenvolvido na Resex do Rio Cajari e teve como objetivo verificar como os atributos do solo influenciam no crescimento e desenvolvimento da espécie *Eschweilera coriacea*(DC.) S. A. Mori(matamatá branco). Para o levantamento dos dados foi implantada, de forma permanente, uma grade de 300 x 300 m, paralelas ao rio Ajuruxi e perpendicular ao rio Amazonas. Esta foi dividida em transectos paralelos e equidistantes em 50 m. Foram localizadas 44 parcelas, distribuídas sistematicamente, de 250 m² (10 x 25m), distando 25m entre si, totalizando de 1,1 ha. Para a mensuração dos indivíduos vivos adotou-se o nível de inclusão de CAP (circunferência a altura do peito medido a 1,30m do solo) ≥ 10 cm, onde receberam placas enumeradas devidamente rotuladas. As amostras de solos foram coletadas nos vértices e centro das parcelas para realização da análise física e química. Os dados da vegetação e solo foram submetidos à análise de componentes principais, e em seguida, foi realizada a análise de correlação canônica. Foi possível observar que o número de indivíduos e DAP médio estão relacionados com fator do solo 1, referente aos atributos pH, M, P, Al, Areia Grossa, Areia fina, areia total e silte, e a área basal está relacionada com o fator 2 que se refere ao K, Ca+Mg, H+Al, SB, CTC, V, M e argila. Através das cargas canônicas verificou-se a relação que as variáveis do solo teriam sobre a espécie. Com isso, pode-se dizer que o fator1 tem relação com o número de indivíduos, e quanto maior for o valor fator1 menor será o número de indivíduos. O mesmo ocorre para o DAP médio e área basal, que possuem relação com F2s, este tende a ser menor porque o fator 2 possui um alto valor.

Palavras-chave:Correlação canônica; Unidade de conservação; Variáveis do solo.

ABSTRACT

The natives forests of the Amazon rainforests have high species diversity and structural variability, with individuals of different ages and sizes and, above all, different ecophysiological characteristics. This work was developed in Resex Cajari River and objected to determine how soil properties influence the growth and development of the species *Eschweilera coriacea* (DC.) S. A. Mori (Matamata white). For the data collection was implemented on a permanent basis, a grid of 300 x 300 m, parallel to river Ajuruxi and perpendicular to the the Amazon River. This was divided into parallel and equidistant transects at 50 m. Were located 44 plots systematically distributed, 250 m² (10 x 25m), distanted 25m from each other, for a total of 1,1 ha. For the measurement of living individuals adopted the level of inclusion of CAP

¹Acadêmica do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). Rua Adálvoro Alves Cavalcante, 2305, CEP: 68925-000, Provedor I, Santana-AP. rafinha_lopes.vc@hotmail.com

² Engenheira Florestal, Doutora em Ciências Florestais, Professora do Departamento de Ciências Biológicas, UNIFAP, Rua Primeira Avenida da Universidade, 1523, 68903410, Universidade, Macapá, AP, wellaparicio@unifap.br.

³ Engenheiro Florestal, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Professor do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171900, Dois Irmãos, Recife – PE. marangon@dcfl.ufrpe.br.

⁴ Engenheiro Florestal, Doutor em Recursos Florestais, pesquisador da EMBRAPA – Amapá. Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, N°2600, CEP 68903-419, Macapá, AP. mcguedes@cpafap.com.br

⁵ Engenheiro Florestal, Doutor em Ciência Florestal, Professor do Departamento de Ciência Florestal, UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171900, Dois Irmãos, Recife – PE. rinaldo@dcfl.ufrpe.br.

⁶ Engenheiro Florestal, Doutorando em Biodiversidade Tropical, Professor da Universidade do Estado do Amapá, UEAP, Rua: 1ª Av. da Universidade, n. 1523, Universidade, CEP:68903-410, Macapá-AP, perseu_aparicio@yahoo.com.br

(circumference at breast height, where plates were listed measured at 1,30 m above the ground) ≥ 10 cm properly labeled. The soil samples were collected at the corners and center of the plots to carrying out physical and chemical analysis. The vegetation and soil data were subjected to principal component analysis, and then was performed canonical correlation analysis. It was observed that the number of individuals and DBH are related to a factor of soil, pH refers to the attributes, M, P, Al, coarse sand, fine sand, total sand and silt, and basal area is related factor 2 respect to K, Ca, Mg, Al H, SB, CEC, V, M and clay. Through the canonical charges there was a relationship that soil variables would have on the species. Thus, can say that the fator1 is related to the number of individuals, and the greater the value fator1 lower the number of individuals. The same goes for the average DBH and basal area that are related to F2S, these tend to be smaller because the factor 2 has a high value.

Keywords: Canonical correlation; Conservation units; Soil variables

INTRODUÇÃO

A Amazônia é constituída por uma floresta ombrófila de grande biomassa e cerca de 65% dessa região é coberta por um tipo florestal denominado floresta de terra firme, caracterizado principalmente pela elevada riqueza e diversidade de espécies (OLIVEIRA et al., 2003).

A floresta Amazônica de terra firme está implantada sobre solos bastante diversos, de fertilidade muito variável. O número de espécies por área é bastante significativo e a dominância de determinadas espécies por áreas é grande, destacando um número considerável de espécies raras (PIRES, 1980).

Segundo Silva et al. (2004), a floresta de terra firme é predominante sobre os outros ecossistemas. Rizinni (1997) definiu esta fitofisionomia como floresta pluvial de grande porte localizada em planaltos pouco elevados (60–200m), planos, ondulados ou recortada por cursos d'água não sujeito a inundações, cujo substrato é de areia mais ou menos argilosa, amarelada ou avermelhada, podendo ser em poucos pontos, argiloso e fértil.

O solo (especificamente o Latossolo Amarelo) sob floresta primária de terra firme, devido a sua pobreza em nutrientes, bem como sua baixa capacidade de troca catiônica, atua apenas promovendo uma resistência a lixiviação dos nutrientes, suficiente para que os mesmos sejam eficientemente assimilados pela vegetação. No solo, a fração líquida é denominada de solução do solo, e existindo uma constante e complexa interação entre a fração sólida (reservatório de íons) e a fração líquida; quando a planta retira íons da solução do solo, sua concentração pode variar com o tempo de maneira diferente para cada nutriente e cada condição ambiental especial e por isso, a sua determinação difícil e apenas valores médios e aproximados podem ser obtidos (REICHARDT, 1996).

De acordo com Aparício (2011) os solos na região amazônica podem ser considerados relativamente férteis enquanto existirem detritos de matéria orgânica sobre ele, dado à ciclagem de nutrientes realizada pela floresta. A ciclagem ocorre com uma velocidade muito grande pela localização da floresta na zona intertropical ou tropical, formando uma camada superficial de húmus. O autor ainda afirma que no estado do Amapá, de maneira geral os solos são pouco férteis, normalmente apresentando deficiência de nutrientes e minerais essenciais para as necessidades fisiológicas dos vegetais afetando assim seu desenvolvimento e produtividade.

A diversidade florística encontrada de forma abundante no estado do Amapá corrobora com toda Amazônia, entretanto para o estado a carência de estudos torna-se ainda maior principalmente os relacionados às potencialidades das áreas e as formas de manejar os ecossistemas para garantir a conciliação entre a produtividade das espécies de interesse e a manutenção dos serviços ecológicos da floresta.

A relação existente entre a vegetação e os atributos do solo, nos faz pensar como esses atributos irão influenciar no crescimento e desenvolvimento de uma determinada espécie.

De acordo com Novais e Mello (2007), as cargas do solo (negativa e positiva), juntamente com a fotossíntese, podem ser consideradas como os dois fenômenos mais importantes para a existência de vida na Terra. Segundo os mesmos autores a compreensão dos processos de liberação, retenção e/ou otimização dos nutrientes permite controlar a sua utilização pela planta, já que algumas espécies são mais eficientes em absorver determinados nutrientes que outras.

Paralelamente, Azevedo e Dalmolin, (2006) afirmaram que o desenvolvimento da maioria dos vegetais depende do suporte mecânico do solo, além do fornecimento de água, nutrientes essenciais e oxigênio para as raízes. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2010), a vegetação também apresenta papel fundamental na estabilização dos solos, como regulador das nascentes e controle de erosão, função que é potencializada em locais de maior declividade.

Entretanto, apesar da importante relação da floresta e do solo, principalmente, em áreas menos estabilizadas, em termos de solo, poucos estudos fazem associação entre ambos e, segundo Poggiani e Schumacher (2005), é necessário ampliar e aprofundar as pesquisas sobre nutrição mineral e ciclagem de espécies nativas. Nesse sentido Silva Jr. et al. (2001) denotaram que os fatores que afetam a distribuição das espécies arbóreas são: características do solo, camada orgânica, regime de distúrbio, variação da

declividade e nível de luz, sendo que cada um desses fatores é controlado, em menor ou maior escala, pela topografia na área.

Em um estudo realizados por Aparício (2011) na Resex do Rio Cajari foram encontradas espécies freqüentes e bem distribuídas, sendo que elas são aquelas comumente encontradas em inventários florísticos na Amazônia. São elas: *Protium decandrum* (Aubl.) Marchand (276) (Breu vermelho), *Gustavia augusta* L. (257) (jeniparana), *Protium sagotianum* Marchand (207) (breu), *Protium unifoliolatum* Engl. (161) (breu da folha simples), *Tetragastris panamensis* (breu areu areu), *Theobroma subincanum* (cupuí) e *Eschweilera coriaceae* S.A.Mori (matamata-branco), estas espécies são aquelas que teoricamente estão mais adaptadas as condições locais.

Dentre essas espécies encontra-se a *Eschweilera coriaceae* (DC.) S.A.Mori(matamata-branco), que será de interesse do estudo por se apresentar como uma espécie de alto valor madeireiro.

Segundo Lorenzi(2002) a *Eschweilera coriaceae* (DC.) S.A.Mori(matamata-branco), é uma espécie pertencente a família Lecythidaceae, nativa da Amazônia, sua altura pode chegar de 15 a 35 metros. Tem como finalidade a valoração da madeira, pela sua resistência e durabilidade natural é indicada para a construção civil, na confecção de cabros, vigas, ripas, postes, dormentes, cabos de ferramentas, assoalhos e serviços de marcenaria em geral.

Com isso este trabalho tem como objetivo verificar a relação do solo com a espécie *Eschweilera coriaceae* S.A.Mori, bem como analisar a influência de seus atributos no crescimento horizontal da mesma em ambiente de Terra Firme na Resex do Rio Cajari no estado do Amapá, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

A área de estudo foi a Resex do Rio Cajari, que possui uma área de 501.771ha e abrange três municípios do estado do Amapá - Laranjal do Jarí (-1°07'12"S e -52°00'00"W, com altitude de 22m), Mazagão (-0°13'00" S e -51°26'00"W, com altitude de 60m) e Vitória do Jari (-0°55'02" S e -55°24'29"W, a 0m de altitude). Categorizada como uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável por meio do Decreto nº 9.145 de 12 de março de 1990, está situada no extremo sul do estado do Amapá, Brasil.

O clima da Resex do Rio Cajari é do tipo tropical úmido com poucas variações de temperatura, sendo outubro o mês mais quente e de fevereiro a abril, o período mais frio, com precipitação anual de cerca de 2.500mm e temperatura média anual variando de 25 a 30°C. A unidade apresenta a seguinte estrutura geológica: formação Curuá, aluviões do Quaternário, formação trombetas e formação de Barreiras. É drenada pelas bacias dos rios Cajari e Ajuruxi, do igarapé Tambaqui e outros pequenos igarapés (DRUMMOND, 2004).

O trabalho foi realizado em um ambiente de Terra Firme em áreas com populações de castanhais nativos, na comunidade Marinho considerada como local de alta produtividade de frutos. Além disso, estão localizadas próximas às maiores fábricas de beneficiamento do Amapá.

De acordo com Veloso et al.(1991), as formações vegetacionais da Resex são representadas por uma extensa área de Floresta Densa de Terra Firme, com tipologias florestais que variam de Floresta Densa de Baixos Platôs a Floresta Densa Sub-Montana e por Floresta Densa de Planície Aluvial (Floresta de Várzea).

As florestas Terra Firme ocupam aproximadamente 70%, (em torno de 103.236,22Km²) do espaço amapaense AMAPADIGITAL (2011), na Resex do Rio Cajari, altitude gira em torno de 150 m.

Coleta de dados

Foi implantada, de forma permanente, uma grade de 300 x 300 m, paralelas ao rio Ajuruxi e perpendicular ao rio Amazonas. A grade foi dividida em transectos paralelos e equidistantes em 50 m para auxiliar na locação das parcelas. A grade foi distribuída sistematicamente em parcelas de 250 m² (10 x 25m), distando 25m entre si, sendo 44 parcelas totalizando de 1,1 ha.

Para a mensuração dos indivíduos vivos adotou-se o nível de inclusão de CAP (circunferência a altura do peito medido a 1,30m do solo) ≥ 10 cm, onde todos receberam placas enumeradas devidamente rotuladas.

Levantamento Florístico

A identificação taxonômica da espécie para o ambiente de Terra firme foi limitada aos indivíduos mensurados dentro da área amostral, sendo realizado um reconhecimento prévio em campo com ajuda de parataxônomos experientes. Em seguida todo material identificado foi descrito conforme o sistema de classificação Angiosperm Phylogeny Group versão II (APG, 2003). Para conferência da grafia e sinonímia dos *taxa* foi consultado o banco de dados do Missouri Botanical Garden, disponível na página <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>.

Estrutura diamétrica

Foi realizado para a distribuição diamétrica o cálculo da amplitude e o número de classes de acordo com a metodologia descrita por Higuchi et al. (2008).

Caracterização do solo

Para a caracterização físico-químico do solo, foram retiradas de forma sistemática amostras de terra de parcelas alternadas, totalizando, cerca de 22 parcela na grade.

Para uma amostra por parcela para análise química do solo foram coletadas sistematicamente cinco amostras simples deformadas de terra por parcela, sendo quatro nos vértices e uma no centro. Cada amostra foi coletada com o auxílio de um trado holandês, na profundidade de 0-20 cm, após a remoção da serrapilheira.

De posse das cinco amostras simples, foi realizada a homogeneização e produção de uma amostra composta por parcela, da qual 300 g foram coletados, armazenados e devidamente etiquetados em sacos plásticos.

Para a análise física do solo foi coletada uma amostra simples indeformada no centro de cada parcela onde foi coletada amostra p/ análise química, com o auxílio de um trado huland e anéis metálicos de 5 cm de diâmetro e 98 cm³ de volume, na profundidade de 0-5 cm.

Após a coleta e devida identificação, todo material amostrado em cada ambiente foi encaminhado ao Laboratório de Solos da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária – Amapá) para o processamento até TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) e realização das análises.

Nas amostras de terra foram analisados atributos químicos de rotina para determinação da fertilidade do solo, como: pH, MO (matéria orgânica - g/kg) P (fósforo - mg/dm³), [K (potássio), Ca+Mg (cálcio + magnésio) Ca (cálcio), Al (alumínio), H+Al (hidrogênio + alumínio-acidez potencial), SB (soma de bases), CTC (capacidade de troca de cátions)] - cmolc/dm³, V (Saturação por bases, %), M (saturação por alumínio, %).

Com relação à granulometria e características físicas do solo, foram analisados os teores de argila, areia grossa, areia fina, areia total e silte (g/Kg).

Todas as análises seguiram as metodologias definidas pela EMBRAPA (2005).

Análise de dados

Relação vegetação x solo

Para realização desta etapa, a grade foi dividida em quatro subgrades de 150 x 150 m, totalizando aproximadamente 11 repetições por subgrade para a vegetação e cerca de 5 para o solo, respectivamente.

As variáveis da vegetação consideradas para a análise foram: área basal por hectare (G/ha – m²/ha), diâmetro a altura do peito (cm) mínimo (DAPmin), médio (DAPmed) e Máximo (DAPmax) (cm) número de indivíduo(NI).

Em relação às variáveis do solo, tanto resultantes das análises químicas quanto físicas, foram submetidas à análise de componentes principais, para formação de escores que estimam as características específicas dos solos.

De posse dos atributos da vegetação e solos foi realizada, no ambiente de terra firme, uma análise de Correlação Canônica para verificar a influência dos atributos químicos e físicos do solo (variáveis independentes) na vegetação arbórea (variáveis dependentes).

Todas as análises foram realizadas com auxílio do software STATISTICA 7.0 e SYSTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição diamétrica

Foram encontrados 31 indivíduos correspondente a uma densidade de 28 ind/ha da espécie *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A.Mori(matamata-branco), a área basal encontrada foi de 0,2253 m²/ha.

A distribuição de diâmetros dos indivíduos gerou 5 classes com uma amplitude de 2 cm, onde a primeira classe foi de $3,18 \leq DAP < 5,18$ cm, e a última foi de $DAP \geq 11,18$ cm, seguindo o padrão característico de florestas nativas, ou seja, distribuição diamétrica em forma de “J” invertido. Logo, há predominância dos indivíduos nas primeiras classes de diâmetros, ou seja, uma distribuição exponencial com maior número de indivíduos concentrado nas primeiras classes e o menor número nas últimas.

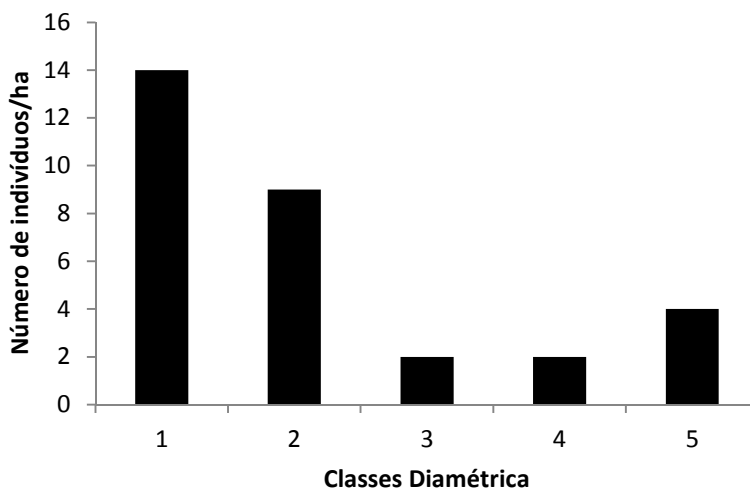


FIGURA 1: Distribuição diamétrica dos indivíduos arbóreos de *Eshweilera coriacea* S.A.Mori(matamatá branco) presentes no ambiente de Terra Firme, na Resex do Rio Cajari, Amapá. Onde a classe 1 foi de $3,18 \leq \text{DAP} < 5,18$ cm; classe 2: $5,18 \leq \text{DAP} < 7,18$ cm; classe 3: $7,18 \leq \text{DAP} < 9,18$ cm; classe 4: $9,18 \leq \text{DAP} < 11,18$ cm e classe 5: $\text{DAP} \geq 11,18$ cm.

FIGURE1: Diameter distribution of the individual trees of *Eshweilera coriacea* S. A. Mori (Matamata white) presents in the environment of upland at Resex Cajari River, Amapá. Where a class was $3,18 < \text{DBH} < 5,18$ cm, class 2: $5,18 < \text{DBH} < 7,18$ cm, class 3: $7,18 < \text{DBH} < 9,18$ cm, class 4: $9,18 < \text{DBH} < 11,18$ cm and class 5: $\text{DBH} > 11,18$ cm.

Alguns autores relatam a importância da classe diamétrica para as ciências florestais, como por exemplo, Barros (1980) afirmou que a estrutura diamétrica da floresta é de vital importância para o manejo florestal, pois descreve o desenvolvimento de seus indivíduos e Finol (1969) descreve que a distribuição diamétrica dá uma idéia precisa de como as diferentes espécies estão representadas na floresta.

Componentes principais

Na análise das componentes principais foi possível diminuir a quantidade de variáveis, verificando que os dois primeiros fatores foram capazes de representar as variáveis coletadas. O primeiro componente explica 85,64% da variância, o segundo componente explica 12,92%, sendo a soma dos dois primeiros componentes 98,57% da variância total.

Esses valores explicam satisfatoriamente a variabilidade manifestada entre os indivíduos avaliados, simplificando ainda a estrutura original dos dados, como mostra a Tabela 1. Desta forma, as variáveis estruturais foram substituídas por um pequeno conjunto de variáveis (escores), o importante procedimento para análise de agrupamento, quando o número de variáveis é grande.

TABELA 1: Componentes principais (CP), Autovalores, Proporção de Variância (PV) e Variância acumulada (VA).

TABLE1: Principal component (PC), Eigenvalues, Proportion of variance (PV) and cumulative variance (VA).

Solo Terra Firme			
Fator	Autovalor	P. Variância	Variância Acumulada
F1	6498,831	85,64880	85,6488
F2	980,938	12,92788	98,5767

Dos dois componentes selecionados, foi observado que o fator 1 é o que melhor explica as variáveis: pH, M, P, Al, Areia Grossa, Areia fina, areia total e silte. O fator 2 explica as variáveis: K, Ca+Mg, H+Al, SB, CTC, V, M e argila, conforme mostra a Tabela 2.

Toledo (2009) utilizou a Análise de Componentes Principais para visualizar a relação entre as vegetação e ambientes sob influência de material arenítico-quartzítico. Vilela et al. (1993) destacaram a importância de utilizar a Análise de Componente Principal trabalhando na avaliação conjunta das comunidades vegetais e suas variáveis ambientais, com o objetivo de reduzir as variáveis para uma estimativa mais fácil do grau de associação existente entre elas.

TABELA 2: Matriz fatorial dos componentes principais (fatores), para representar as informações do solo de Terra Firme da Reserva Extrativista do Rio Cajari-AP.

TABLE2: Factorial matrix of principal components (factors), to represent information of soil firm ground of Extractive Reserve of Rio Cajari-AP.

Solo Terra Firme			
Variáveis	Fatores		
	F1	F2	
PH	-0,0100	0,0090	
MO	1,6026	0,7600	
P	-0,6491	-0,0178	
K	-0,0017	-0,0028	
Ca+Mg	0,0221	0,0760	
Al	0,1397	0,1337	
H+Al	0,3675	1,1640	
SB	0,0204	0,0732	
CTC	0,3878	1,2372	
V	0,0750	0,3229	
M	0,3467	-1,4656	
Argila	15,3628	17,7429	
Areia Grossa	-62,0527	4,3891	
Areia fina	25,9192	-19,8930	
Areia Total	-36,1335	-15,5040	
Silte	20,7707	-2,2389	

Ao analisar o efeito dos atributos do solo de Terra Firme na estrutura da vegetação matriz, foram identificadas duas funções canônicas, conforme mostra a Tabela 3.

A função canônica 1 foi a que mais explicou a relação vegetação x solo com o valor correspondente a

TABELA 3: Representação das funções e correlações canônicas encontradas para os grupos das variáveis de vegetação e das variáveis de solo.

TABLE3: Representation of the functions and canonical correlations found for groups of variables of vegetation and soil variables.

Terra Firme			
Fatores	Função canônica	X ²	Probabilidade
1	0.645	3.847	0.697
2	0.313	0.621	0.733

Na Tabela 4 verifica-se a presença de dois pares canônicos, onde pode ser observado que o 1º par canônico melhor explica o número de indivíduo (-0.769), DAP médio e também o F1s (pH, M, P, Al, Areia Grossa, Areia fina, areia total e silte), considerando assim, que estes atributos terão maior relação com a variável NI e DAP médio. Já o 2º par canônico explica melhor a área basal (G) e F2s (K, Ca+Mg, H+Al, SB, CTC, V, M e argila).

Na Tabela 4 verifica-se a presença de dois pares canônicos, onde pode ser observado que o 1º par canônico melhor explica o número de indivíduo (-0.769), DAP médio e também o F1s (pH, M, P, Al, Areia Grossa, Areia fina, areia total e silte), considerando assim, que estes atributos terão maior relação com a variável NI e DAP médio. Já o 2º par canônico explica melhor a área basal (G) e F2s (K, Ca+Mg, H+Al, SB, CTC, V, M e argila).

A Tabela 5 apresenta as cargas canônicas de acordo com as variáveis analisadas. Onde se observa que o fator 1 (pH, M, P, Al, Areia Grossa, Areia fina, areia total e silte) está relacionado com o número de indivíduos. Isso mostra que quanto maior for o valor de F1 menor será o número de indivíduos.

TABELA 4. Pares canônicos entre as características químicas e físicas do solo de terra firme na vegetação.

TABLE4. Canonicalpairsbetween thechemical and physical characteristicsof the soil to firm ground in thevegetation.

Terra Firme		
Variáveis Dependentes (vegetação)	Cargas Canônicas	
	1°	2°
índice de Redundância	0.113	0.055
NI	-0.894	0.235
DAP médio	0.130	-0.871
G	0.019	-0,930
Variáveis Independentes (solo)		
F1s	0.982	0.190
F2s	-0.190	0.982
índice de Redundância	0.208	0.049

TABELA 5. Cargas canônicas dos pares canônicos entre as características químicas e físicas do solo de terra firme.

TABLE5. Canonicalpairsofcanonalloadsbetween thechemical and physical characteristicsof the soil to firm ground.

Terra Firme		
Variáveis Dependentes (vegetação)	Cargas Canônicas	
	1°	2°
índice de Redundância	0.113	0.055
NI	-0.894	0.235
DAP médio	0.130	-0.871
G	0.019	-0,930
Variáveis Independentes (solo)		
F1s	0.982	0.190
F2s	-0.190	0.982
índice de Redundância	0.208	0.049

E o fator 2 (K, Ca+Mg, H+Al, SB, CTC, V, M e argila), tem relação com DAP médio e área basal, considerando que quanto maior for o valor de F2 menor será o DAP médio e a área basal.

Para os índices de redundância da floresta de terra firme no que diz respeito às variáveis da vegetação, foram encontrados para a primeira carga canônica o valor de 0.113 e para a segunda, o valor de 0.055.

Segundo Souza et al. (2008), características químicas indesejáveis para espécies vegetais são a elevada acidez, altos teores de alumínio trocável e baixa disponibilidade de nutrientes como Ca, Mg e P.

No entanto, Rigato et al. (2005) comentaram que normalmente não é possível antever as conseqüências de diferentes condições edáficas no desenvolvimento das plantas. E, em razão da grande variabilidade genética observada nas florestas e da heterogeneidade dos solos das regiões tropicais são, ainda, incipientes os dados de pesquisa disponíveis sobre o requerimento nutricional de espécies florestais nativas e a sua capacidade de adaptação a condições ambientais distintas (FURTINI NETO et al., 1999).

Quanto aos índices do solo foi encontrado para a primeira carga canônica o valor de 0.208, e para a segunda o valor de 0.049.

De acordo com Aparício (2008) os valores destes índices fornecem a habilidade de que o conjunto de variáveis independentes tem de explicar a variabilidade existente nas variáveis dependentes e vice-versa.

CONSIDERAÇÕES

O número de indivíduos está mais associado às características físicas do solo. O DAP médio e a área basal estão mais associados com as características químicas do solo.

Com isso, através do estudo desenvolvido em um ambiente de terra firme na Resex do Rio Cajari, pode-se concluir que a espécie *Eshweilera coriacea* (DC.) S.A.Mori(matamata-branco) possui uma grande relação com os atributos físicos e químicos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMAPADIGITAL. **Conheça o Amapá**. Disponível em <http://www.amapadigital.net / conhecaamapa.php> acessado em: 11 de janeiro de 2011.
- APARÍCIO, P. S. **Influência da matocompetição no crescimento inicial de povoamentos florestais de dois clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em áreas Amapaense**. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- APARÍCIO, W. C. S. **Estrutura da vegetação em diferentes ambientes na resex do rio cajari: interações solo-floresta e relações com a produção de castanha**. 2011. 150f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D. Solos e ambiente: **uma introdução**. Santa Maria: Ed. Pallotti, 2006. 100 p.
- BARROS, P.L.C. **Estudo das distribuições diamétricas da floresta do Planalto Tapajós – Pará**. 1980. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 7a ed., São Paulo: Ícone, 2010. 355 p.
- DRUMMOND, J.A. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. IBAMA; SEMA-AP, Macapá, 2004.
- FURTINI NETO, A. E. Acidez do solo, crescimento e nutrição de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, v.5, n.2, p.1-12, 1999.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N. **Biometria Florestal**. INPA, Manaus-AM, 2008. 14p.
- LORENZI, HARRI. **Árvores Brasileiras**, vol 2. Instituto Plantarum, 2a. edição, 2002. 151 p.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. de. Relação Solo-Planta: **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 133-204, 2007.
- OLIVEIRA, L.C; VALENTIM, N.W; FIGUEIREDO, E.O; FRANK, I.L. Impactos da exploração seletiva de madeira em áreas em processo de fragmentação florestal na Amazônia Ocidental. **Cerne**, Belo Horizonte, v.9, n. 2, p. 213- 220, 2003.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. **Ciclagem de nutrientes em florestas nativas**. Piracicaba: IPEF. p. 287-308, 2005.
- RIGATO, M. A.; DEDECEK, R. A.; MATTOS, J. L. M. de. Influência dos atributos do solo sobre a produtividade de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p.701–709, 2005.
- RIZINNI, C.T. Tratado de fitogeografia do Brasil: **aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2ª ed. Âmbito Cultural edições Ltda, São Paulo. 1997. 747p.
- SILVA JÚNIOR, M. C.; SILVA, A. F. Distribuição dos diâmetros dos troncos das espécies mais importantes do Cerrado na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba, Mina Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1-2, p.107-126, 1988.
- SILVA, N.M.C. da; ANTONY, L.M.K.; Rocha, R.M.; SILVA, R.P.S.; CARNEIRO, V.M.; TEIXEIRA, L.M.; VEIGA, J.V.; HIGUCHI, N. 2004. A biosfera: seus componentes e conceitos In: Higuchi, M.I.G.; Higuchi, N. 2004. **A Floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia, Manaus, Amazonas. p. 17-44.
- SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; CARVALHO, R.; TORRES, P. R. F.; POZZA, A. A. A. Atributos químicos de solos influenciados pela substituição do carbonato por silicato de cálcio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1563-1572, 2008.
- TOLEDO, L. de O. Análise Multivariada de Atributos Pedológicos e Fitossociológicos aplicados na Caracterização de ambientes de Cerrado no Norte de Minas Gerais, **Revista árvore**, Viçosa: v. 33, n. 5, p. 957-968, 2009.
- VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: 1991.
- VILELA, E. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A. Espécies de matas ciliares com potencial para estudos de revegetação no Alto Rio Grande, Sul de Minas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 117-128, 1993.

MÉTODOS DE CONTROLE DA REGENERAÇÃO NATURAL DA ESPÉCIE EXÓTICA UVA-DO-JAPÃO (*Hoveni dulcis* Thunb.) NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

METHODS OF CONTROLLING THE NATURAL REGENERATION OF AN EXOTIC JAPANESE SPECIES (*Hoveni dulcis* Thunb.) IN THE MIXED-ARAUCARIA FOREST

Lucas Carvalho Costa¹; Carlos Roberto Sanquetta²; Ana Paula Dalla Corte³; Francelo Mognon⁴

RESUMO

A espécie *Hovenia dulcis* Thunb. apresenta características de planta invasora, como: grande quantidade de frutos, crescimento rápido e frutificação abundante. Tem invadido áreas de florestas, disputando luz, nutrientes, espaço e fauna dispersora com as espécies nativas. Embora o controle desta espécie seja um grande desafio para proprietários e instituições ambientais, praticamente não existem trabalhos a respeito deste tema. O objetivo deste trabalho foi testar formas de controle da regeneração natural desta espécie. O experimento foi implantado no Centro de Estação Experimental Professor Doutor Rudi Arno Seitz, localizado em São João do Triunfo, Estado do Paraná, entre dezembro de 2010 e agosto de 2011. A vegetação caracteriza-se como um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, onde ocorrem indivíduos adultos e intensa regeneração desta espécie exótica. Foram instaladas parcelas próximas às árvores matrizes, uma vez que nesses locais é encontrado um grande número de indivíduos em fase de regeneração dessa espécie. Foram instaladas parcelas de 4 m² para avaliação das arvoretas (indivíduos com altura > 1,30m) e varas (indivíduos entre 0,3m e 1,30m de altura). Para a avaliação das plântulas (indivíduos com altura < 0,3m) foram instaladas parcelas de 0,25 m². Das arvoretas mediram-se as circunferências à altura do peito (CAP) e altura, e das varas mediram-se somente as alturas. As plântulas foram apenas contadas. Todos os indivíduos tiveram sua localização espacial representada em croqui. Foram implantadas 15 parcelas, com delineamento inteiramente casualizado, sendo três tratamentos com cinco repetições: T1 – corte na base; T2 – arranque com raiz e T3 – testemunha. Na implantação do experimento existiam ao todo: 10.128 plântulas, 236 varas e 70 arvoretas. Após a aplicação dos tratamentos observou-se que as plântulas da testemunha sofreram uma redução em número de 4.816 para 416 indivíduos. Para as varas o número caiu de 98 para 67 e para as arvoretas houve um aumento de 11 arvoretas para 15 arvoretas. Para o tratamento corte, existiam originalmente 2.800 plântulas antes da aplicação do tratamento, o qual se alterou para 1.744. No caso das varas houve um acréscimo em termos de número de indivíduos, passando de 68 para 105. No caso das arvoretas a redução foi de 38 para 6 indivíduos. No tratamento arranque com raiz nenhuma das 2.512 plântulas recobrou a área das parcelas experimentais, sendo que o número de varas passou de 70 para apenas 6 e o de arvoretas de 21 para zero. O tempo transcorrido entre a implantação do experimento e a primeira avaliação ainda é muito curto para conclusões definitivas acerca da eficiência dos métodos de controle testados para esta espécie, até o momento pode-se dizer que o T-2 (arranque com raiz) é o mais indicado.

Palavras-chave: espécie invasora; experimento; uva-do-Japão.

ABSTRACT

Hovenia dulcis is an invasive tree species pursuing important characteristics such as abundant fructification and seed dispersal, strong seedling establishment, and fast growth. It has invaded forest areas in many parts of southern Brazil, competing for light, nutrients, space, and fauna dispersers with the native species. Controlling this species has become a great challenge for farmers and natural resource institutions of the country. No study on this issue was noticed in the literature, particularly for Brazilian conditions. The objective of this study was to test methods of controlling the natural regeneration of this species. The experiment was established in the Professor Doutor Rudi Arno Seitz Experimental Station Center at São do Triunfo municipality, between December 2010 and August 2011. The vegetation is characterized as a mixed-Araucaria forest, where the study species has been established inside the native species stand. Sample plots were established near the parent trees (adult *Hovenia* individuals), where a great number of seedlings and saplings can be observed. Plots of 4m² were established for treelet (height >1.30m) and sapling (height between 0.3m and 1.3m) inventory. Subplots of 0,25m² were established for

¹Graduando em Engenharia Industrial Madeireira, bolsista PELD/CNPq, Universidade Federal do Paraná, Av. Lothário Meissner, 900 – Jd. Botânico, UFPR Campus III, CEP 80210-170, Curitiba, Paraná. lucas.costa@ufpr.br

²Engenheiro Florestal, Prof. Ph.D. do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Lothário Meissner, 632, CEP: 80.210-170 - Jd. Botânico, Curitiba, – PR, e-mail: sanquetta@ufpr.br

³Engenheira Florestal, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Av. Lothário Meissner, 632, CEP: 80.210-170 - Jd. Botânico, Curitiba – PR, e-mail: anacorte@ufpr.br

⁴Biólogo, Doutorando em Manejo Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Lothário Meissner, 632, CEP: 80.210-170 - Jd. Botânico, Curitiba – PR e-mail: mognon@ufpr.br

seedlings (height <0.30m) counting. Girth at breast height and total height were measured for treelets, whereas for saplings only the total height was measured. Seedlings were only counted without size measurement. The location of all individuals was represented in sketch. A completely randomized experimental design was established, with three treatments and five repetitions: T-1: base cutting; T-2: disroot; T-3 – control, totaling 15 plots. At the first inventory 10,128 seedlings, 236 saplings, and 70 treelets were recorded. After the treatment application the number of seedlings decreased from 4,816 to 416 at the control plots, whereas saplings and treelets varied from 97 to 67 and from 11 to 15 individuals, respectively. For T-2, the initial number of individuals was 2,800 saplings before treatment application, which shifted to 1,744 afterwards. In the case of saplings the number of plants shifted from 68 to 105, whereas for the treelets the change was from 38 to 6. In the treatment disroot no one of the 2,512 seedling reappeared in the site, whereas the samplings decreased from 70 to only 6, and the treelets from 21 to zero. The period of evaluation still very short, but the study tentatively indicated that T-2 (disroot) is more effective in controlling the regeneration of *Hovenia dulcis* in the study site.

Keywords: invasive species; experiment; *Hovenia dulcis*.

INTRODUÇÃO

A uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunb.) ocorre naturalmente entre 25° e 41° N e de 100° a 142° Leste de Greenwich (KÖLLER apud SCHUMACHER *et. al.*, 2008), nativa da Ásia, ocorrendo da Índia ao Japão, tendo sido introduzida no Nepal, Índia, Paraguai, Argentina e na região Sul do Brasil (FOWLER, 1997). No Brasil foi introduzida com a finalidade da utilização de sua madeira e como quebraventos, porém também têm sido amplamente utilizada na recuperação de áreas degradadas, com o objetivo de atrair a fauna (aves e mamíferos).

É uma árvore caducifólia com até 25 m de altura com copa globosa e ampla. Sua casca é lisa a levemente fissurada, pardo-escura a cinza-escura. Possui folhas simples, alternas, curto-pecioladas, ovadas, acuminadas, glabras na parte superior e ligeiramente pubescentes na parte inferior. Suas flores são hermafroditas, pequenas, branco-esverdeadas a creme, numerosas. O fruto é uma pequena cápsula globosa seca com 2 a 4 sementes, preso a um pedúnculo carnoso cor de canela com sabor doce e agradável. Suas sementes são alaranjadas ou avermelhadas quando recém-colhidas, passando para cor marrom a preta com o tempo, mais ou menos circulares. A polinização é feita principalmente por abelhas e o florescimento ocorre, no Brasil, de agosto a fevereiro, com frutificação entre março e outubro. A queda das folhas ocorre desde abril até o final de agosto. Começa a frutificar entre o 3° e 4° ano. A dispersão das sementes é zoocórica, por aves e pequenos animais (INSTITUTO HORUS, 2010).

A espécie possui características de planta invasora como: grande quantidade de frutos, frutificação abundante, intensa dispersão de sementes e estabelecimento de plântulas e rápido crescimento. Com isso, tem invadido áreas de florestas, onde disputa luz, nutrientes, espaço e fauna dispersora com as espécies nativas (INSTITUTO HORUS, 2010).

A situação em várias áreas invadidas e a falta de políticas de prevenção fazem com que a contaminação biológica seja um dos importantes agentes de mudança global decorrente de ações humanas, junto com o efeito estufa e a conversão de áreas naturais para atividades produtivas. Além disso, as mesmas espécies invadem diversos países e sua dominância tende a homogeneizar a flora mundial (ZILLER, 2001).

Plantas exóticas invasoras tendem a produzir alterações em propriedades ecológicas essenciais como ciclagem de nutrientes e produtividade vegetal, cadeias tróficas, estrutura, dominância, distribuição e funções de espécies num dado ecossistema, distribuição de biomassa, densidade de espécies, porte da vegetação, acúmulo de serrapilheira e de biomassa (com isso aumentando o risco de incêndios) taxas de decomposição, processos evolutivos e relações entre polinizadores e plantas e, de modo geral, ao empobrecimento dos ecossistemas (ZILLER, 2001).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da espécie *Hovenia dulcis* Thunb. diante da aplicação de dois tratamentos e assim possivelmente controlar a sua regeneração natural.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

A área de estudo localiza-se no município de São João do Triunfo, região centro-sul do Paraná, a uma distância de aproximadamente 125 km de Curitiba. Esta área denominada Centro de Estação Experimental Professor Doutor Rudi Arno Seitz, pertence à Universidade Federal do Paraná e possui cerca de 33 hectares. A altitude do local é de 780 metros, latitude sul de 25°34'18" e longitude oeste de 50°05'56" de Greenwich. Esta estação experimental possui quatro parcelas permanentes em que ocorrem estudos contínuos, as quais têm dimensão de 100m x 100m, subdivididas em subparcelas de 10m x 10m para melhor controle e detalhamento dos estudos ecológicos lá realizados. Nesse estudo foi constatada presença abundante da espécie *Hovenia dulcis* em toda a área, motivando a realização do estudo em toda a

estação ao invés de apenas nas quatro parcelas permanentes.

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, foi caracterizado como tipo Cfb, clima temperado sempre úmido com temperatura média inferior a 22°C durante o mês mais quente, sem estação seca, com verões frescos e mais cinco geadas noturnas por ano. Este tipo climático é característico de áreas planas e superfície dos planaltos (MAACK, 1968).

Com base no levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná, a área de estudo em São João do Triunfo encontra-se solo Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Tb A proeminente textura média argilosa (EMBRAPA, 1984).

A vegetação da área de estudo é a Floresta Ombrófila Mista Montana de 400 até mais ou menos 1000m de altitude (IBGE, 1992). Na composição florística do local foram encontradas 69 espécies incluídas em 44 gêneros, 29 famílias e 1 não identificada, para o ano de 1997, sendo que em 1998 ocorreu a perda de uma espécie. *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Nectandra grandiflora*, *Nectandra* sp. e *Campomanesia xanthocarpa* representam 37,33% do total de indivíduos/ha. Entre as famílias mais importantes pode-se destacar Myrtaceae com 12 espécies (17,15% do total de espécies), Lauraceae, Araucariaceae e Sapindaceae com 60,92% do total dos indivíduos encontrados na área (DURIGAN, 1999).

Coleta de dados em campo

No local onde o estudo foi realizado existem indivíduos adultos de *Hovenia dulcis*. As parcelas experimentais foram instaladas próximas de árvores matrizes e em locais onde são encontradas densas populações em fase de regeneração. Foram instaladas 15 parcelas de estudo, sendo que em cada uma foram colocados quatro piquetes de PVC envoltos por fita zebreada, demarcando a área de cada parcela que teve 4m² (2 x 2m). Todas as plantas encontradas nas parcelas foram medidas, plotadas e identificadas dentro de uma ficha e um croqui individual. Para a contagem das plântulas, estabeleceu-se uma subparcela dentro das parcelas de 4m², medindo 0,25m² (0,5m x 0,5m), onde foram contadas individualmente e anotadas num croqui. Esse procedimento foi utilizado para evitar a entrada na parcela para a contagem, garantindo a não interferência no desenvolvimento natural das plântulas e nos resultados do estudo.

Foram estabelecidas três categorias de plantas, segundo sua altura. Os indivíduos menores que 0,30m de altura foram denominados plântulas, aqueles entre 0,30m e 1,30m de altura de varas e os maiores de 1,30m arvoretas. Após as adequações das parcelas com os indivíduos a serem estudados, sorteou-se através do software ArcGis 9.3.1 o tratamento a ser aplicado em cada uma delas. Foram definidos três diferentes tipos de aplicações (tratamentos) com 5 repetições: T-1 corte na base, T-2 arranque com raiz e T-3 nenhuma aplicação (testemunha), conforme representado na Figura 1.

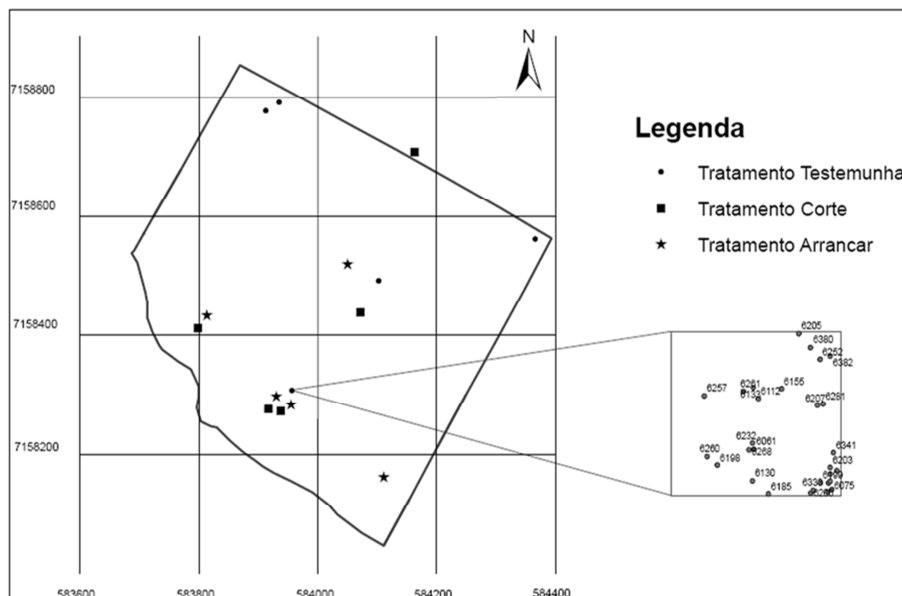


FIGURA 1: Mapa da Estação experimental e localização do experimento.

FIGURE 1: Map of the experimental station and experiment location.

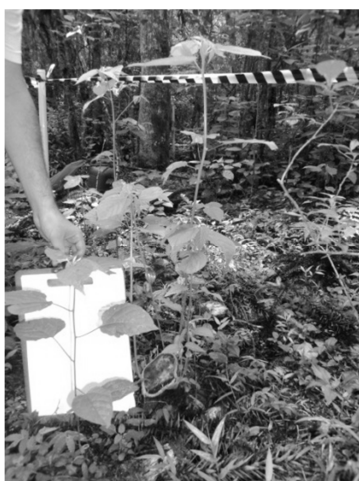
A implantação do experimento foi realizada no mês de dezembro de 2010 e a primeira avaliação das parcelas pós-aplicação foi realizada no mês de agosto de 2011. A avaliação foi feita nos mesmos moldes ao da implantação.

Das arvoretas mediram-se as circunferências à altura do peito (CAP) e altura, e das varas mediram-se somente as alturas. As plântulas foram apenas contadas. Todos os indivíduos tiveram sua localização espacial representada em croqui.

Descrição dos Tratamentos

Os tratamentos aplicados no experimento estão apresentados a seguir, conforme ilustra a Figura 2 (a, b e c):

- T-1 Corte na base: na altura da base das plantas fez-se um corte utilizando uma tesoura de poda para as plantas jovens e, no caso de plantas com grandes diâmetros, foi usada uma serra manual;
- T-2 Arranque com raiz: neste tratamento os indivíduos em fase inicial de desenvolvimento foram arrancados manualmente, enquanto que os mais desenvolvidos com o auxílio de ferramentas, sendo a planta eliminada toda com o sistema radicular.
- T-3 Testemunha: Servirão de parâmetro para indicar o seu comportamento natural naquele ambiente.



(a) T-3: testemunhas



(a) T2: Arrancar com raiz



(c) T1: Corte na base

FIGURA 2: Representação dos indivíduos dentro das parcelas de aplicação dos tratamentos.
FIGURE 2: Representation of the individuals inside the parcelsof treatments application.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Plântulas (<0,30m de altura)

No T-3 (testemunha) haviam 4.816 plântulas nas 5 repetições na data da implantação do experimento (dezembro de 2010). Na primeira avaliação dos tratamentos (agosto de 2011) observou-se a existência de 416 plântulas nas 5 repetições, representando apenas 8,63% de plântulas que reocuparam a parcela. O período de frutificação da uva-do-Japão Brasil é de março a outubro (Carvalho, 1994) e está diretamente ligada a esta elevada quantidade de plântulas que foram encontradas na data da implantação do experimento. Segundo Carvalho (1994) a germinação das plântulas é faneroepígea, com início entre 8 e 113 dias após a sementeira, mesmo período observado neste estudo. Foi no período de implantação das parcelas em que se observaram as maiores populações da regeneração natural dessa espécie. A espécie apresenta regeneração natural intensa por sementes, por isso, ela faz-se presente em muitas matas do sul do Brasil (Carvalho, 2001).

Observou-se também que apesar de formar essas densas populações de regeneração natural logo após a sua frutificação, apenas 8,63% das plântulas regeneradas conseguiram permanecer nesses ambientes após 8 meses da implantação do experimento. Carvalho (1994) já havia observado que em substrato com elevado teor de alumínio e heterogeneidade entre as mudas, houve atrasos no crescimento e uma taxa considerável de mortalidade, fato este também não diferente ao encontrado no local de estudo.

O T-2 (arranque com raiz) apresentava na época da implantação do experimento (dezembro de 2010) 2.512 plântulas, que foram arrancadas com a raiz dentro da área das parcelas (repetições). Decorridos 8 meses (agosto de 2011) nenhuma plântula foi encontrada dentro das mesmas parcelas, indicando o potencial dessa medida de controle para situações em que se deseje erradicar essa espécie das florestas nativas com araucária.

No T-1 (corte na base) o número de plântulas encontradas antes da aplicação do tratamento era de 2.800 plântulas, as quais foram todas cortadas na base, permanecendo as suas raízes. Após a aplicação do tratamento (agosto de 2011) foram encontradas 1.744 plântulas, representando 62,28% do número inicial de plântulas. Com este tratamento, ao cortar as plântulas, o sistema radicular ainda continuava intacto e

trocando nutrientes com o solo, o que pode ter feito com que as plantas não morressem e viessem a rebrotar. Por isso não foi observada tanta mortalidade, fazendo com que muitas plântulas sobrevivessem. Pôde-se observar através do croqui das plântulas, que 29 plântulas se desenvolveram o suficiente para ingressar na categoria de tamanho “varas”.

Varas (0,30m e 1,30m de altura)

O T-3 (testemunha), na data da implantação, apresentava em média 19,4 varas/4m², sendo que na primeira avaliação este número foi para 13,4 varas/4m² em média. Para as 5 repetições de testemunhas, foram observados 97 varas na implantação, sendo que na primeira avaliação 21 morreram e 9 ingressaram na categoria de arvoretas, restando assim 67 varas. A média das alturas dessas varas era de 0,63m na implantação e de 0,66m na primeira avaliação. Esses valores indicam, mais uma vez, a característica de rápido crescimento da espécie, crescendo em média 3 centímetros em altura em 8 meses nessa categoria.

No T-2 (arranque com raiz) foram encontrados, em média, na data de implantação 14 varas/4m², sendo que após o tratamento este número diminuiu para apenas 1,2 vara/4m² (ou seja, 8,57% reocuparam a área). A altura média das varas nesse tratamento apresentou uma maior diferença, sendo de 0,68m na implantação e 0,16m na primeira avaliação. Esta diferença de valores foi em função da eficiência deste tratamento em baixar consideravelmente o número de indivíduos “varas” mesmo os indivíduos desta espécie tendo um rápido crescimento, contribuindo assim para a não dispersão desta espécie pelo ambiente.

O T-1 (corte na base) apresentou uma média de 13,6 varas/4m² na data da implantação. Na data da avaliação este número subiu para 21 varas/4m², em média. Em números totais, na implantação, eram 68 varas para as 5 repetições e depois na primeira avaliação observaram-se 105 varas. Dessas varas contadas na avaliação apenas 29 não eram rebrotas, justamente aquelas plântulas que haviam ingressado na categoria “varas”. No trabalho de Carvalho (1994), em estudos de propagação vegetativa com estacas, concluiu-se que o sistema radicular formado pode ser considerado de excelente qualidade, por apresentar um número elevado de raízes fibrosas e distribuídas uniformemente ao redor da estaca. Esta excelência atribuída ao sistema radicular pôde ser verificada neste tratamento. No caso, mesmo cortando-se na base, todo o sistema radicular ainda se manteve no solo e em plena atividade, uma vez que esta espécie, demonstrando o seu grande poder de rebrota. Tocos grandes chegaram a suportar de 10 a 14 novas rebrotas. Ao se observar a variável altura média, o valor médio encontrado na data da implantação foi de 0,72m e após a aplicação do tratamento este caiu para 0,57m. Apesar desta redução em altura a espécie mostrou o seu grande poder de desenvolvimento. Em oito meses quase todas as varas que existiam nos dois momentos cresceram substancialmente em relação em altura, sendo o fator de redução de altura o grande ingresso de plantas nessa categoria (37 indivíduos).

Arvoretas

O T-3 (testemunha) apresentou na implantação do experimento 11 arvoretas/4m² e 15 arvoretas/4m² na primeira avaliação. Verificou-se, através de comparação com as fichas, que das 11 arvoretas achadas na implantação 5 morreram e 9 arvoretas vieram a ingressar a partir da classe “varas”. A média da altura foi de 2,86m na implantação do experimento e na avaliação este número diminuiu para 1,7m, sendo essa diminuição da média em função da menor altura das ingressas. A média das circunferências à altura do peito (CAP), na implantação, eram 4,86cm e 4,80cm na primeira avaliação.

O T-2 (arranque com raiz) apresentava na data da implantação 21 arvoretas/4m² em média, sendo que após a aplicação do tratamento não houve nenhum registro de arvoretas.

No T-1 (corte na base) foram identificadas 38 arvoretas/4m² na data da implantação e após a aplicação do tratamento foram encontradas 6 arvoretas/4m². Estas encontradas na avaliação são aquelas varas que foram identificadas como ingressantes na classe “arvoretas”, e são todas oriundas de rebrotas. A respeito de altura média encontrada na data da implantação, era de 2,86m no início e primeira avaliação caiu para 1,37m. No tocante à CAP houve redução de 7,28cm na data da implantação para 1,86cm na primeira avaliação, exatamente em função do ingresso de classes de tamanho inferiores.

CONCLUSÕES

Observou-se alta mortalidade natural desta espécie, especialmente de plântulas, como pôde ser verificado no tratamento testemunha (T-3). Entretanto, muitas destes juvenis permanecerem no ambiente, sobrevivendo e crescendo.

O corte da planta na base (T-1) não impede a sobrevivência de um alto contingente desta espécie, que resiste no ambiente, rebrotando mesmo após essa medida de controle.

O arranque completo de raízes (T-3) impede a rebrota, eliminando de vez as plantas regeneradas, se constituindo na forma mais eficaz de controle.

O tempo de avaliação ainda é curto, requerendo-se a continuidade do estudo para conclusões definitivas. Análises de rendimento serão necessárias para avaliar a economicidade dos tratamentos de

controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, P. E. R. **Ecologia, Silvicultura e Usos da Uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* Thunberg)**. Colombo: EMBRAPA – CNPFlorestas, 1994. 24p.

INSTITUTO HÓRUS. **Uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thumb)**. Disponível em: <<http://www.institutohorus.org.br>> Acesso em: 07 jun, 2010.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1999 172f.**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba 1999.

SCHUMACHER, M. V. Biomassa e nutriente em um povoamento de *Hovenia dulcis* Thumb., plantado na FEPAGRO florestas, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 18, n. 1, p. 27-37, jan-mar., 2008.

ZILLER, S. R. **A Estepe-Gramíneo Lenhosa no Segundo Planalto do Paraná: Diagnóstico Ambiental com Enfoque à Contaminação Biológica.**2000 268 p. Tese (Doutorado) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ZILLER, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras.**Revista Ciência Hoje**, Coluna Opinião, Rio de Janeiro, v. 30, n. 178, Dezembro de 2001.

FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

FLORISTIC COMPOSITION AND PHYTOSOCIOLOGY OF MIXED-ARAUCARIA FOREST FRAGMENT

Adriane Roglin¹; Ana Paula Dalla Corte²; Carlos Roberto Sanquetta³; Francelo Mognon⁴

RESUMO

A Floresta Ombrófila Mista tem sido foco de inúmeras pesquisas, face à sua importância econômica e biológica. Desta maneira, visando fornecer mais conhecimento sobre esta fitofisionomia, o presente estudo teve como objetivo levantar dados da florística e da fitossociologia de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista localizado no município de São João do Triunfo, Estado do Paraná. A metodologia amostral utilizada foi a de área fixa contendo 4 unidades amostrais totalizando 3,5 ha. Realizou-se a mensuração do diâmetro à altura do peito (DAP) de todos os indivíduos com DAP \geq 10 cm e 62% das alturas totais dos mesmos. Verificou-se que a espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze apresentou os mais altos índices fitossociológicos em três das quatro parcelas estudadas, tendo uma variação de IVI de 85,09 a 124,43, portanto, a espécie mais representativa da estrutura horizontal do fragmento. A espécie *Araucaria angustifolia* apresentou posição no dossel superior da floresta pela análise do diagrama h-M, seguida de espécies pertencentes ao gênero *Nectandra* sp. e *Ocotea* sp. Por fim, constatou-se que o fragmento apresenta alta diversidade de espécies segundo o índice de diversidade de Shannon estimado em 3,38 nats.ind.⁻¹.

Palavras-chave: Floresta com araucária; diversidade, parcelas permanentes.

ABSTRACT

The Mixed Araucaria Forest has been a focus for a lot of researches due its importance and conservation of biological diversity. This study aimed at evaluating the floristic composition and phytosociological features of a fragment from Mixed-Araucaria Forest, located at São João do Triunfo, state of Paraná. The diameters at breast height of all individuals in the study site were measured as well as 62% of the total heights. The species *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze showed the most important phytosociological indexes in three of four plots evaluated, with IVI (index of importance value) ranging from 85,09 to 124,43, the most important in the horizontal structure of this forest fragment. Regarding the vertical structure, again *Araucaria angustifolia* showed the highest sociological position, followed by the genus *Nectandra* and *Ocotea*. It was found that the fragment showed a high tree species diversity measured by the Shannon diversity index, as well as J-reverse diameter distribution.

Keywords: Mixed-araucaria forest; diversity; permanent plots

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta com Araucária, apresenta uma alta diversidade de espécies. Possui como destaque a espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze que dá o nome à floresta, conhecida também como pinheiro-do-Paraná ou araucária (PÉLLICO NETTO *et al.*, 2002).

Esta fitofisionomia possui grande importância ecológico-econômica, principalmente por abrigar a conífera mais expressiva da vegetação brasileira em associações diversificadas, as quais compreendem grupamentos de espécies com características próprias, formando estágios sucessionais distintos. Além das espécies de porte arbóreo, a floresta contém espécies arbustivas e herbáceas, epífitas, lianas, entre outras (PÉLLICO NETTO *et al.*, 2002).

A Floresta Ombrófila Mista, englobada ao Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2004), continua ameaçada pela antropização. Segundo Sanquetta (2004), os remanescentes primários (floresta em estágio avançado de sucessão) da Floresta com Araucária somam cerca de 1,5% da área ocupada originalmente

¹Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR). Bolsista Reuni/Capes. adrianerog@gmail.com

²Engenheira Florestal, Dra., Professora do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná. CEP 80.210-170, Curitiba, PR. anacorte@ufpr.br

³Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná. CEP 80.210-170, Curitiba, PR. sanquetta@ufpr.br

⁴Biólogo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR). Bolsista Reuni/Capes. mognon@ufpr.br

no Estado do Paraná. A proteção desses raros remanescentes é uma necessidade e um grande desafio para os órgãos ambientais, para a comunidade científica e para a sociedade como um todo.

A exploração dos recursos naturais desta fitofisionomia afeta o ecossistema, modificando suas características a ponto de causar danos irreparáveis ao meio e a dinâmica do ambiente, podendo extinguir componentes importantes da mesma. Para que se possam explorar os recursos de maneira sustentável, faz-se necessário o conhecimento da floresta e de seus estágios sucessionais (VALERIO *et al.*, 2008). A avaliação da estrutura florística e sua diversidade é um instrumento básico para se definir estratégias de conservação e recomposição (BRITTEZ *et al.*, 2000).

A fitossociologia presta-se, segundo Rodrigues e Gandolfi (1998) *apud* Isernhagen *et al.* (2001), para identificar as grandezas quantitativas de uma comunidade vegetal, definindo variáveis de abundância, dominância e importância das populações, permitindo também fazer inferências sobre a distribuição espacial de cada espécie. A fitossociologia é uma área ampla e complexa, pois estuda o agrupamento das plantas bem como sua interrelação e dependência aos fatores bióticos em determinado ambiente (BRAUN-BLANQUET, 1979 *apud* HACKET *et al.*, 2005). Levantamentos florísticos e fitossociológicos têm fornecido informações importantes para a compreensão dos padrões biogeográficos e subsidiado a determinação de áreas prioritárias para a conservação (FELFILI, 2002).

Segundo Longhi *et al.* (2000), para a caracterização da vegetação arbórea de uma determinada área faz-se necessário reconhecer as espécies presentes no local e fazer uma avaliação da estrutura horizontal e vertical da floresta, com o objetivo de verificar seu desenvolvimento. A estrutura horizontal permite avaliar a densidade, dominância, frequência e importância das espécies e a estrutura vertical da floresta, com o objetivo de verificar seu desenvolvimento.

Dentro deste contexto, este estudo teve como objetivo descrever a composição florística e a estrutura fitossociológica, bem como, comparar e analisar as diferenças entre quatro parcelas de estudo em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Estado do Paraná, proporcionando informações úteis à conservação e ao manejo dos fragmentos florestais desta região.

MATERIAL E MÉTODO

A área de estudo compreendeu 3,5 ha do Centro de Estação Experimental Professor Doutor Rudi Arno Seitz da Universidade Federal do Paraná, no município de São João do Triunfo na região Centro-Sul do Paraná, cuja altitude média é de 780 m (PIZATTO, 1999). Segundo Köppen, o clima da região é do tipo Cfb – clima temperado sempre úmido com temperatura média inferior a 22°C durante o mês mais quente, sem estação seca, com verões frescos e mais de cinco geadas noturnas por ano (PIZATTO, 1999).

A fitofisionomia da região é a Floresta Ombrófila Mista, de acordo com a classificação de Veloso *et al.* (1991). Com relação aos solos, segundo Pizatto (1999), ocorrem principalmente Argissolos vermelho-amarelos distróficos, com uma pequena porção de Cambissolos distróficos álicos.

A área de estudo é constituída de quatro parcelas permanentes, estabelecidas na área experimental no ano de 1995, sendo três de 1 ha e uma com 0,50 ha, subdivididas em 100 e 50 sub-parcelas de 100 m² (10 x 10 m), respectivamente. As parcelas possuem as seguintes denominações: Imbuia e Araucária (dominância destes indivíduos nas referidas parcelas), Fogo (área que no passado havia sofrido intervenção pelo fogo) e Rio (influência da mata ciliar). Deste modo, estas parcelas compreenderam diferentes composições e históricos.

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos a partir do inventário florestal contínuo realizado em julho de 2007, onde foram mensurados os diâmetros de todos os indivíduos com DAP \geq 10 cm, além da medição das alturas totais em 62% dos mesmos com hipsômetro Haglof®.

A análise dos dados foi realizada no programa Florexel, desenvolvido por Arce *et al.* (2002), o qual possibilitou a determinação da densidade, frequência e dominância, absolutas e relativas, para todas as espécies estudadas.

A estrutura vertical foi definida pelo Diagrama h-M, desenvolvido por Sanquetta (1995), em que h refere-se às alturas totais coletadas em campo e M refere-se à relação entre a altura total e a frequência ambas acumuladas. As duas variáveis (h e M) possuem unidades em metros. Com este método quantitativo é possível determinar objetivamente os estratos verticais que compõem a floresta, utilizando alturas estimadas por relação hipsométrica, empregando variáveis de fácil obtenção, como o DAP. Após a obtenção de todas as alturas totais das árvores e efetuar os cálculos respectivos ao Diagrama h-M, foi possível definir os estratos verticais da floresta.

Os indivíduos amostrados foram categorizados em 20 classes diamétricas, com intervalo de classe de 10 cm. A diversidade desta fitofisionomia foi calculada e comparada com de outros fragmentos da Floresta Ombrófila Mista, por meio do índice de diversidade de Shannon.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No inventário florestal realizado em 2007 nas quatro parcelas permanentes do presente estudo

foram mensurados 3.125 indivíduos, em 3,5 hectares, ou seja, em média 893 ind.ha⁻¹. As Tabelas 1, 2, 3 e 4 mostram as análises das estruturas horizontais para as quatro parcelas do fragmento de Floresta Ombrófila Mista estudado.

A análise fitossociológica demonstrou que algumas espécies apresentam altos índices de valor de importância (IVI). Destacam-se a espécie *Araucaria angustifolia*, que domina a estrutura horizontal da floresta, por apresentar elevada área basal (Tabelas 1, 2, 3 e 4), uma vez que, é composta por indivíduos de grande porte em sua grande maioria (Negrelle & Leuchtenberger, 2001). Mesmo com uma distribuição espacial heterogênea dentro das quatro parcelas esta espécie apresenta alta densidade (Tabelas 1, 2, 3 e 4) em três das quatro parcelas, com IVI variando de 85,09 a 124,43.

Kosera *et al.* (2006), em estudo realizado no Parque Barigüi em Curitiba, salientaram o grande porte dos pinheiros mensurados na sua área, destacando a baixa regeneração natural desta espécie na comunidade. Cordeiro e Rodrigues (2007) e Seger *et al.* (2005), em estudo feito em Pinhais-PR, também obtiveram altos valores de IVI para *A. angustifolia*, espécie que predomina nesta fitofisionomia, ou seja, na Floresta Ombrófila Mista, quando esta está relativamente bem conservada.

Neste trabalho, a densidade absoluta de *Araucaria angustifolia* variou de 51 a 151 ind./ha, valores superiores aos encontrados por Seger *et al.* (2005), Negrelle e Leuchtenberger (2001) e Kosera *et al.* (2006).

Analisando a dominância relativa de *Araucaria angustifolia*, que neste estudo variou de 7,14 a 70,38%, percebe-se que é inferior para a parcela Imbuia e superior para as demais. Os valores encontrados em Negrelle e Leuchtenberger (2001) foram 19,42%; Kozera *et al.* (2006), 11,92% e Seger *et al.* (2005), 38,52%; e Cordeiro e Rodrigues (2007), igual a 68,93%.

Percebe-se uma nítida troca de posições entre algumas espécies, em se tratando de valor de importância nas quatro parcelas. A parcela Araucária possui *A. angustifolia*, *Ilex paraguariensis* e *Nectandra grandiflora* como destaque em IVI. A parcela Fogo possui *A. angustifolia*, *N. grandiflora* e *Matayba elaeagnoides* como destaque em IVI. A parcela Imbuia possui *Matayba elaeagnoides*, *Nectandra megapotamica* e *Blepharocalyx salicifolius* como destaque em IVI. Já a parcela Rio possui *A. angustifolia*, *N. grandiflora* e *Ilex paraguariensis* como destaque em IVI.

Na parcela Araucária verifica-se a presença de uma grande quantidade de elementos da espécie *Ilex paraguariensis*, ou seja, 128 indivíduos/ha. Essa espécie já foi explorada avidamente há alguns anos, quando muitas famílias dependiam exclusivamente da colheita e processamento da erva mate para sobreviverem. Verificou-se nesta parcela, que cerca de 50% da densidade relativa estão concentrados em apenas três espécies: *A. angustifolia*, *I. paraguariensis* e *N. grandiflora*.

Já na parcela Fogo, verifica-se que mais de 50% da densidade relativa da parcela é composta pelas seguintes espécies: *A. angustifolia*, *N. grandiflora*, *M. elaeagnoides*, *M. ferruginea* e *B. salicifolius*.

Na parcela Imbuia verifica-se que mais de 50% da densidade relativa são representados pelas espécies *M. elaeagnoides*, *N. megapotamica*, *B. salicifolius*, *A. angustifolia*, *C. decandra*, *O. puberula*, *C. xanthocarpa*, *O. porosa* e *M. paraguariense*. Já na parcela Rio, verifica-se que mais de 50% da densidade relativa é composta pelas espécies: *A. angustifolia*, *N. grandiflora*, *I. paraguariensis*, *O. puberula*, *C. vesiculosum* e *C. dinisii*.

A espécie *Matayba elaeagnoides* se destaca em ambas as parcelas (Fogo e Imbuia), com elevados valores de importância, variando de 23,04 a 26,63, com representatividade em todas as parcelas estudadas.

Segundo Negrelle e Silva (1992), *Araucaria angustifolia*, amostraram um número elevado de indivíduos (34), obtendo alta frequência (11,3%) e elevada área basal (10,88 m²/ha), representando a espécie de maior valor de importância na fitocenose estudada (66,36), seguida por *Ocotea porosa* (36,05).

Comparando os resultados deste trabalho ao desenvolvido por Seger *et al.* (2005) em fitofisionomia semelhante, as espécies *Capsicodendron dinisii* e *Lithraea brasiliensis* apresentaram valores de IVI semelhantes aqueles encontrados pelo autor, respectivamente 15,54 e 19,68.

Segundo Canalez *et al.* (2006), em estudo na mesma área deste trabalho encontraram uma média de IVI (1998 – 2004) de 67,64 e 8,32 para *A. angustifolia* e *Ilex paraguariensis*, respectivamente. Reitz & Klein (1966) listam como importantes, nas matas de *Araucaria angustifolia*, as espécies: *Matayba elaeagnoides*, *Cupania vernalis*, *Prunus selowii*, *Capsicodendron dinisii*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Eugenia uniflora*, *Nectandra* sp., *Ocotea* sp., entre outras.

Embora haja uma pequena diferença em termos dos valores de importância para as parcelas estudadas (Tabelas 1, 2, 3 e 4), a espécie Araucária mantém sua clara importância na estrutura da floresta, assim como evidenciado por Canalez *et al.* (2006). As diferenças em valor de importância comparadas com outros trabalhos na mesma fitofisionomia podem ter sido influenciadas pelas características da floresta, como por exemplo, o estágio sucessional, que neste caso pode ser considerado secundário.

TABELA 1: Resultados fitossociológicos da parcela Araucária (2007)

Espécie	DA Ind/ ha	DomA m ² / ha	DR %	DomR %	FR %	IV I 0-300
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	251	27,03	29,12	70,38	24,93	124,4
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	128	2,79	14,85	7,27	18,36	40,48
<i>Nectandra grandiflora</i> Ness & Mart.	146	1,83	16,94	4,77	11,23	32,94
<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	38	1,24	4,41	3,23	7,95	15,58
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	33	1,34	3,83	3,49	8,22	15,54
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	40	0,87	4,64	2,25	6,03	12,92
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg.	16	0,90	1,86	2,35	3,01	7,22
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Ness) Kosterm.	23	0,48	2,67	1,26	3,01	6,94
<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	20	0,42	2,32	1,10	1,92	5,34
<i>Myrceugenia acrophylla</i> (O. Berg) D. Legrand	16	0,40	1,86	1,04	2,19	5,08
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	33	0,00	3,83	0,00	0,27	4,10
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	9	0,18	1,04	0,48	1,64	3,16
<i>Prunus sellowii</i> Koehne	21	0,00	2,44	0,00	0,27	2,71
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	4	0,28	0,46	0,74	0,82	2,02
<i>Ocotea porosa</i> (Mez) Barroso	14	0,00	1,62	0,00	0,27	1,90
<i>Myrsine ferruginea</i> Spreng.	7	0,11	0,81	0,29	0,55	1,65
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Ness & C. Mart.) Kosterm.	5	0,07	0,58	0,18	0,82	1,58
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	3	0,05	0,35	0,14	0,82	1,31
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	3	0,04	0,35	0,10	0,82	1,27
<i>Ilex theezans</i> Mart.	4	0,07	0,46	0,17	0,55	1,18
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	4	0,06	0,46	0,15	0,55	1,16
<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	3	0,08	0,35	0,20	0,55	1,09
<i>Persea major</i> L.E. Kopp	4	0,00	0,46	0,00	0,27	0,74
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	4	0,00	0,46	0,00	0,27	0,74
<i>Symplocos uniflora</i> Benth.	4	0,00	0,46	0,00	0,27	0,74
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	4	0,00	0,46	0,00	0,27	0,74
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	3	0,00	0,35	0,00	0,27	0,62
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	3	0,00	0,35	0,00	0,27	0,62
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L. B. Sm. & R.J. Downs	3	0,00	0,35	0,00	0,27	0,62
<i>Xylosma pseudosalzmannii</i> Sleumer	3	0,00	0,35	0,00	0,27	0,62
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R. S. Cowan) P. G. Waterman	3	0,00	0,35	0,00	0,27	0,62
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	1	0,05	0,12	0,13	0,27	0,52
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	1	0,05	0,12	0,13	0,27	0,52
<i>Melia azedarach</i> L.	1	0,02	0,12	0,06	0,27	0,45
<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	1	0,02	0,12	0,05	0,27	0,44
<i>Rollinia emarginata</i> Schlttdl.	1	0,01	0,12	0,04	0,27	0,43
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	1	0,01	0,12	0,03	0,27	0,42
<i>Nectandra megapotamica</i> Mez	1	0,00	0,12	0,00	0,27	0,39
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	1	0,00	0,12	0,00	0,27	0,39
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	1	0,00	0,12	0,00	0,27	0,39
<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	1	0,00	0,12	0,00	0,27	0,39
Total	862	38,4	100,0	100,0	100,0	300,0

DA - Densidade absoluta (Indivíduos/ha); DomA - Dominância absoluta (m²/ha); DR - Densidade relativa (%); DomR - Dominância relativa (%); FR- Frequência relativa (%); IVI - Índice de valor de importância.

TABELA 2: Resultados fitossociológicos da parcela Fogo (2007)

Espécie	DA	DomA	DR	DomR	FR	IVI
	Ind / ha	m ² / ha	%	%	%	0-300
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	158,00	17,28	16,84	48,99	19,25	85,09
<i>Nectandra grandiflora</i> Ness & Mart.	129,00	2,60	13,75	7,38	10,09	31,22
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	74,00	2,86	7,89	8,11	7,04	23,04
<i>Myrsine ferruginea</i> Spreng.	83,00	0,96	8,85	2,72	7,98	19,55
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	70,00	1,05	7,46	2,96	6,34	16,77
<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	45,00	2,74	4,80	7,77	3,99	16,56
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	37,00	1,20	3,94	3,39	3,76	11,09
<i>Eugenia hyemalis</i> Cambess.	41,00	0,88	4,37	2,49	3,99	10,85
<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	28,00	1,00	2,99	2,82	4,23	10,03
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Ness) Kosterm.	39,00	0,59	4,16	1,68	3,99	9,83
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg.	20,00	0,33	2,13	0,94	3,76	6,82
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	17,00	0,71	1,81	2,03	2,82	6,65
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	19,00	0,40	2,03	1,14	3,05	6,22
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Ness & C. Mart.) Kosterm.	21,00	0,34	2,24	0,96	2,82	6,02
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	17,00	0,31	1,81	0,88	1,88	4,57
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	18,00	0,34	1,92	0,95	1,17	4,05
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	9,00	0,46	0,96	1,29	1,41	3,66
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	9,00	0,28	0,96	0,81	1,64	3,41
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	8,00	0,13	0,85	0,36	1,41	2,63
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil	5,00	0,31	0,53	0,88	0,70	2,12
<i>Ilex theezans</i> Mart.	6,00	0,08	0,64	0,22	0,94	1,79
<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	5,00	0,12	0,53	0,34	0,70	1,57
<i>Prunus sellowii</i> Koehne	12,00	0,00	1,28	0,00	0,23	1,51
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	11,00	0,00	1,17	0,00	0,23	1,41
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	4,00	0,07	0,43	0,20	0,70	1,33
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	8,00	0,00	0,85	0,00	0,23	1,09
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O. Berg.	3,00	0,06	0,32	0,17	0,47	0,96
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	3,00	0,03	0,32	0,07	0,47	0,86
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	2,00	0,03	0,21	0,08	0,47	0,77
<i>Cissus rhombifolia</i> Vahl.	5,00	0,00	0,53	0,00	0,23	0,77
<i>Ocotea porosa</i> (Mez) Barroso	4,00	0,00	0,43	0,00	0,23	0,66
<i>Eugenia speciosa</i> Cambess.	4,00	0,00	0,43	0,00	0,23	0,66
<i>Vernonia discolor</i> Less.	4,00	0,00	0,43	0,00	0,23	0,66
<i>Ocotea puberula</i> Nees	3,00	0,00	0,32	0,00	0,23	0,55
<i>Gomidesia sellowiana</i> Berg.	2,00	0,03	0,21	0,09	0,23	0,54
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	2,00	0,00	0,21	0,00	0,23	0,45
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	2,00	0,00	0,21	0,00	0,23	0,45
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R. S. Cowan) P. G. Waterman	2,00	0,00	0,21	0,00	0,23	0,45
<i>Eugenia</i> sp.	1,00	0,03	0,11	0,07	0,23	0,41
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	1,00	0,02	0,11	0,06	0,23	0,40
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1,00	0,02	0,11	0,05	0,23	0,39
<i>Allophylus edulis</i> Radlk. Ex Warm.	1,00	0,01	0,11	0,03	0,23	0,38
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	1,00	0,01	0,11	0,03	0,23	0,38
<i>Melia azedarach</i> L.	1,00	0,01	0,11	0,03	0,23	0,37
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	1,00	0,00	0,11	0,00	0,23	0,34
<i>Solanum erianthum</i> D. Don	1,00	0,00	0,11	0,00	0,23	0,34
<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam	1,00	0,00	0,11	0,00	0,23	0,34
Total	938,00	35,26	100,00	100,00	100,00	300,00

DA - Densidade absoluta (Indivíduos/ha); DomA - Dominância absoluta (m²/ha); DR - Densidade relativa (%); DomR - Dominância relativa (%); FR - Frequência relativa (%); IVI - Índice de valor de importância.

TABELA 3: Resultados fitossociológicos da parcela Imbuia (2007).

Espécie	DR	DomA	DR	DomR	FR	IVI
	Ind / ha	m ² / ha	%	%	%	0-300
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	50,00	4,55	7,35	11,46	7,82	26,63
<i>Nectandra megapotamica</i> Mez	42,00	5,00	6,18	12,61	7,59	26,37
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg.	63,00	2,91	9,26	7,34	9,20	25,80
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	51,00	2,83	7,50	7,14	8,97	23,60
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	46,00	2,22	6,76	5,60	7,36	19,72
<i>Ocotea puberula</i> Nees	38,00	2,08	5,59	5,23	3,91	14,73
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg.	27,00	2,09	3,97	5,28	5,06	14,30
<i>Ocotea porosa</i> (Mez) Barroso	23,00	1,16	3,38	2,94	5,06	11,38
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	21,00	1,64	3,09	4,15	4,14	11,37
<i>Eugenia uniflora</i> L.	21,00	1,61	3,09	4,05	3,91	11,05
<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling	14,00	2,21	2,06	5,56	2,99	10,61
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	19,00	1,36	2,79	3,43	3,22	9,45
<i>Nectandra grandiflora</i> Ness & Mart.	18,00	1,31	2,65	3,31	3,45	9,40
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	55,00	0,00	8,09	0,00	0,23	8,32
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	10,00	1,70	1,47	4,29	1,61	7,37
<i>Calyptanthes concinna</i> DC.	12,00	0,79	1,76	2,00	1,84	5,60
<i>Ilex theezans</i> Mart.	11,00	0,50	1,62	1,27	2,30	5,19
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	12,00	0,38	1,76	0,95	2,30	5,02
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Ness & C. Mart.) Kosterm.	8,00	0,86	1,18	2,16	1,61	4,95
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	11,00	0,64	1,62	1,61	1,61	4,84
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	8,00	0,57	1,18	1,44	1,61	4,23
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil	8,00	0,45	1,18	1,13	1,84	4,14
<i>Prunus sellowii</i> Koehne	18,00	0,17	2,65	0,43	0,92	4,00
<i>Nectandra</i> sp.	8,00	0,45	1,18	1,14	1,61	3,92
<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	9,00	0,22	1,32	0,55	0,92	2,79
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	6,00	0,17	0,88	0,43	1,15	2,46
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Ness) Kosterm.	4,00	0,37	0,59	0,92	0,46	1,97
<i>Inga uraguensis</i> Hook. & Arn	4,00	0,16	0,59	0,41	0,92	1,92
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	5,00	0,07	0,74	0,18	0,92	1,84
<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	2,00	0,42	0,29	1,06	0,23	1,59
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	9,00	0,00	1,32	0,00	0,23	1,55
<i>Sloanea lasiocoma</i> K. Schum.	8,00	0,00	1,18	0,00	0,23	1,41
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	1,00	0,39	0,15	0,98	0,23	1,36
<i>Symplocos celastrinea</i> Mart.	6,00	0,00	0,88	0,00	0,23	1,11
<i>Rollinia emarginata</i> Schlttdl.	2,00	0,11	0,29	0,29	0,46	1,04
<i>Campomanesia guazumifolia</i> Blume	3,00	0,03	0,44	0,07	0,46	0,97
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R. S. Cowan) P. G. Waterman	5,00	0,00	0,74	0,00	0,23	0,97
<i>Allophylus edulis</i> Radlk. Ex Warm.	2,00	0,04	0,29	0,09	0,46	0,85
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L. B. Sm. & R.J. Downs	4,00	0,00	0,59	0,00	0,23	0,82
<i>Myrcia rostrata</i> DC.	2,00	0,06	0,29	0,15	0,23	0,67
<i>Xylosma pseudosalzmannii</i> Sleumer	3,00	0,00	0,44	0,00	0,23	0,67
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	1,00	0,09	0,15	0,22	0,23	0,60
<i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. ex Reissek	2,00	0,03	0,29	0,07	0,23	0,59
<i>Symplocos uniflora</i> Benth.	2,00	0,00	0,29	0,00	0,23	0,52
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	1,00	0,01	0,15	0,03	0,23	0,40
<i>Albizia</i> sp.	1,00	0,01	0,15	0,02	0,23	0,40
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	1,00	0,01	0,15	0,02	0,23	0,40
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	1,00	0,00	0,15	0,00	0,23	0,38
<i>Solanum erianthum</i> D. Don	1,00	0,00	0,15	0,00	0,23	0,38
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St. -Hil.	1,00	0,00	0,15	0,00	0,23	0,38
Total	680,0	39,67	100,0	100,0	100,0	300,0

DA - Densidade absoluta (Indivíduos/ha); DomA - Dominância absoluta (m²/ha); DR - Densidade relativa (%); DomR - Dominância relativa (%); FR - Frequência relativa (%); IVI - Índice de valor de importância.

TABELA 4: Resultados fitossociológicos da parcela Rio (2007).

Espécie	Nº	DA	DomA	DR	DomR	FR	I V I
	Ind.	Ind / ha	m² / ha	%	%	%	0-300
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	141	282,00	25,90	21,86	58,26	15,36	95,48
<i>Nectandra grandiflora</i> Ness & Mart.	63	126,00	4,47	9,77	10,05	8,93	28,74
<i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.	40	80,00	2,50	6,20	5,61	7,50	19,32
<i>Ocotea puberula</i> Nees	31	62,00	1,07	4,81	2,40	6,43	13,64
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Ness) Kosterm.	42	84,00	1,50	6,51	3,38	3,57	13,47
<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	28	56,00	1,35	4,34	3,04	5,36	12,74
<i>Prunus sellowii</i> Koehne	28	56,00	0,98	4,34	2,20	5,71	12,26
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	24	48,00	0,79	3,72	1,78	6,43	11,93
<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	25	50,00	0,74	3,88	1,67	5,71	11,26
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg.	22	44,00	1,37	3,41	3,09	3,93	10,43
<i>Myrsine ferruginea</i> Spreng.	22	44,00	0,54	3,41	1,22	4,64	9,27
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	21	42,00	0,45	3,26	1,02	4,29	8,56
<i>Ilex theezans</i> Mart.	12	24,00	0,40	1,86	0,90	2,50	5,26
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L. B. Sm. & R.J. Downs	26	52,00	0,00	4,03	0,00	0,36	4,39
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	24	48,00	0,00	3,72	0,00	0,36	4,08
<i>Calyptanthes concinna</i> DC.	9	18,00	0,39	1,40	0,87	1,79	4,05
<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	5	10,00	0,14	0,78	0,31	1,79	2,87
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	8	16,00	0,07	1,24	0,15	1,43	2,82
<i>Ocotea porosa</i> (Mez) Barroso	4	8,00	0,24	0,62	0,54	1,43	2,58
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	7	14,00	0,19	1,09	0,42	1,07	2,58
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	5	10,00	0,20	0,78	0,44	1,07	2,29
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R. S. Cowan) P. G. Waterman	12	24,00	0,00	1,86	0,00	0,36	2,22
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	3	6,00	0,33	0,47	0,74	0,71	1,92
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	3	6,00	0,06	0,47	0,14	1,07	1,68
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	3	6,00	0,08	0,47	0,18	0,71	1,36
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	4	8,00	0,14	0,62	0,32	0,36	1,30
<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam	6	12,00	0,00	0,93	0,00	0,36	1,29
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	2	4,00	0,08	0,31	0,19	0,71	1,21
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	2	4,00	0,04	0,31	0,09	0,71	1,12
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	2	4,00	0,04	0,31	0,09	0,71	1,11
<i>Symplocos uniflora</i> Benth.	4	8,00	0,00	0,62	0,00	0,36	0,98
<i>Persea major</i> L. E. Kopp	2	4,00	0,07	0,31	0,16	0,36	0,82
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	2	4,00	0,06	0,31	0,14	0,36	0,81
<i>Albizia</i> sp.	1	2,00	0,09	0,16	0,21	0,36	0,72
<i>Solanum erianthum</i> D. Don	2	4,00	0,00	0,31	0,00	0,36	0,67
<i>Xylosma pseudosalzmannii</i> Sleumer	2	4,00	0,00	0,31	0,00	0,36	0,67
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	2	4,00	0,00	0,31	0,00	0,36	0,67
<i>Cedrela fissilis</i> Well.	1	2,00	0,05	0,16	0,12	0,36	0,63
<i>Vernonia discolor</i> Less.	1	2,00	0,04	0,16	0,10	0,36	0,61
<i>Eugenia speciosa</i> Cambess.	1	2,00	0,04	0,16	0,09	0,36	0,60
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O. Berg.	1	2,00	0,02	0,16	0,05	0,36	0,56
<i>Eugenia</i> sp.	1	2,00	0,02	0,16	0,04	0,36	0,55
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	1	2,00	0,00	0,16	0,00	0,36	0,51
Total	645	1290,0	44,45	100,0	100,0	100,0	300,0

DA - Densidade absoluta (Indivíduos/ha); DomA - Dominância absoluta (m²/ha); DR - Densidade relativa (%); DomR - Dominância relativa (%); FR - Frequência relativa (%); IVI - Índice de valor de importância.

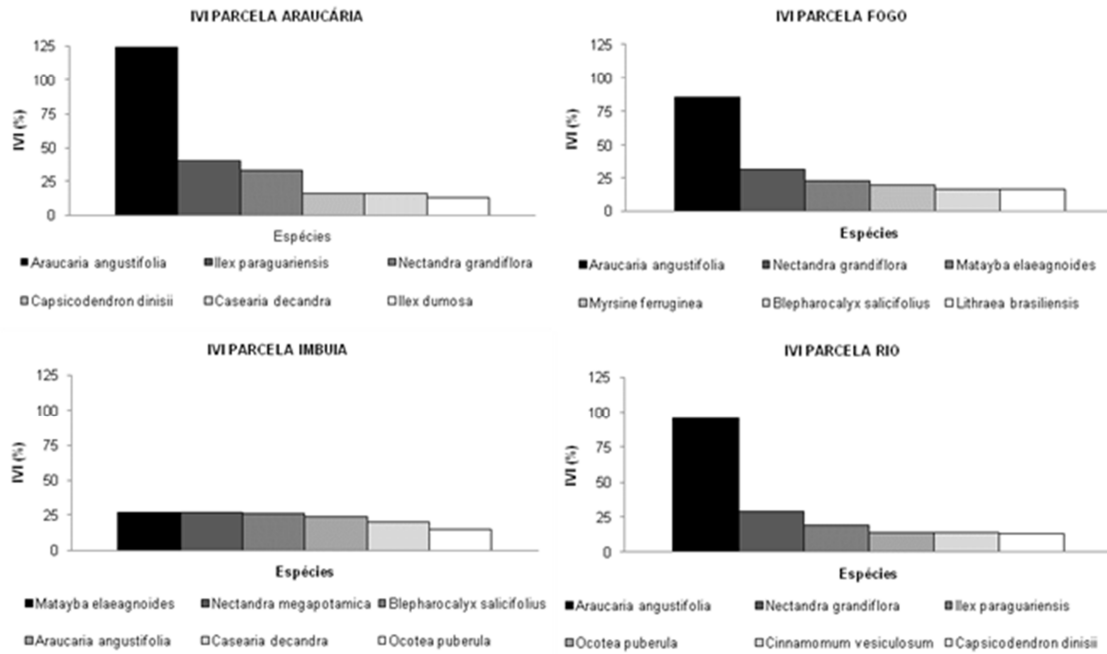


FIGURA 1: Comparação das principais espécies de cada parcela em relação ao índice de valor de importância (IVI).

Em relação à diversidade florística, o fragmento estudado possui em média um índice de diversidade de Shannon-Wiener estimado em $3,38 \text{ nats.ind.}^{-1}$. Esse valor de diversidade pode ser considerado elevado, uma vez que este índice em geral situa-se entre 1,50 e 3,50 e raramente ultrapassa $4,50 \text{ nats.ind.}^{-1}$ (Magurran, 1989). Este variou para cada parcela ($2,57 \text{ nats.ind.}^{-1}$ para parcela Araucária, $3,02 \text{ nats.ind.}^{-1}$ para parcela Fogo, $3,35 \text{ nats.ind.}^{-1}$ para parcela Imbuia e $3,04 \text{ nats.ind.}^{-1}$ para parcela Rio), representando valores próximos aos evidenciados em outros trabalhos desenvolvidos para a mesma fitofisionomia, como em Nascimento *et al.* (2001) com $3,0 \text{ nats.ind.}^{-1}$ e Jarenkow & Baptista (1987) com $2,93 \text{ nats.ind.}^{-1}$.

A comparação entre diferentes áreas de Floresta Ombrófila Mista por meio de índices de diversidade deve ser feita de maneira cautelosa, já que os índices sofrem influência de vários fatores, como estágio sucessional e histórico das atividades antrópicas no local. Moscovich (2006) encontrou diversidade de $3,68$ e $3,64 \text{ nats.ind.}^{-1}$, em estudo realizado em fitofisionomia semelhante no estado do Rio Grande do Sul. O mesmo autor ainda cita que esta diversidade é alta, considerando que sua área sofreu intervenção antrópica e está em fase de mudança em sua estrutura.

A estrutura vertical deste fragmento, analisada pelo diagrama h-M, levou em consideração as alturas estimadas por equações hipsométricas (Roglin *et al.*, no prelo), sintetizadas na Tabela 5.

TABELA 5: Equações ajustadas para estimativas das alturas totais

Grupo	Equação Ajustada
Araucária	$H = 15,84375431 - 36,98529501 * 1/DAP + 0,134598881 * DAP$
Folhosas	$H = -2,113551176 + 5,660757814 * \ln(DAP)$

H (m) - Altura total; DAP(cm) - Diâmetro a 1,30 m

Como pode ser evidenciado na Figura 2, o Diagrama h-M possibilita a indicação para definir a estratificação vertical da comunidade florestal nas parcelas em estudo. A metodologia é influenciada pela estimativa das alturas, ou seja, pelas equações hipsométricas, entretanto as flechas indicam a posição de cada um dos estratos verticais evidenciados, que são em número de três.

A avaliação da estrutura vertical por parcelas permite considerar que, na maioria, o primeiro estrato, que compreende o dossel emergente, é composto por árvores com altura igual ou superior a 20 metros, havendo variações pequenas entre as parcelas. O segundo estrato é composto por árvores com alturas inferiores a 22 m e superiores a 10 m, formando um *continuum* intermediário ou o sub-dossel da floresta. O terceiro estrato é composto por indivíduos com alturas inferiores a 10 m, que configuram o interior sombreado da floresta.

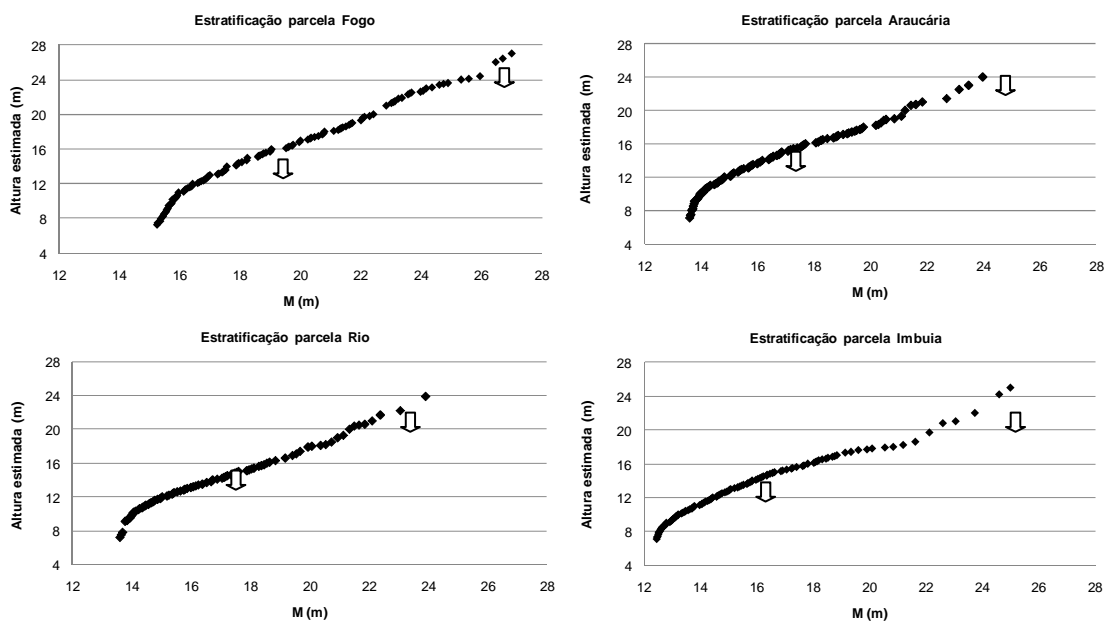


FIGURA 2: Diagrama h-M para determinar os estratos nas quatro parcelas do fragmento de Floresta Ombrófila Mista.

Segundo Moscovitch (2006), quando um fragmento possui três estratos indica uma “estabilização” na estrutura, e, de certa forma sugere a recuperação da área decorrente da intervenção antrópica.

A composição florística dos estratos verticais pôde ser evidenciado, combinando o diagrama h-M com as análises florísticas e fitossociológicas. O primeiro estrato é relativamente aberto com árvores de grandes copas densas, com alturas variando de 20 a 24 metros, na sua maioria pertencentes à espécie *Araucaria angustifolia*. Neste estrato também participam elementos da família Lauraceae, como *Nectandra* sp. e *Ocotea* sp., assim como *Matayba elaeagnoides*. Segundo Negrelle & Silva (1992), resultados semelhantes foram encontrados para a mesma fitocenose em termos de estrato superior da floresta.

No estrato intermediário (entre 10 e 22 m de altura) as principais espécies observadas foram *Campomanesia xanthocarpa*, *Cinnamomum selowianum*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Lithraea brasiliensis*, *Matayba elaeagnoides*, *Capsicodendron dinisii*, *Ilex paraguariensis*, *Nectandra grandiflora*, *Myrsine ferruginea*, *Ocotea puberula*, *Styrax leprosus* e *Prunus selowii*, além de alguns indivíduos de *A. angustifolia*.

Já no estrato inferior (abaixo de 10 m de altura) aparecem exemplares de *Sebastiania brasiliensis*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Cinnamomum vesiculosum*, *Matayba elaeagnoides*, *Eugenia uniflora*, *Myrsine ferruginea* e *Ilex paraguariensis*, entre outras tantas espécies.

No estrato intermediário, onde se está a maior parte das árvores, encontrou-se aproximadamente 90% dos indivíduos. Resultados semelhantes foram encontrados por Moscovich (2006), em estudo com Floresta Ombrófila Mista, utilizando o diagrama h-M, relatando que 91,8% dos indivíduos representavam o segundo estrato, sendo 99,7% das árvores com alturas inferiores a 25 m. Segundo Pizzato (1999), em pesquisa desenvolvida em São João do Triunfo, utilizando-se o diagrama h-M encontra-se a maioria dos indivíduos abaixo dos 23 m. Seger *et al.* (2005), avaliando um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no município de Pinhais-PR, encontraram altura média de 9,78 m para o fragmento estudado.

A estrutura diamétrica mensurada neste fragmento obteve um desvio padrão igual a 13,88, mediana igual a 16,71 cm e um diâmetro médio de 22,30 cm. A maior ocorrência de indivíduos se deu nas duas primeiras classes diamétricas (Figura 3). A classe que obteve maior concentração de amostras foi a classe 1 (10 - 20 cm), totalizando 53,61% de toda a comunidade florestal e em segundo lugar, a classe 2 (20 - 30 cm), com 25,09% de indivíduos representativos. As demais classes totalizaram 21,30% da população tendo seus DAP's variando de 30 a 150 cm. Negrelle & Silva (1992), encontraram aproximadamente 75% dos indivíduos amostrados nas classes de diâmetro inferior a 35 cm, semelhante ao relatado neste trabalho.

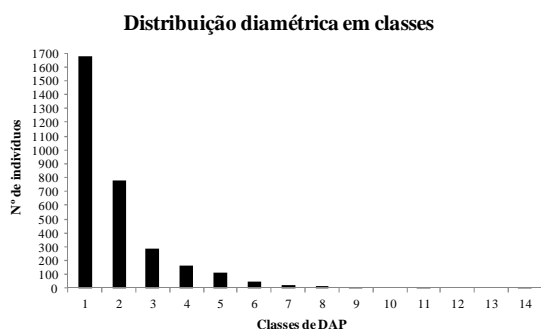


FIGURA 3: Distribuição diamétrica em classes

A distribuição de um maior número de indivíduos por hectare apenas nas duas primeiras classes diamétricas faz com que a curva diamétrica apresente o formato de “J invertido” mais acentuado. Esse padrão de curva com mais de 80% das árvores nas três primeiras classes indica, aparentemente, um balanço positivo entre o recrutamento e a mortalidade dentro da floresta, podendo caracterizar a floresta como auto-regenerativa.

CONCLUSÃO

Em relação à estrutura fitossociológica, as quatro parcelas estudadas possuem pequenas diferenças em termos de espécies com maior IVI, pois em sua maioria as espécies predominantes são *Araucaria angustifolia*, *Nectandra* sp. e *Matayba elaeagnoides*.

Em termos de composição florística, a predominância mais acentuada de uma ou outra espécie em cada parcela contribui para que a mesma seja disseminadora ao longo do tempo. O remanescente possui uma boa riqueza de espécies, podendo estas contribuir para a ampliação da área de preservação ao longo dos anos com a disseminação de sementes e aumento da fauna em função do alimento disponível no local.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Inventário Florestal da UFPR pela colaboração na coleta e no processamento dos dados e ao Programa de Iniciação Científica do CNPq pela concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor, assim como ao pessoal da Estação Experimental da UFPR em São João do Triunfo – PR pelo apoio em campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCE, J. E.; KOEHLER, A.; JASTER, C. B.; SANQUETTA, C. R. Florexel – Funções Florestais desenvolvidas para o Microsoft Excel. Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR, 2002.
- BRAUN-BLANQUET, J.B. Fitosociología: base para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: H. Blume, 1979. 829p.
- BRITEZ, R. M; CASTELLA, P. R; TIEPOLO, G; PIRES, L. A. Estratégias de conservação da Floresta de Araucária para o Estado do Paraná - Diagnóstico da vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 11, 2000, Campo Grande. Anais... Campo Grande, p. 731-737, 2000.
- CANALEZ, G.G.; DALLA CORTE, A.P.; SANQUETTA, C.R.; BERNI, D.M. Dinâmica da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. E *Ilex paraguariensis* St. Hill em duas florestas de Araucária no estado do Paraná, Brasil. **Ambiência**, v. 2, n. 1, p. 9-22, 2006.
- CORDEIRO, J., RODRIGUES, W. A. Caracterização Fitossociológica em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. **Árvore**, v. 31, n.3, p. 545-554, 2007.
- FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA, M. C. J; MARIMON, B. S.; DELITTI, W. B. C. Composição Florística e Fitossociológica do Cerrado sentido restrito no município de Água Boa – MT. **Acta Botanica Brasileira**, v. 16 n.1, p.103-112, 2002.
- HACK, C; LONGHI, S. J.; BOLIGON, A. A; MURARI, A. B.; PAULESKI, D.T. Análise fitossociológica de um fragmento de floresta estacional decidual do município de Jaguarí,RS. **Ciência**

Rural, v.35, n.5, p. 1083-1091, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

ISERNHAGEN, I. **Afitossociologia florestal no Paraná: listagem bibliográfica comentada.** Dissertação Mestrado em Botânica. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

JARENKOW, J.A.; BAPTISTA, L.R.M. Composição florística e estrutura da Mata com Araucária na Estação Ecológica de Aracuri, RS. **Napaea**, n.3, p.9-18, 1987.

KOSERA, C., DITTRICH, V., A., O. SILVA, S. M. Fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, Curitiba, PR, BR. **Floresta**, v. 36, n.2, 2006.

LONGHI, S. J. *et al.* Aspectos fitossociológicos de fragmentos de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74, 2000.

MAGURRAN, A. E. **Diversidad ecológica y su medición.** Barcelona: Vedral, 1989. 200 p.

MOSCOVICH, F.A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 130 p.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.

NEGRELLE, R., R., B.; LEUCHTENBERGER, R. Composição da estrutura do componente arbóreo de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, Ponta Grossa, PR. **Floresta**, v. 31, p. 42-51, 2001.

NEGRELLE, R. A. B.; SILVA, F. C. Fitossociologia de um trecho de floresta com *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no município de Caçador-SC. Embrapa Florestas. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 24/25, p. 37-54, Jan./Dez. 1992.

PÉLLICO NETTO, S.; SANQUETTA, C. R.; BRENA, D. A. A floresta de araucária e transições – SITE 9. In: Os Sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Belo Horizonte, MG, p.167 – 184. 2002.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1995 a 1998.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1999. 172p.

REITZ, R.; KLEIN, R.M. Flora Ilustrada Catarinense: Araucariáceas. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 62 p.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação de monitoramento. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV, 1998. p. 203-215.

SANQUETTA, C. R. Análise da estrutura vertical de florestas através do diagrama h-M. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 55-68, 1995.

SANQUETTA, C.R. Os números atuais da cobertura florestal do Paraná. Em: www.ambientebrasil.com.br, 2004. 6p.

SEGER, C. D.; DLUGOSZ, F. L.; KURASZ, G.; MARTINEZ, D. T.; RONCONI, E.; MELO, L. A. N.; BITTENCOURT, S. M.; BRAND, M. A.; CARNIATTO, I.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V; Levantamento florístico e análise fitossociológica de um remanescente de floresta ombrófila mista localizado no município de Pinhais, Paraná-Brasil. **Floresta**, v. 35, n. 2 , p. 291-302, 2005.

VALERIO, A. F; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R. Análise Florística e estrutural do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila mista em Clevelândia, Sudoeste do Paraná. **Revista Acadêmica**, Ciências Agrárias Ambientais, Curitiba, v.6, n.2, p. 239-248, 2008.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1991. 123 p.

**MODELAGEM DE MACRONUTRIENTES DO POVOAMENTO EM BRACATINGAIS DA
REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA**

**STAND MACRONUTRIENTS WEIGHT MODELLING OF *Mimosa scabrella* IN THE
METROPOLITAN REGION OF CURITIBA**

Andressa Ribeiro¹; Sebastião do Amaral Machado²; Luiza Maria Teóphilo Aparecido³

RESUMO

A quantificação dos nutrientes em ecossistemas florestais é fundamental para verificação da manutenção do fluxo contínuo entre o que é depositado no solo e o que é assimilado novamente pelas plantas, garantindo assim a perpetuidade da produção florestal. O uso da área basal como ferramenta prática na medição dos povoamentos florestais, faz com a modelagem em nível de povoamento seja facilmente aplicável à quantificação de nutrientes. Assim, o presente trabalho teve como objetivo quantificar e modelar o peso de macronutrientes por hectare. Os dados utilizados nesta pesquisa provieram de 261 parcelas temporárias com diferentes idades em povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), localizados na região metropolitana de Curitiba. Foram avaliados 21 modelos matemáticos a fim de selecionar o que proporcionou a melhor estimativa para o peso dos macronutrientes por hectare. A seleção do melhor modelo foi baseada na análise visual dos gráficos de resíduos, no erro padrão da estimativa e no coeficiente de determinação ajustado, ambos em porcentagem. O modelo de Sullivan e Clutter foi escolhido para o potássio e nitrogênio, para o cálcio e fósforo o modelo de Ung e Ouellet e para magnésio outro modelo dos mesmos autores foi selecionado. Os modelos selecionados se mostraram apropriados para estimativa da quantidade de nutrientes por hectare presentes na parte aérea da bracatinga. Em ordem decrescente os valores de macronutrientes encontrados na parte aérea dos bracatingais seguiram a sequência de N > Ca > K > Mg > P.

Palavras-chave: área basal; modelos matemáticos; povoamento florestal.

ABSTRACT

The quantification of nutrients in forest ecosystems is fundamental for the verification of the continuous flow maintenance between what is deposited in the soil and what is re-assimilated by the plants, guarantying the perpetuity of the forest yield. Using basal area as a practical tool in the measurement of forest stands makes modeling easy at stand level to be applied on nutrient quantification. Thus, the present work had as an objective to quantify and fit the weight of macronutrients per hectare. The data used in this research came from 261 temporary plots with different ages in *Mimosa scabrella* Benth. (Bracatinga) stands located in the metropolitan region of Curitiba. 21 mathematical models were evaluated with the purpose of choosing the one that provided the best estimation of the macronutrients weight per hectare. The selection of the model that presented the best fit was based on the visual analyses of the residual graphs, the relative standard error of estimate and the adjusted coefficient of determination, both in percentage. The Sullivan and Clutter model was chosen for the potassium and nitrogen fit, for calcium and phosphorus the Ung and Ouellet model, and for magnesium another model from the same authors was selected. The selected models showed to be appropriate for the estimation of nutrients quantities per hectare found in the aerial parts of the bracatinga. In decrescent order, the macronutrients found in the aerial parts followed the sequence of N > Ca > K > Mg > P.

Keywords: basal area; mathematical models; forest stands.

INTRODUÇÃO

A importância da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) como fonte de matéria prima energética e para a perpetuação das florestas naturais remonta ao início do século 20, quando se desencadeou um esforço para o fomento da espécie como produtora de lenha, estimulando um aumento

¹Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná - Av. Prof. Lothário Meissner, 632, CEP 80210-170, Curitiba, PR. Bolsista do REUNI. andressa.florestal@gmail.com

²Eng. Florestal, PhD, Professor Sênior de Engenharia Florestal/UFPR. Pesquisador 1A do CNPq. Av. Prof. Lothário Meissner, 632, CEP 80210-170, Curitiba, PR. samachado@ufpr.br

³Graduanda de Engenharia Florestal/UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner, 632, CEP 80210-170, Curitiba, PR. luizamaria2000@yahoo.com.br

gradativo da superfície ocupada pelos bracatingais na região metropolitana de Curitiba e demais locais da região Sul do país (PORFÍRIO DA SILVA et al., 2006).

A eficiência do manejo em povoamentos florestais está ligada à ciclagem de nutrientes, para que ocorra um fluxo contínuo entre o que é depositado no solo e o que é assimilado novamente pelas raízes. Schumacher e Caldeira (2001) ressaltaram que para a manutenção da capacidade produtiva de um determinado sítio, a mesma só será mantida em longo prazo, quando as perdas de nutrientes, pela erosão e utilização da biomassa, forem repostas na quantidade exigida. Destacando a importância em se quantificar a biomassa e os nutrientes produzidos pela floresta, para determinação do que é exportado do ambiente quando ocorre a exploração.

Baggio e Carpanezzi (1997) atentaram para o fato de que o sistema de manejo da bracatinga implica na exportação de nutrientes pela lenha, colheita de grãos das culturas agrícolas associadas e queima de resíduos pós-exploração. Além disso, em muitos casos, o número de rotações em um mesmo terreno é elevado e a adubação de reposição não é aplicada, causando decréscimos de produtividade. Todos esses fatores tornam ainda mais importante o conhecimento do conteúdo de nutrientes em diferentes compartimentos da biomassa da bracatinga, com diferentes dimensões, idades e em diferentes sítios.

As técnicas de manejo, como espaçamentos, idade de desbastes, fertilizações e melhoramento genético, são questões indispensáveis e que podem contribuir de forma decisiva na demanda futura do mercado, garantindo a longevidade produtiva das florestas. Assim, é de fundamental importância o conhecimento da quantidade de nutrientes presentes em bracatingais, a fim de verificar se o sistema tradicional de manejo garante a exportação dos nutrientes de forma sustentável. Para tal, a modelagem dos nutrientes por unidade de área, reduz significativamente o número de variáveis a serem coletadas em campo, tendo em vista que a quantificação de nutrientes por árvore individual é desnecessária. Para a modelagem pode-se usar variáveis independentes que caracterizam um povoamento, tais como área basal, altura média, altura dominante, idade, índice de sítio, diâmetro médio, forma, número de árvores e densidade de copas (FIGUEIREDO FILHO, 1983).

A amostragem por pontos, utilizando o princípio de Bitterlich, para estimativa de área basal de povoamentos florestais é um método simples de ser aplicado em campo e baseado em uma teoria bastante sólida, tem sido usado por algumas instituições (COUTO et al., 1993). Diversos autores tais como Sullivan e Clutter (1972), Moscovich et al. (1999) e Nascimento et al. (2004) afirmam que a estimativa da área basal de um povoamento florestal, através do princípio de Bitterlich, é particularmente útil quando se utilizam métodos adequados. Deste modo, o presente trabalho propõe uma abordagem distinta e original para caracterizar a quantidade de macronutrientes presentes em povoamentos de bracatinga, ou seja, estimar a quantidade de nutrientes utilizando modelos por unidade de área, tendo em vista que a maioria dos estudos realizados sobre quantificação de nutrientes é feito para árvores individuais e posteriormente extrapolados para o povoamento.

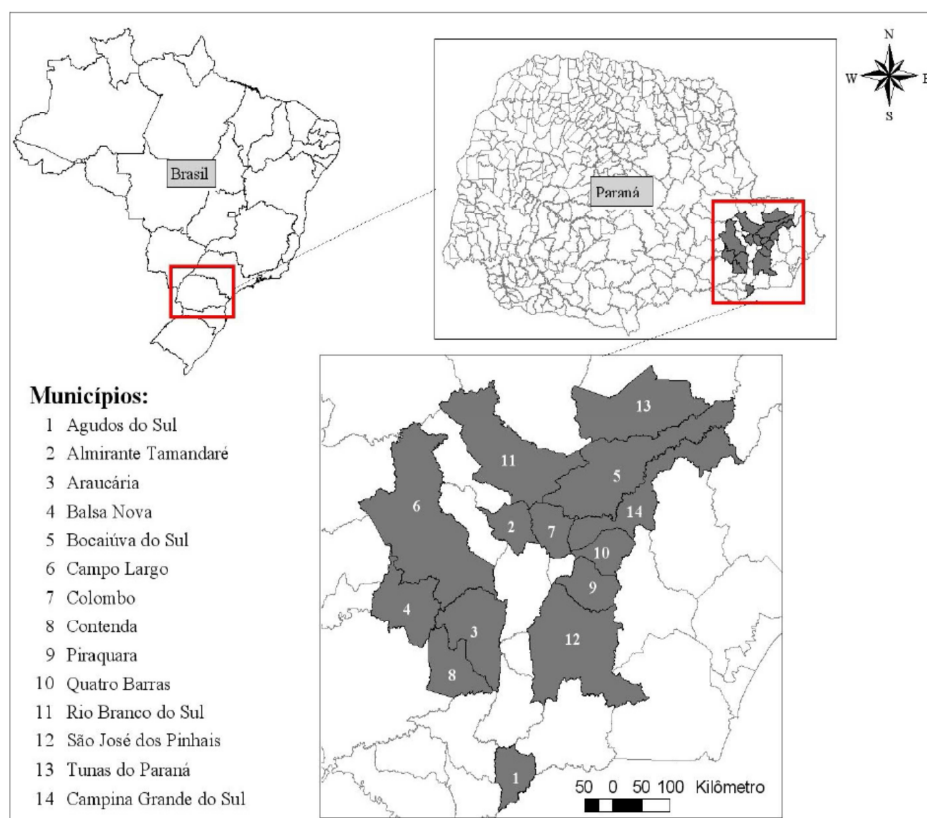
MATERIAL E MÉTODOS

A unidade fitogeográfica onde os dados dos bracatingais foram coletados é caracterizada como sendo transicional entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Mista. O clima dominante da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb com precipitação em todas as estações e com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C. Totalizando 14 municípios dentro da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), abrangendo uma área de influência de 731.850 ha.

Foram utilizadas 261 parcelas temporárias de tamanho variável (96 a 415 m²), com idade variando de 3 a 18 anos, em três diferentes classes de sítio (9, 13 e 17 metros), instaladas em diferentes locais da RMC (Figura 1). Em todas as parcelas foram medidas as circunferências a altura do peito (CAP) e alturas total de todos os indivíduos. Utilizou-se para a medição do CAP das árvores uma fita métrica e para altura total um hipsômetro Blume-Leiss ou uma vara métrica graduada. A idade foi determinada a partir de informações locais, ou na ausência destas, leitura de anéis de crescimento (ANATRO) foram realizadas.

Para proceder aos cálculos da quantidade de nutrientes na parte aérea por árvore, utilizou-se o modelo de Brenac. A equação utilizada foi proveniente do trabalho de Téó (2009), que a partir da cubagem de 25 árvores de bracatinga, quantificou o peso dos nutrientes e posteriormente ajustou diferentes modelos para quantificação dos nutrientes presentes nas árvores. A equação utilizada foi escolhida em função de seu caráter assintótico e possui a seguinte estrutura matemática:

$$\ln(Y) = b_0 + b_1 \cdot \ln(\text{DAP}) + b_2 \cdot \frac{1}{\text{DAP}}$$



Fonte: Aguiar (2006)

FIGURA 1: Região Metropolitana de Curitiba com destaque para os municípios onde foram instaladas as parcelas utilizadas no presente trabalho.

FIGURE 1: Metropolitan region of Curitiba and the municipality in which the plots used in this work were installed

Os valores dos coeficientes das equações ajustadas para cada macronutriente, bem como as estatísticas de precisão do ajuste de cada modelo individual testados estão listados na Tabela 1. Embora os erros padrões da estimativa das equações para os macronutrientes sejam altos, a análise de resíduos não apresentou tendências para nenhum dos elementos analisados.

TABELA 1: Valores dos coeficientes e das estatísticas de ajuste para as equações empregadas na estimativa do peso de nutrientes por árvore individual.

TABLE 1: Coefficients values and fit statistics for the equations used on the estimation of nutrient weight in individual trees.

Nutriente	b_0	b_1	b_2	$R^2_{aj.} (%)$	$S_{yx} (%)$
Ca	10,718	-0,970	-36,004	91,7	17,7
Mg	-2,118	2,124	-2,126	67,9	45,5
N	8,395	-0,084	-26,845	91,2	20,1
P	5,538	-0,293	-27,521	80,3	29,9
K	9,153	-0,486	-32,493	58,3	58,7

As equações da Tabela 1 foram ajustadas para cada macronutriente e aplicadas a cada árvore individual contida dentro de cada uma das 261 parcelas. A soma dos pesos individuais resultou no peso do elemento considerado por parcela de área conhecida, os quais foram extrapolados para o hectare. Esse é um processo similar ao empregado em inventários florestais convencionais com intuito da quantificação do volume por unidade de área. Os valores obtidos em quilograma por hectare foram utilizados como variável independente na nova modelagem em nível de povoamento. Os modelos testados estão listados na Tabela 2.

A melhor equação para a estimativa de cada uma das variáveis dependentes foi selecionada comparando-se a acurácia dos modelos em relação à precisão e dispersão. Os critérios utilizados foram a análise visual dos gráficos de dispersão dos resíduos, o erro padrão da estimativa percentual retransformado no caso de modelos logarítmicos ($S_{yx} (%)$) e o coeficiente de determinação ajustado percentual ($R^2_{aj.} (%)$), os cálculos foram efetuados conforme descrito por Scolforo (2005).

TABELA 2: Modelos em nível de povoamento avaliados no trabalho.

TABLE 2: Models in stand level evaluated in this work.

Modelo	Estrutura Matemática	Autor
1	$Y = b_0 + b_1 G$	Spurr (1952)
2	$Y = b_0 + b_1 G \bar{h}$	Spurr (1952)
3	$Y = b_0 + b_1 G h_{dom}$	Spurr (1952)
4	$Y = b_0 + b_1 G^2 \bar{h}$	Rosot (1989)
5	$Y = b_0 + b_1 G^2 h_{dom}$	Silva (1979)
6	$Y = b_0 + G^{b_1} + \bar{h}^{b_2}$	Ung e Ouellet (1991)
7	$Y = b_0 + G^{b_1} + h_{dom}^{b_2}$	Ung e Ouellet (1991)
8	$Y = b_0 + b_1 \ln(G \bar{h})$	Figueiredo Filho (1983)
9	$Y = b_0 + b_1 \ln(G h_{dom})$	Figueiredo Filho (1983)
10	$Y = b_0 + b_1 \ln(G^2 \bar{h})$	Figueiredo Filho (1983)
11	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(G)$	Spurr (1952)
12	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(G \bar{h})$	Spurr (1952)
13	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(G h_{dom})$	Spurr (1952)
14	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(G^2 \bar{h})$	Figueiredo Filho (1983)
15	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(G^2 h_{dom})$	Spurr (1952)
16	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(G \bar{h}) + b_2 \ln(G h_{dom})$	Aguiar (2006)
17	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(G N)$	Rosot (1989)
18	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(G^2 N)$	Scolforo (1997)
19	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(\bar{d}^2 \bar{h})$	Rosot (1989)
20	$\ln Y = b_0 + b_1 \ln(N \bar{d})$	Scolforo (1997)
21	$\ln Y = b_0 + b_1 S + b_2 T^L + b_3 \ln(G)$	Sullivan e Clutter (1972)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas das 261 parcelas utilizadas nos ajustes dos modelos estão listadas na Tabela 3.

TABELA 3: Estatísticas descritivas para as principais variáveis independentes analisadas.

TABLE 3: Descriptive statistics for the main independent variables analyzed.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância	CV (%)
DAP (cm)	3,67	23,45	10,77	3,87	15,00	35,96
H (m)	6,91	20,08	12,42	2,65	7,01	21,32
G (m ² .ha ⁻¹)	2,04	56,01	12,87	6,07	36,90	47,21
Hdom (m)	6,00	21,33	13,80	2,85	8,13	20,67
N (ind.ha ⁻¹)	67	12.439	1.967	1.919	3.681.462	97,55
Idade (anos)	3,00	18,00	8,92	3,69	13,65	41,43

Percebe-se que a maior variação se encontra no número de indivíduos e na área basal, tal fato é explicado pela variabilidade na idade das parcelas e a grande influência dessa variável no ciclo de vida do bracatingal; sendo uma espécie pioneira e heliófila a tendência é diminuir o número de indivíduos e consequentemente a área basal a medida que o povoamento envelhece. Aguiar (2006) ao estudar uma base de dados semelhante ao do presente trabalho, também encontrou grandes variações nas mesmas variáveis apontadas, sendo tal fato consequente da grande discrepância nas densidades iniciais que ocorreram nas diversas parcelas que compõe a base de dados.

Os valores das estatísticas de precisão e ajuste dos modelos avaliados estão listados na Tabela 4. A escolha do melhor modelo deve ser baseada no valor mais alto do coeficiente de determinação (R²_{aj}) e baixo valor do erro padrão da estimativa (S_{yx}), além da imprescindível análise conjunta do gráfico de dispersão dos resíduos.

TABELA 4: Estatísticas de ajuste e precisão em porcentagem para os modelos ajustados por macronutriente.

TABLE 4: Fit statistics and precision in percentage for the fitted models in each macronutrient.

Modelo	Macronutrientes									
	Ca		Mg		N		P		K	
	S_{yx}	R^2_{aj}	S_{yx}	R^2_{aj}	S_{yx}	R^2_{aj}	S_{yx}	R^2_{aj}	S_{yx}	R^2_{aj}
1	18,29	87,26	20,59	81,94	16,84	89,14	15,33	90,60	19,38	86,27
2	23,33	79,27	3,81	99,38	20,39	84,07	21,00	82,11	21,06	83,79
3	23,96	78,13	6,64	98,12	21,44	82,40	22,53	79,71	22,38	81,70
4	25,41	75,41	23,29	76,91	22,74	80,20	23,79	77,38	23,80	79,31
5	25,45	75,34	23,36	76,76	22,95	82,65	23,77	77,42	24,10	78,78
6	17,33	88,56	3,63	99,44	15,09	91,28	14,48	91,62	17,37	88,97
7	18,32	87,21	6,60	98,14	16,29	89,84	15,14	90,84	18,74	87,17
8	64,81	30,39	19,32	84,12	29,22	67,30	29,24	65,82	30,19	66,72
9	31,25	62,80	20,00	82,97	30,21	65,04	29,94	64,16	31,35	64,09
10	27,70	70,77	21,30	80,68	26,93	72,22	26,05	72,87	28,47	70,39
11	18,47	87,01	20,58	81,98	17,31	88,52	15,47	90,44	20,00	85,39
12	23,69	78,62	3,83	99,38	21,03	83,06	22,50	79,76	20,87	84,31
13	24,60	77,45	6,65	98,12	22,39	80,79	22,26	79,91	23,36	80,07
14	17,73	88,02	10,48	95,32	15,10	91,27	15,53	90,36	16,89	89,58
15	19,14	86,05	11,52	94,35	16,72	89,29	16,68	88,88	18,62	87,34
16	23,74	78,54	2,67	99,70	14,95	91,44	15,52	90,37	21,86	82,55
17	42,29	31,90	42,44	23,34	42,81	29,81	40,13	35,62	44,97	26,14
18	36,82	48,37	37,89	38,87	37,45	46,28	34,39	52,73	39,89	41,88
19	51,35	0,00	47,46	16,54	51,08	0,00	50,44	0,00	52,14	0,00
20	41,97	32,90	42,38	23,53	42,56	30,62	39,81	36,67	44,75	26,88
21	17,70	88,07	11,18	94,68	14,79	91,62	14,64	91,43	17,05	89,39

O modelo 19 não apresentou significância estatística no valor de p para o coeficiente angular, apenas o coeficiente de interseção foi significativo a 95% de probabilidade. Em todos os nutrientes, com exceção do magnésio, os valores do coeficiente de determinação (R^2) foram zerados para o modelo 19. Silva et al. (2008) ao estudarem os cuidados que se deve ter ao empregar o R^2 como estatística de precisão, afirmaram que o coeficiente de determinação pode ser igual a zero ou até mesmo negativo caso o intercepto do modelo gerado pelo método dos mínimos quadrados não seja significativo, acarretando num modelo mal especificado.

O modelo de pior desempenho na maioria dos ajustes foi o modelo 17, o qual envolveu a variável dependente número de indivíduos por hectare (N), devido a baixa correlação dessa variável com a quantidade de nutrientes presentes na parte área da bracinga, o modelo resultante foi insatisfatório para estimativa dos nutrientes. Os modelos 6 e 21 aparecem para todos os macronutrientes avaliados entre os três primeiros modelos de melhor desempenho, mostrando o potencial de uso da variável área basal, sendo esta variável altamente relacionada com a quantidade de nutrientes presente na parte aérea da bracinga.

Os coeficientes das equações selecionadas estão listados na Tabela 5, onde juntamente com a análise gráfica da dispersão dos resíduos e estatísticas de precisão do ajuste os modelos foram selecionados. Apenas dois gráficos de resíduos para cada nutriente serão ilustrados, sendo um de distribuição mais homogênea, ou seja, o modelo selecionado, contra um de distribuição mais heterogênea. Os gráficos de resíduos foram plotados conforme Montgomery e Peck (1992) que sugerem a utilização dos valores estimados contra os resíduos, devido ao fato desses não possuírem correlação com os resíduos, ao contrário dos valores observados que são usualmente correlacionados. Alguns modelos tiveram semelhança nos resultados e para critério de desempate o valor da soma de quadrado dos resíduos foi utilizado (DRAPER e SMITH, 1968).

TABELA 5: Coeficientes das equações selecionadas para estimativa da quantidade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de nutriente presente na parte aérea de bracatingais.TABLE 5: Coefficients of the selected equations for the estimation of the quantity ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) of the nutrients in the aerial parts of the bracatinga

Nutriente	Modelo	b_0	b_1	b_2	b_3
Ca	6	1,6920000	0,9974500	0,3778600	-
Mg	16	-2,1191084	0,7172881	0,2827757	-
N	21	3,4226313	0,0036694 ^{ns}	-2,0410651	1,050212
P	6	-0,8382100	0,9962600	0,2948700	-
K	21	2,6836992	0,0056629 ^{ns}	-2,4827299	1,060316

^{ns} não significativo a 95% de probabilidade.

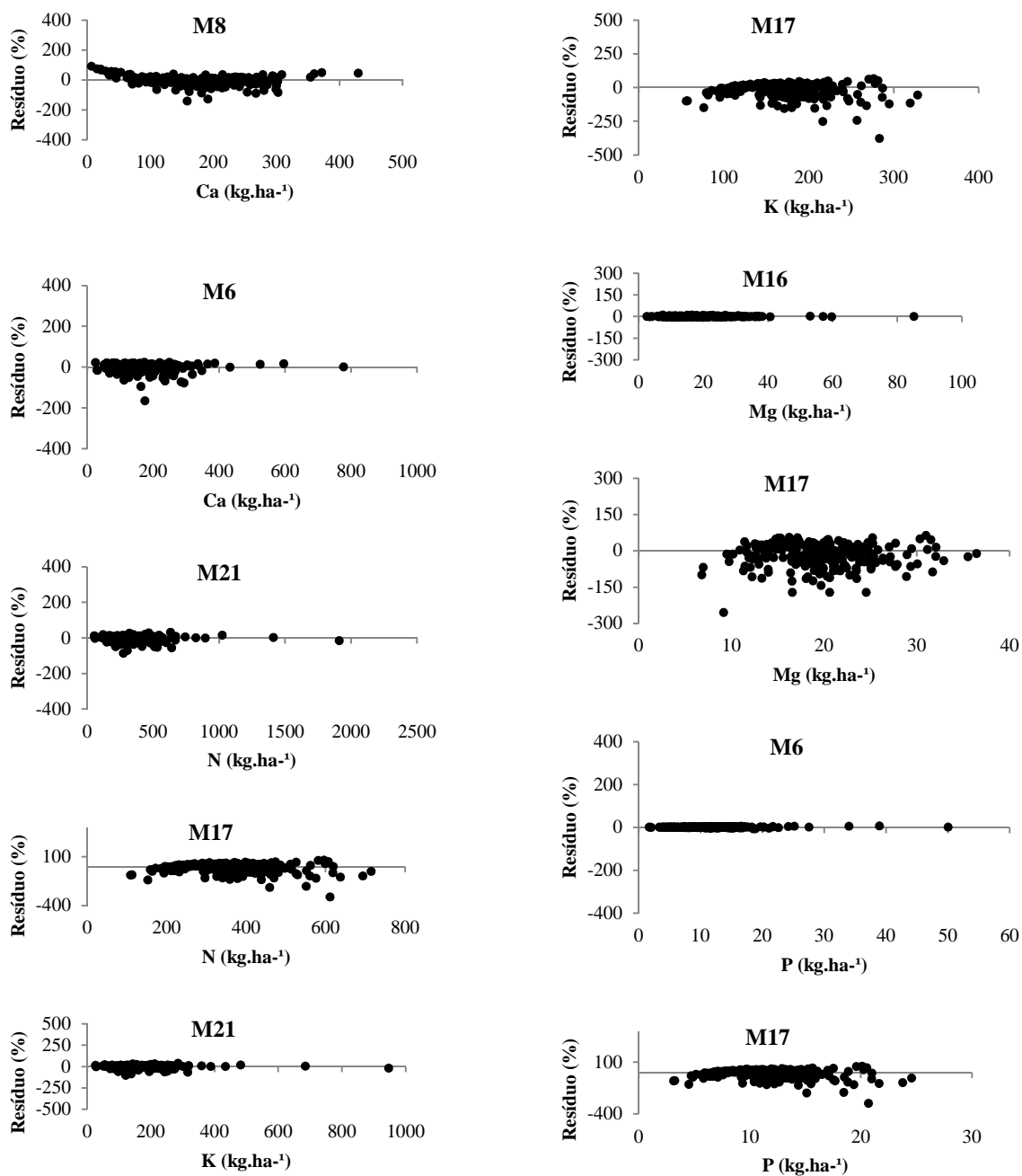


FIGURA 2: Gráficos de dispersão dos resíduos dos modelos ajustados para estimativa de macronutrientes.

FIGURE 2: Residual dispersion graphs of the fitted models for estimating macronutrients.

Machado et al. (2008) desenvolveram equações para estimar o volume por unidade de área para bracingais da região metropolitana de Curitiba e, para isto, testaram diversos modelos de natureza aritmética, semi-logarítmica e logarítmica obtidos na literatura. Os resultados revelaram uma alta correlação das variáveis combinadas G.H e G.Hdom com o volume total de lenha nas formas aritmética e logarítmica, com destaque para as variáveis na forma pura, que apresentaram os melhores resultados. Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho, onde os modelos que propiciaram melhores ajustes foram aqueles que tinham como variáveis independentes a área basal combinada com altura média ou dominante.

A quantidade média produzida de nutrientes nos bracingais estudados foi de 178,03 kg.ha⁻¹ de cálcio, 171,6 kg.ha⁻¹ de potássio, 360,2 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, 11,48 kg.ha⁻¹ de fósforo e 19,56 kg.ha⁻¹ de magnésio. Esses resultados foram inferiores, porém com mesma tendência, aos encontrados por Baggio e Carpanezi (1997) ao estudarem a exportação dos nutrientes na exploração de bracingais. Esses autores encontraram valores quantitativos de macronutrientes na biomassa aérea total em kg.ha⁻¹ para: N=484; P=13; K=269; Ca=129 e Mg=50. Essa diferença nos valores pode ser explicada pela base de dados distinta do presente estudo, que possui dados de 261 parcelas instaladas em diferentes regiões.

Somarriba e Kass (2001) ao estudarem o fluxo de nutrientes em bracingais com seis anos de idade na região sul do Brasil em áreas de pouso, encontraram valores totais em kg.ha⁻¹ de 356 para N; 10 para P; 167 para K; 81 para Ca e 26 para Mg, quantificando apenas a parte aérea das árvores. Para uma melhor visualização dos teores de macronutrientes presentes nos bracingais, os dados foram agrupados em cinco classes de idade com amplitude de 3 anos (idade mínima igual a 3 anos e máxima de 18 anos). Os valores médios de cada nutriente nas diferentes classes de idade estão ilustrados na Figura 3.

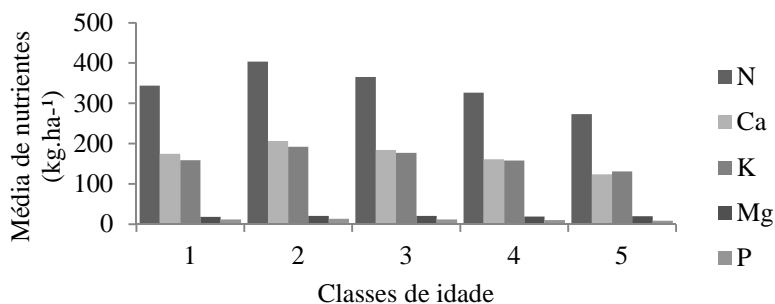


FIGURA 3: Gráfico do teor de nutrientes presentes em povoamentos de bracinga nas diferentes classes de idade.

FIGURE 3: Graph of the nutrient grade found in bracinga stands in different age classes.

Analisando a Figura 3, nota-se que na maioria dos nutrientes há uma redução gradativa na quantidade dos mesmos em função das classes de idade, com exceção da primeira para segunda classe que ocorre em todos os nutrientes um aumento na quantidade de nutrientes. Esse aumento de valores é explicado pelo acréscimo nos valores de diâmetro das árvores acarretando num aumento no valor de área basal e altura. Já a redução gradativa da quantidade média de nutrientes nas diferentes classes de idade é explicada pela mortalidade acentuada das árvores de bracinga ao longo dos anos, onde a espécie em idades avançadas tende a senescência e conseqüentemente a diminuição nos valores de nutrientes.

CONCLUSÕES

Os modelos ao nível de povoamento são eficazes para modelagem do teor de nutrientes na parte aérea de bracingais.

A variável área basal foi utilizada em todos modelos selecionados, elucidando o potencial da relascopia e conseqüentemente a diminuição da morosidade na coleta de dados em campo para futura modelagem.

Em ordem decrescente os valores de macronutrientes encontrados na parte aérea dos bracingais seguiram a seqüência de N > Ca > K > Mg > P.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L. P. **Modelagem do Volume do Povoamento da *Mimosa scabrella* Benth em Bracingais Nativos da Região Metropolitana de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 106 f.

BAGGIO, A. J. e CARPANEZZI, A. A. Exportação de nutrientes na exploração de bracingais. **Boletim**

de Pesquisa Florestal, Colombo, n.34, p.3-15, jan./jun. 1997.

COUTO, H. T. Z. do; BASTOS, N. L. M.; LACERDA, J. S. de. A amostragem por pontos na estimativa de área basal em povoamentos de *Eucalyptus*. **IPEF**, n. 46, p. 86-95. 1993.

DRAPER, N. R. e SMITH, H. **Applied regression analysis**. 1. ed. New York: John Wiley & Sons, 1968. 407p.

IGUEIREDO FILHO, A. **Estudos de Modelos Matemáticos para Estimar o Volume por Unidade de Área em uma Floresta Tropical Úmida na Amazônia Brasileira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983. 150f.

MACHADO S. A.; AGUIAR, L. P.; FIGUEIREDO FILHO, A.; KOEHLER, H. S. Modelagem do Volume do Povoamento para *Mimosa scabrella* Benth. na Região Metropolitana de Curitiba. **Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 465-478, 2008.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1992. 527p.

MOSCOVICH, F. A.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Comparação de diferentes métodos de amostragem de área fixa e variável, em um floresta de *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, v.9, n. 1, p. 173-191. 1999.

NASCIMENTO, A. R. T.; SCARIOT, A.; SILVA, J. A. da; SEVILHA, A. C. Estimativas de área basal e uso do relascópio de Bitterlich em amostragem de Floresta Estacional Decidual. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 169-176. 2004.

PORFÍRIO DA SILVA, V.; MAZUCHOWSKI, J. Z.; PINTO, A. F.; MINIOLLI NETTO, J.; BECKER, J. C. Memórias da oficina sobre bracatinga no Vale do Ribeira (2004; Curitiba, PR). Dados eletrônicos, Colombo: **Embrapa Florestas**, 2006. 107f.

ROSOT, M. A. D. **Estudo Comparativo de Métodos para a Avaliação Volumétrica por Unidade de Área em um Povoamento de Pinus taeda L.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989. 163 f.

SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes como base da produção sustentada em ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS NATURAIS DO MERCOSUL: O AMBIENTE DA FLORESTA, 1. 1996. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM-CEPEF, 1996. p.65-77.

SCOLFORO, J. R. S. Biometria florestal 2: técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira. Lavras: UFLA/FAEPE, 292p. 1997.

SOMARRIBA, E. e KASS, D. Estimates of above-ground biomass and nutrient accumulation in *Mimosa scabrella* fallows in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 51, n. 2, p. 77-84, 2001.

SILVA, J. A. **Estimativa do Volume por Hectare e sua Composição em Povoamentos de Eucalyptus spp nos Cerrados em Minas Gerais e Mato Grosso do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1979. 85 f.

SILVA, G. F. da; LEITE, V. R.; CURTO, R. de ANGELI.; MORA, R.; MARTINS, L. T.; SANTOS, E. M. dos; SOARES, C. P. B. Cuidados com o uso do coeficiente de determinação na análise do ajuste de modelos volumétricos. In: **Simpósio Latino Americano sobre Manejo Florestal**, 4, 2008, Santa Maria, RS. **Anais...**

SOUZA, R. F. de. **Modelagem da biomassa aérea e do carbono do povoamento de Mimosa scabrella Benth em bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba**. . Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. 123 f.

SULLIVAN, A. D. e CLUTTER, J. L. A simultaneous growth and yield model for loblolly pine. **Forest Science**, v.18, p. 76-86. 1972.

SPURR, S. H. **Forest Inventory**. New York, The Ronald Press Company. 1952. 476 p.

TÉO, S. J. **Quantificação e Modelagem do Conteúdo de Nutrientes na Biomassa Aérea de Bracatinga (Mimosa scabrella Bentham)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. 156 f.

UNG, C. H. e OUELLET, D. Stand Volume Tables: Application to Black Spruce Stands of Lebel-sur-Quévillon. **Forestry Chronicle**. v. 67, n.6. p. 712-715. 1991.

**FITOSSOCIOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM UMA
ÁREA NO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DE SUAPE, CABO DE SANTO
AGOSTINHO - PE**

**PHYTOSOCIOLOGICAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF TREE SPECIES IN AN AREA
LOCATED IN THE PORT INDUSTRIAL COMPLEX SUAPE, CABO DE SANTO AGOSTINHO,
PERNAMBUCO, BRAZIL.**

Carlos Frederico Lins e Silva Brandão¹; Arlindo de Paula Machado Neto²; Paulo Fernando Rodrigues
Candido³; Mayara Dalla Lana⁴; David Fagner de Souza e Lira⁵; Francisco Tarcísio Alves Junior⁶

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo realizar um estudo fitossociológico e a distribuição espacial das espécies arbóreas em uma área localizada no Complexo Industrial Portuário de Suape, localizado no município de Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco. O método utilizado foi de parcelas aleatórias. Foram localizadas 18 parcelas de 10 x 10, totalizando uma área de 1800 m². Dentro das parcelas todos os indivíduos arbóreos com CAP ≥ 15 cm foram medidos e identificados. Além dos parâmetros fitossociológicos foi utilizado o índice de Agregação de McGuinnes onde as espécies podem possuir distribuição uniforme, aleatória, com tendência ao agrupamento e distribuição agregada. Foram amostrados no presente estudo 373 indivíduos, tendo uma densidade estimada em 2072 ind./ha., com área basal de 22,30 m².ha⁻¹. No geral foram identificadas 52 espécies distribuídas em 25 famílias. Desse total, quatro espécies não foram identificadas, outras quatro em nível de família e duas espécies em nível de gênero. O índice de diversidade de Shannon-Wiener, na área estudada, foi de 3,38 nats/indivíduos. Esse valor, apesar de ser um pouco abaixo, se encontra nos padrões de diversidade descritos em outros trabalhos realizados na Floresta Atlântica de Pernambuco. O padrão de distribuição espacial das espécies nas parcelas apresentou quatro espécies com tendência ao agrupamento e 48 espécies com distribuição uniforme na área, esse comportamento observado não colabora com estudos feitos em florestas tropicais onde as espécies surgem agrupadas ou com tendência ao agrupamento.

Palavras-chave: distribuição espacial; fitossociologia.

ABSTRACT

This present study was the objective a phytosociological study and spatial distribution of tree species in an area located in the Port Industrial Complex Suape, located in the municipality of Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco. The method used was random plots. Were located 18 plots of 10 x 10, totaling an area of 1800 m². Within plots all trees with CAP ≥ 15 cm were measured and identified. In addition to the phytosociological parameters was used the rate of aggregation McGuinnes where the species may have uniform distribution, random with a tendency to cluster and aggregate distribution. We sampled 373 individuals in the present study, with an estimated density in 2072 ind. / ha. With a basal area of 22.30 m² / ha-1. Overall identified 52 species in 25 families. Of this total, four species were not identified, other family level in four and two species in the genus level. The Shannon-Wiener index, in the study area was 3.38 nats/individuals. This value, despite being a little below, lies in the diversity patterns described in other studies conducted in the Atlantic Forest of Pernambuco State, Brazil. The pattern of spatial distribution of species in plots with four species showed a tendency to cluster and 48 species with uniform distribution in the area, the observed behavior does not contribute to studies in tropical forests where species appear grouped or with a tendency to grouping.

Keywords: Phytosociological; spatial distribution.

¹ Biólogo, Mestre e Doutorando em Ciências Florestais pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife (PE). Bolsista CAPES. cflsbrandao@hotmail.com

² Engenheiro Florestal, Mestrando em Ciências Florestais (UFRPE). Bolsista CAPES. arlindo_rangel@hotmail.com

³ Graduando em Engenharia Florestal (UFRPE), Bolsista PIBIC/CNPq/UFRPE. paulo_play_fernando@yahoo.com.br

⁴ Engenheira Florestal, Mestranda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná. Bolsista CAPES. mayaradallalana@hotmail.com

⁵ Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais (UFRPE). Bolsista Cooperação Técnica/FACEPE. davidlira17@hotmail.com

⁶ Engenheiro de Produção, Dr., Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, UFRPE, Bolsista PNPd/CAPES/FACEPE. tarcisioalvesjr@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Para a caracterização da vegetação arbórea de uma determinada área, é necessário reconhecer as espécies presentes no local e fazer uma avaliação da floresta, com o objetivo de verificar seu desenvolvimento. De acordo com Borém e Ramos (2001), o conhecimento da composição florística e da estrutura fitossociológica das espécies tem muito a contribuir para a conservação, recuperação e o manejo desses ecossistemas.

A análise fitossociológica permite determinar parâmetros como densidade, dominância, frequência e os índices de valores de importância de cada espécie na floresta, estabelecendo, de acordo com Marangon et al. (2003), uma base para a compreensão da dinâmica das espécies arbóreas, por isso, esses estudos se tornam imprescindíveis, porque envolve o conhecimento das interações entre as espécies vegetais dentro de uma dada comunidade vegetal, normalmente em comunidades arbóreas. Tais estudos se referem ao conhecimento quantitativo da composição, estrutura, funcionamento, dinâmica, distribuição e relações ambientais da comunidade vegetal.

Para realização de projetos de recuperação ou recomposição florestal, levantamentos florísticos e fitossociológicos são importantes para descrever o comportamento das espécies mediante as condições de seu habitat e verificar quais espécies estão mais adaptadas, diminuindo assim possíveis perdas e custos na hora do plantio.

O Objetivo desse trabalho foi de realizar um estudo fitossociológico e a distribuição espacial das espécies arbóreas em uma área localizada no Complexo Industrial Portuário de Suape, localizado no município de Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A presente área possui cerca de 38,74 ha e localiza-se as margens da rodovia PE-28 após a entrada do Tronco Distribuidor Rodoviário Norte de Suape (TDR-Norte), a cerca de 10 km da praia de Gaibu. Esta área está inserida na Zona Industrial 3 (ZI-3) do complexo industrial Portuário de Suape, localizado entre os municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca. Esta área apresenta uma vegetação pertencente à Floresta Atlântica, com alguns locais sob forte degradação.

O clima da Zona da Mata Sul de Pernambuco, compreendida entre o sul do Recife e o limite entre Pernambuco e Alagoas, está classificado com As', conforme classificação de Köppen, com chuvas frontológicas e orográficas, sendo alimentadas por descargas da Frente Polar Atlântica – FPA. A precipitação média anual varia em cerca de 2.000 mm e temperaturas entre 23 e 28° C.

Levantamento Fitossociológico

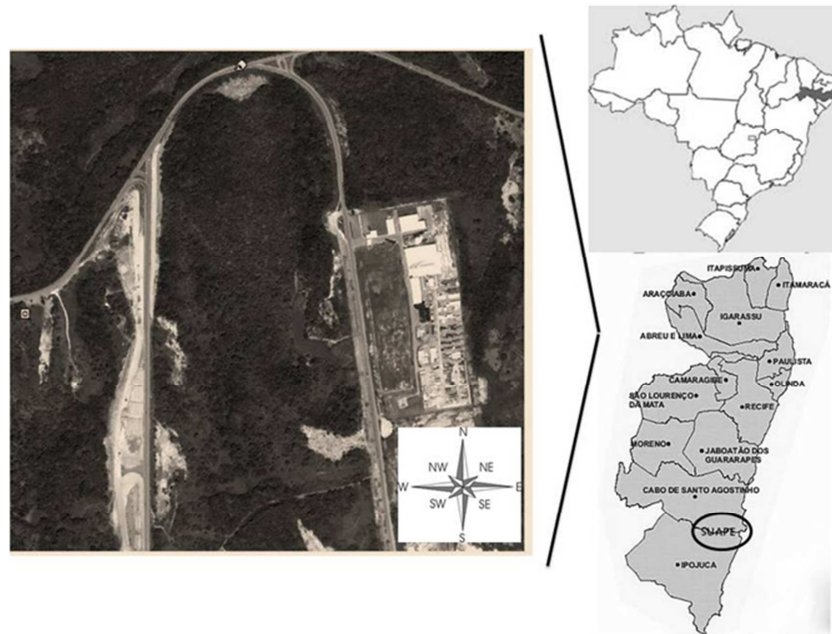
Para o levantamento fitossociológico foi utilizado o método de parcelas. Foram inseridas 18 parcelas de 10 x 10 m (100 m²), de forma aleatória, totalizando uma área de 1800 m², para obter uma melhor caracterização da área analisada. As parcelas eram demarcadas com a utilização de uma trena e marcadas com uso de spray (Figura 1).

Na parcela todos os indivíduos arbóreos com circunferência na altura do peito (CAP) maior ou igual a 15 cm foram medidos em circunferência e suas altura, através de uma tesura de alta poda com 4 módulos de 2 metros cada. Os indivíduos foram identificados por nome científico através de suas características botânicas e dendrológicas. As espécies que não puderam ser identificados foram anotadas na análise fitossociológica como indeterminadas.

Para análise dos dados foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade, frequência e dominância absoluta e relativa e o valor de importância. Além dos parâmetros fitossociológicos também foram calculados o Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H') e Índice de uniformidade de Pielou (E). Para analisar os dados foi utilizado o programa Excel for Windows 2007.

Distribuição espacial

O padrão de distribuição espacial foi utilizado para apresentar a distribuição das espécies na área em estudo, em termos de frequência de ocorrência dentro das unidades amostrais coletadas (JANKAUSKIS, 1990). Para verificar o padrão de distribuição espacial das espécies na área utilizou-se o Índice de Agregação de MacGuinness - IGA (MCGUINNES, 1934). A classificação do padrão obedece à seguinte escala: IGA_i < 1: distribuição uniforme; IGA_i = 1: distribuição aleatória; 1 < IGA_i <= 2: tendência ao agrupamento; IGA_i > 2: distribuição agregada.



Fonte: Google earth (2011).

FIGURA 1: Área localizada na Zona Industrial 3 do Complexo Industrial Portuário de Suape, Cabo de Santa Agostinho – Pernambuco.

FIGURE1: Area located in the Industrial Area 3 Industrial Complex Suape Port, Cape St. Augustine- Pernambuco.

RESULTADOS

Análise fitossociológica

A análise realizada nas 18 parcelas (1.800 m²), representada pelos parâmetros fitossociológicos, é apresentada na Tabela 2, a qual mostra a relação das espécies em ordem decrescente de valor de importância (VI) e seus respectivos parâmetros.

TABELA 2: Parâmetros fitossociológicos amostrados em uma área localizada na Zona Industrial 3 do Complexo Industrial Portuário de Suape, Cabo de Santa Agostinho – Pernambuco. Onde: DE- distribuição espacial (UNI – uniforme; TDA – tendência a agrupamento); NI – número de indivíduos; DA – densidade absoluta, DR – densidade relativa; FA – frequência absoluta, FR – frequência relativa, DoR – dominância relativa e VI – valor de importância.

TABELA2: phytosociological parameters sampled in an area located in the Industrial Area 3 Industrial Complex Suape Port, Cape St. Augustine- Pernambuco. Where: DE- space distribution (UNI- uniform; TDA- the tendency to cluster) NI - number of individuals; DA - absolute density, DR - relative density; AF- absolute frequency, RR - relative frequency, pain - relative dominance and VI- importance value.

Espécies	DE	NI	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
<i>Tapirira guianensis</i>	UNI	68	377,78	18,23	17	8,54	5,07	22,74	49,51
<i>Eschweilera ovata</i>	UNI	27	150	7,24	10	5,03	1,37	6,13	18,40
<i>Miconia prasina</i>	UNI	21	116,67	5,63	10	5,03	0,61	2,74	13,40
<i>Byrsonima sericea</i>	UNI	16	88,89	4,29	10	5,03	0,74	3,31	12,62
<i>Miconia minutiflora</i>	UNI	18	100	4,83	9	4,52	0,35	1,55	10,90
<i>Andira nítida</i>	UNI	11	61,11	2,95	7	3,52	0,91	4,09	10,56
<i>Cupania racemosa</i>	UNI	15	83,33	4,02	8	4,02	0,40	1,78	9,82
<i>Schefflera morototoni</i>	UNI	11	61,11	2,95	8	4,02	0,61	2,73	9,69
<i>Acrocomia intumescens</i>	UNI	5	27,78	1,34	2	1,01	1,63	7,29	9,64
<i>Artocarpus integrifolia</i>	UNI	2	11,11	0,54	1	0,50	1,83	8,19	9,23
<i>Thyrsodium spruceanum</i>	UNI	11	61,11	2,95	5	2,51	0,83	3,70	9,16
<i>Simarouba amara</i>	UNI	7	38,89	1,88	7	3,52	0,79	3,56	8,96
<i>Protium heptaphyllum</i>	UNI	11	61,11	2,95	5	2,51	0,58	2,62	8,08
<i>Clusia nemorosa</i>	TDA	14	77,78	3,75	5	2,51	0,39	1,75	8,01
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>	UNI	5	27,78	1,34	3	1,51	1,00	4,49	7,34
<i>Brosimum rubescens</i>	UNI	10	55,56	2,68	5	2,51	0,46	2,05	7,24

<i>Casearia javitensis</i>	UNI	8	44,44	2,14	7	3,52	0,20	0,89	6,55
<i>Myrcia sylvatica</i>	TDA	12	66,67	3,22	4	2,01	0,21	0,96	6,18
<i>Xylopia frutescens</i>	TDA	11	61,11	2,95	3	2	0,18	0,79	5,24
<i>Maprounea guianensis</i>	UNI	5	27,78	1,34	5	2,51	0,27	1,23	5,08
<i>Pouteria SP</i>	UNI	6	33,33	1,61	4	2,01	0,19	0,84	4,45
<i>Miconia SP</i>	UNI	3	16,67	0,80	3	1,51	0,42	1,87	4,18
<i>Himatanthus phagedaenicus</i>	UNI	4	22,22	1,07	4	2,01	0,19	0,86	3,94
<i>Maytenus disticophyla</i>	UNI	5	27,78	1,34	4	2,01	0,13	0,57	3,92
<i>Cupania oblongifolia</i>	UNI	4	22,22	1,07	3	1,51	0,27	1,21	3,79
<i>Henrietta succosa</i>	UNI	5	27,78	1,34	3	1,51	0,14	0,63	3,48
<i>Sclerobium densiflorum</i>	UNI	3	16,67	0,80	3	1,51	0,24	1,10	3,41
<i>Indeterminada 4</i>	UNI	4	22,22	1,07	3	1,51	0,13	0,58	3,16
<i>Protium aracouchini</i>	UNI	3	16,67	0,80	3	1,51	0,14	0,65	2,96
<i>Parkia pendula</i>	TDA	3	16,67	0,80	1	0,50	0,35	1,55	2,86
<i>Brosimum discolor</i>	UNI	3	16,67	0,80	3	1,51	0,10	0,43	2,74
<i>Casearia sp</i>	UNI	3	16,67	0,80	3	1,51	0,09	0,38	2,70
<i>Vismia guianensis</i>	UNI	3	16,67	0,80	3	1,51	0,05	0,25	2,56
<i>Guatteria pogonopus</i>	UNI	4	22,22	1,07	2	1,01	0,10	0,47	2,55
<i>Indeterminada 1</i>	UNI	2	11,11	0,54	2	1,01	0,22	0,99	2,53
<i>Inga thibaudiana</i>	UNI	4	22,22	1,07	2	1,01	0,08	0,34	2,42
<i>Indeterminada 2</i>	UNI	2	11,11	0,54	2	1,01	0,15	0,66	2,21
<i>Virola gardneri</i>	UNI	3	16,67	0,80	2	1,01	0,07	0,30	2,11
<i>Syzygium Jambolanum</i>	UNI	2	11,11	0,54	2	1,01	0,12	0,55	2,09
<i>Gustavia augusta</i>	UNI	2	11,11	0,54	1	0,50	0,19	0,86	1,90
<i>indeterminada 3</i>	UNI	2	11,11	0,54	2	1,01	0,05	0,22	1,76
<i>Miconia albicans</i>	UNI	2	11,11	0,54	2	1,01	0,03	0,14	1,68
<i>Myrtaceae</i>	UNI	2	11,11	0,54	2	1,01	0,02	0,11	1,65
<i>Erytroxylum squamantum</i>	UNI	2	11,11	0,54	1	0,50	0,11	0,50	1,54
<i>Ocotea gardnerii</i>	UNI	2	11,11	0,54	1	0,50	0,06	0,28	1,32
<i>Guapira opposita</i>	UNI	1	5,56	0,27	1	0,50	0,09	0,38	1,15
<i>Lauraceae 1</i>	UNI	1	5,56	0,27	1	0,50	0,04	0,18	0,96
<i>Bowdichia virgilioides</i>	UNI	1	5,56	0,27	1	0,50	0,03	0,14	0,91
<i>Myrtaceae 2</i>	UNI	1	5,56	0,27	1	0,50	0,03	0,12	0,89
<i>Ocotea limae</i>	UNI	1	5,56	0,27	1	0,50	0,02	0,10	0,87
<i>Annonaceae 1</i>	UNI	1	5,56	0,27	1	0,50	0,02	0,10	0,87
<i>Soroceae hilarii</i>	UNI	1	5,56	0,27	1	0,50	0,01	0,06	0,83
Total geral		373	2072	100	199	100	22,30	100	300

Foram amostrados no presente estudo 373 indivíduos, tendo uma densidade estimada em 2072 ind./ha., gerando uma área basal de 22,30 m²/ha-1. No geral foram identificadas 52 espécies distribuídas em 25 famílias. Desse total, quatro espécies não foram identificadas, outras quatro em nível de família e duas espécies em nível de gênero.

Em relação ao número de indivíduos encontrados, as famílias mais representativas no levantamento estão representadas na figura 3. Se analisarmos as cinco primeiras famílias observa-se que, em número de indivíduos, elas possuem mais de 50% dos indivíduos amostrados.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener, na área estudada, foi de 3,38 nats/indivíduos. Esse valor, apesar de ser um pouco abaixo, se encontra nos padrões de diversidade descritos em outros trabalhos realizados na Floresta Atlântica de Pernambuco, como o de Brandão et al., (2009), Silva Junior et al., (2008), Lins-e-Silva e Rodal (2004) e o de Siqueira et al. (2001), que obtiveram respectivamente 3,68; 3,91; 3,66 e 3,47 nats/indivíduos.

O Índice de uniformidade de Pielou encontrado foi de 0,85, mostrando que os indivíduos amostrados na área estão bem representados por uma boa variação de espécies arbóreas.

A vegetação de Floresta Atlântica encontrada na área, de uma forma geral se encontra em processo inicial de sucessão. Apesar de apresentar uma diversidade um pouco abaixo dos padrões, a área apresenta espécies representativas para a Floresta Atlântica e de importância seja ela econômica ou para reflorestamentos como a *Andira nítida*, *Bowdichia virgilioides*, *Brosimum discolor*, *Cupania racemosa*, *Eschweilera ovata*, *Guapira opposita*, *Inga thibaudiana*, *Maprounea guianensis*, *Ocotea gardnerii*, *Parkia pendula*, *Protium heptaphyllum*, *Schefflera morototoni* e *Simarouba amara*, entre outras.

Observando as dez espécies de maior valor de importância na área (figura 3), a espécie *Tapirira guianensis*, apresentou maior valor de importância na área por apresentar maior número de indivíduos e uma maior dominância. De acordo com Lorenzi (1998) esta espécie é típica de formações florestais secundárias e possuiu uma ampla distribuição por quase toda Floresta Atlântica Brasileira.

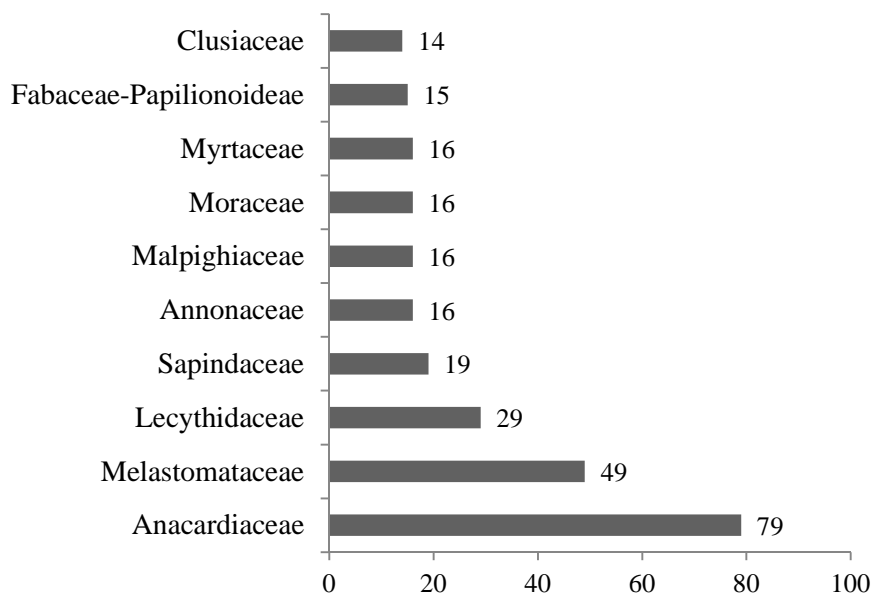


FIGURA 2: Famílias mais representativas, em número de indivíduos, em uma área localizada na Zona Industrial 3 do Complexo Industrial Portuário de Suape, Cabo de Santa Agostinho – Pernambuco.

FIGURE2: Families most representative in number of individuals in an area located in the Industrial Area 3 Industrial Complex Suape Port, Cape St. Augustine-Pernambuco.

A segunda espécie, *Eschweilera ovata*, possui ampla distribuição em formações florestais, é uma espécie secundária tardia, que se desenvolve em áreas sombreadas, no interior das florestas, mas assume um papel de pioneira antrópica, ou seja, em áreas perturbadas, realizam a ocupação, podendo ser considerada como espécie chave em processos de restauração e recomposição florestal (GUSSON et al, 2005).

Tanto a *Miconia prasina* quanto a *Miconia minutiflora*, ambas Melastomataceas, são indicadoras de área em processo inicial de sucessão, ambas são pioneiras, se desenvolvem em áreas abertas com forte luminosidade e estão sempre presentes em bordas e clareiras, nos fragmentos de Floresta Atlântica localizados na região.

Entre as dez espécies de maior valor de importância, *Artocarpus integrifolia* se destacou apenas por sua dominância já que esta representada nas parcelas por apenas dois indivíduos, porém, foi possível observar mais indivíduos desta espécie dentro da área. Esta espécie pertence à família Moraceae, é considerada exótica, sendo originária da Índia. Foi introduzida no Brasil por causa de seus frutos comestíveis e saborosos. No entanto, de acordo com Siqueira (2006), o favorecimento das condições ambientais, a grande produção de sementes, com alto índice de germinação e rápido crescimento, acabou espalhando com rapidez, sobretudo nas áreas alteradas da Floresta Pluvial Tropical Atlântica. Tornando-se uma das principais espécies arbóreas exóticas invasoras, competindo com e expulsando espécies nativas.

A espécie *Acrocomia intumescens*, conhecida vulgarmente como macaíba e a *Schefflera morototoni*, conhecida como sambaquim, também são espécies indicadoras de ambientes em processo de regeneração, normalmente encontradas em áreas com longo histórico de uso agropecuário ou em bordas de fragmentos florestais.

As outras espécies presentes na figura 5 por estarem bem adequados as condições físicas do habitat estão presentes em outros trabalhos realizados nos remanescentes florestais na região e possuem importância no sentido de recompor ambientes degradados.

As espécies que apresentaram os menores valores de importância no levantamento fitossociológico merecem também uma atenção especial. São espécies que por algum motivo não estão adequados no ambiente, apresentaram baixos valores de densidade, frequência e dominância, mas possuem importância ecológica em outros trabalhos realizados na Floresta Atlântica e contribuíram de certa forma, para a diversidade desta área.

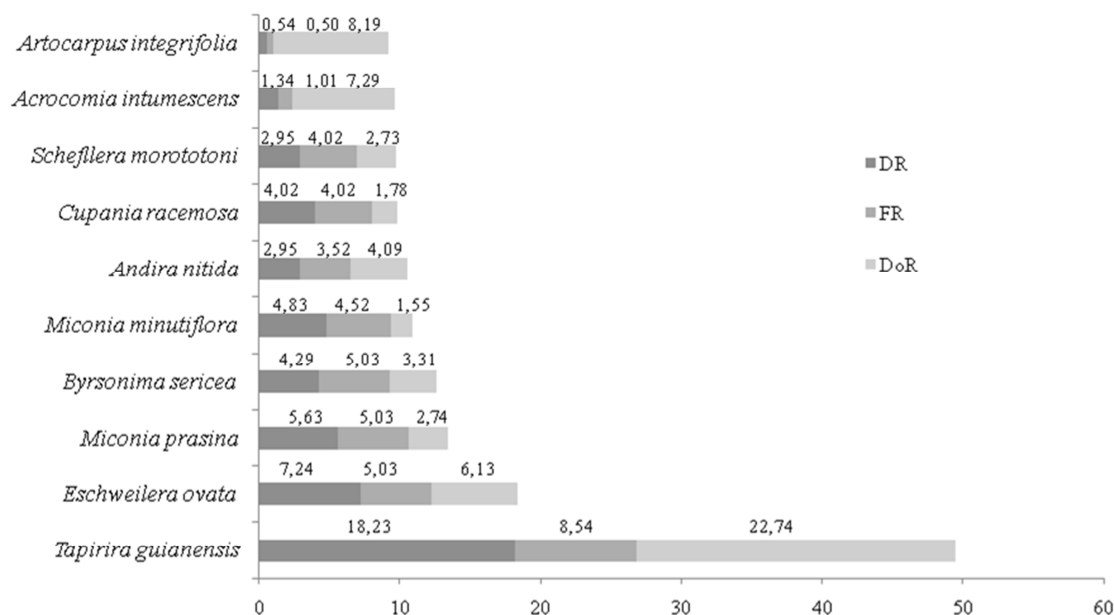


FIGURA3: Dez espécies de maior valor de importância em uma área localizada na Zona Industrial 3 do Complexo Industrial Portuário de Suape, Cabo de Santa Agostinho – Pernambuco.

FIGURE3: Ten species of greatest importance value in an area located in the Industrial Area 3 Industrial Complex Suape Port, Cape St. Augustine-Pernambuco.

O padrão de distribuição espacial das espécies nas parcelas apresentou: quatro espécies com tendência ao agrupamento (14%) e 48 espécies com distribuição uniforme na área (57%).

Este tipo de comportamento não colabora com o trabalho realizado por Martins et al. (2003), que afirmaram ser comum em florestas tropicais as espécies mais abundantes surgirem agrupadas ou com tendência ao agrupamento. As causas das espécies fugirem dos padrões normais de distribuição na área podem, de acordo com Matteucci e Colma (1982), ser uma característica da planta, ou devido aos fatores ambientais, ou a ambas. Por fatores ambientais tendem a ocorrer em menor escala do que pelas características da planta e são de menor interesse. Padrões causados pela planta pode ser o resultado da disseminação ineficiente das sementes, referidos como padrões reprodutivos, ou a morfologia reprodutiva da espécie.

Das espécies com distribuição uniforme, sete apresentaram apenas um indivíduo, o que poder ter provocado tal enquadramento. Nascimento et al. (2001) afirmavam que, sendo essas espécies vegetais tidas como raras, podem, em alguns casos, apresentar problemas de regeneração natural ou, possivelmente necessitam de uma área maior de amostragem ou de uma distribuição diferenciada das unidades amostrais, para melhor descrição do padrão de distribuição de seus indivíduos no espaço.

Importante ressaltar que espécies classificadas como raras, é tido só no aspecto local, uma vez que essas espécies podem ocorrer em elevada densidade em outros trabalhos. De acordo com Ivanauskas et al. (1999), as espécies são raras apenas no conceito numérico para uma determinada área, num determinado momento, e não necessariamente do ponto de vista biológico. No entanto, estas espécies desempenham um importante papel, porque contribuem para a elevada diversidade deste fragmento.

CONCLUSÃO

Pelo levantamento fitossociológico realizado na presente área, pode-se observar que se trata de uma vegetação pertencente à Floresta Atlântica, em estágio inicial de sucessão, nos padrões, quanto a sua diversidade, a outros remanescentes florestais e com presença da espécie *Tapirira guianensis* possuindo maior valor de importância.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Estrutura fitossociológica da comunidade arbórea de uma topossequência pouco alterada de uma área de Floresta Atlântica, no município de Silva Jardim – RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.25, n.1, p.131- 140, 2001.

BRANDÃO, C. F. L. S.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; LINS E SILVA, A. C. B. Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo em um fragmento de floresta atlântica

em Igarassu – Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 1, p. 55-61, 2009.

GUSSON, E., SEBBENN, A.M., KAGEYAMA, P.Y. Diversidade e estrutura genética espacial em duas populações de *Eschweilera ovata*. **Scientia forestalis**, n. 67, p. 123-135, abr. 2005.

LINS-e-SILVA, A.C.B.; RODAL, M.J.N. Tree community structure in an urban Atlantic Forest remnant in Pernambuco, Brazil. In: Thomas W. W. (ed.), The coastal forests of northeastern Brazil. **Memoirs of the New York Botanical Garden**. p.511- 534, 2008.

MARANGON, L. C., SOARES, J. J., FELICIANO, A. L. P. Florística arbórea da mata da pedreira, município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**. v.27, n. 2, 2003.

SILVA JÚNIOR, J. F. S. et al. Fitossociologia do componente arbóreo em um remanescente de floresta atlântica no município do Cabo de Santo Agostinho, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.3, n.3, p. 276-282, 2008.

SIQUEIRA, D. R.; RODAL, M. J. N.; LINS-E-SILVA, A. C. B.; MELO, A. L. Physiognomy, Structure, and Floristics in an Area of Atlantic Forest in Northeast Brazil. In: Gottsberger, G.; Liede, S. (Org.). **Life Forms and Dynamics in Tropical Forests**. Diss. Bot. Berlin - Stuttgart, 2001, v. 346, p. 11-27.

SIQUEIRA, J. C. Bioinvasão vegetal: dispersão e propagação de espécies nativas e invasoras exóticas no campus da pontifícia universidade católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). **Pesquisas botânica**, n. 57, p.319-330. São Leopoldo, 2006.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetation**. Washington: The General Secretarial of the Organization of American States, 1982.167p. (Série Biologia Monografia, n. 22).

DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA COMO INDICADOR AMBIENTAL EM FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL

LITTER DEPOSITION AS ENVIRONMENTAL INDICATOR IN FRAGMENTS OF SEASONAL DECIDUOUS FOREST

Grasiele Dick¹; Márcia d'Avila²; Fabiano Fortes³; Ana Paula Moreira Rovedder⁴; Roselene Marostega Felker⁵

RESUMO

O monitoramento de indicadores ambientais pode fornecer informações a cerca da dinâmica de um ecossistema florestal impactado, sendo assim, este estudo foi desenvolvido com o propósito de analisar a deposição de serapilheira, com o objetivo de avaliar algumas consequências da fragmentação florestal, como os efeitos de borda e tamanho de fragmento. Para isso, foram instalados 48 coletores de 1m², a 0,50 cm do solo, confeccionados com tela tipo sombrite®, alocados na borda e interior de três fragmentos, com área de 4,6 ha (F1), 14,6 ha (F2) e 34 ha (F3) de Floresta Estacional Decidua. As coletas foram realizadas mensalmente no período de maio/2010 a abril/2011, sendo que, a serrapilheira foi fracionada em três grupos: folhas e galhos (G1), frutos e sementes (G2) e miscelânea (G3). Posteriormente, o material foi colocado em estufa até se obter o peso constante. O teste T de Student ($\alpha=0,05\%$) foi aplicado para análise estatística dos dados. A deposição média total foi de 4.072 kg ha⁻¹ano⁻¹ ± 49,2 kg ha⁻¹ano⁻¹, sendo que, houve maior aporte no período do inverno (agosto e setembro). Não foi observado efeito de borda significativo, no entanto, diferenças estatísticas foram encontradas em relação aos fragmentos, onde, a deposição em F1 diferiu de F2. O tamanho do fragmento teve relação com a deposição de serrapilheira, pois o maior aporte (1.425,3 kg ha⁻¹ano⁻¹) foi verificado no menor fragmento (F1). Qualitativamente, a serapilheira foi composta de 81,7% pela fração folhas e galhos, seguida de 15,8% de miscelânea e 2,5% de flores e frutos. Para o estudo, a deposição de serapilheira se mostrou um bom indicador dos efeitos da fragmentação no que se refere ao tamanho de fragmento, no entanto, para avaliar o efeito de borda, sugere-se o monitoramento por períodos maiores.

Palavras-chave: Fragmentação florestal; efeito de borda; sazonalidade.

ABSTRACT

The monitoring of environmental indicators can provide information about the dynamics of a forest ecosystem impacted. Therefore, this study was developed with the purpose of considering the deposition of litter, in order to evaluate some effects of forest fragmentation, as the effects of border and fragment size. For this, 48 collectors of 1m², were installed in 0.50cm of the soil, made with sombrite® screen type, allocated from the inside and border in three fragments, with an area of 4.6ha (F1), 14.6 ha (F2) and 34ha (F3) of Seasonal Deciduous Forest. Were collected monthly from May/2010 to April/2011, and the litter was divided into three groups: leaves and twigs (G1), flowers and fruits (G2) and miscellaneous (G3). Subsequently the material was placed in an oven until constant weight to obtain. The Student T Test ($\alpha=0.05\%$) was applied for statistical analysis. The average total deposition was 4072 kg ha⁻¹ year⁻¹ ± 49.2 kg ha⁻¹ year⁻¹, and there was a greater contribution during the winter period (August and September). There was no significant border effect, however, statistical differences were found in relation to the fragments, where the deposition differed from F1 and F2. The fragment size was related to the deposition of litter, since the largest contribution (1425.3 kg ha⁻¹ year⁻¹) was observed in the smaller fragment (F1). Qualitatively, the litter was composed of 81.7% for the fraction of leaves and twigs, followed by miscellaneous 15.8% and 2.5% of flowers and fruits. For the study, the deposition of litter proved to be a good indicator of the

¹ Acadêmica de Engenharia Florestal, Centro de Educação Superior Norte RS/Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro, KM 40, BR 386, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). Email: grasidick@hotmail.com

² Engenheira Florestal, Dra., Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Educação Superior Norte RS/Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro, KM 40, BR 386, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). Email: davilamar@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Educação Superior Norte RS/Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro, KM 40, BR 386. CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). Email: fabianofortes@gmail.com

⁴ Engenheira Florestal, Dra., Professora Adjunta do Departamento de Ciências Florestais da UFSM. CEP: 98970-000 Santa Maria (RS). Email: anarovedder@gmail.com

⁵ Engenheira Florestal. Bolsista de Extensão no País C, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1000, CEP: 98970-000 Santa Maria (RS). Email: rosifelker@yahoo.com.br

fragmentation effects in relation to fragment size, however, to evaluate the border effect, we suggest monitoring for longer periods.

Key words: Forest fragmentation; border effect; seasonality.

INTRODUÇÃO

A Floresta Estacional Decidual ocorre na porção noroeste e central do estado do Rio Grande do Sul, abrangendo atualmente uma área de 11.762,45 Km², o que representa 4,16% da cobertura florestal do estado (LEITE e KLEIN, 1990). Nos últimos dois séculos, estas florestas foram seriamente reduzidas a pequenos fragmentos, que estão severamente perturbados pela retirada indiscriminada de madeira, pela pecuária extensiva e pelo fogo (WERNECK et al., 2000).

A fragmentação de habitats é uma das mais importantes e difundidas consequências da atual dinâmica de uso da terra pelo homem. A taxa com que o homem está alterando as paisagens naturais é milhares de vezes maior do que a da dinâmica de perturbação natural dos ecossistemas (TABARELLI e GASCON, 2005).

Dentre os vários fatores que afetam a dinâmica dos ecossistemas, o efeito de borda está intimamente relacionado com a fragmentação florestal, pois, de acordo com Dajoz (2005) o efeito de borda e a fragmentação criam perturbações no funcionamento dos ecossistemas por simplificação ou por redução de processos biológicos como a competição o parasitismo, a polinização, a degradação da serrapilheira, regime das queimadas, o ciclo da água, etc. A fragmentação dos ecossistemas multiplica as zonas de contato com o meio circundante e cria um efeito de borda acentuado quanto maior é a razão da superfície e do perímetro do fragmento do ecossistema.

O efeito de borda pode ser refletido no aporte de serrapilheira, pois, alterando as condições do local, há espaço para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies pioneiras, caracterizadas por rápido crescimento e intensa renovação foliar, de acordo com Laurance et al. (2002), o aumento de deposição de serrapilheira na borda ocorre porque nesta área há um incremento na mortalidade de árvores e favorecimento de espécies pioneiras e lianas que apresentam melhor desempenho em condições de alta luminosidade.

A serrapilheira é de suma importância, pois indica a capacidade produtiva da floresta ao relacionar os nutrientes disponíveis com as necessidades nutricionais das espécies arbóreas (FILHO et al., 2003), se tornando a maior responsável pela transferência de nutrientes para a sustentação de uma floresta, visto que, quantidades baixas de nutrientes entram através da chuva ou do intemperismo do solo (KÖNIG, et al., 2002). Além da ciclagem de nutrientes, no interior de uma floresta, a serrapilheira depositada sobre o solo desempenha papel fundamental na manutenção das condições ideais para o processo de infiltração de água (SCHUMACHER e HOPPE, 1998).

A deposição de serrapilheira é considerada como potencial indicador de avaliação ambiental, levando em consideração que, um bom indicador deve refletir as mudanças que ocorrem no meio, sendo exequíveis, confiáveis e com potencial para comparações (POGIANNI et al., 1998). Desta forma, este estudo teve o objetivo de avaliar a ocorrência do efeito de borda e influência do tamanho de fragmento na deposição de serrapilheira, utilizando-a como indicador ambiental, em remanescentes de Floresta Estacional Decidual.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Floresta Estacional Decidual caracteriza-se por ter grande diversidade de espécies florestais e animais, sendo de grande importância para o ecossistema da região sul do Brasil (VUADEN et al., 2004). Atualmente esta formação florestal no Rio Grande do Sul encontra-se fragmentada em pequenas manchas esparsas entre lavouras agrícolas, sendo que os poucos povoamentos residuais de Florestas Estacionais na região Sul do Brasil encontram-se alterados e parcialmente descaracterizados (LEITE e KLEIN, 1990).

De acordo com Farias et al. (1994), a Floresta Estacional Decidual, possui uma grande diversidade de espécies, onde *Cupania vernalis*, *Trichilia clauseni*, *Nectandra megapotamica*, *Myrcianthes pungens* e *Matayba elaeagnoides*, *Banara parviflora*, *Luehea divaricata*, *Chrysophyllum gonocarpum* e *Patagonula americana* estão entre as espécies mais abundantes e frequentes.

Segundo Cunha (1997) a Floresta Estacional Decidual é uma das formações florestais mais importantes do estado, em termos de localização geográfica, área ocupada e importância histórico-cultural, existindo poucas informações sobre esse ecossistema, principalmente relacionadas à produção de serrapilheira e à ciclagem de nutrientes.

A maior parte dos remanescentes florestais se encontra na forma de fragmentos florestais (VIANA e PINHEIRO, 1998), que são definidos como uma área de vegetação natural, interrompida por barreiras antrópicas (estradas, povoados, culturas agrícolas, culturas florestais, pastagens, dentre outras) ou por barreiras naturais (montanhas, lagos, represas, ou outras formações vegetais) capazes de diminuir

significativamente o fluxo de animais, pólen ou sementes (VIANA, 1990).

A fragmentação florestal acarreta em grandes mudanças na estrutura e dinâmica das florestas, porém, poucos são os estudos sobre a influência da fragmentação na produção e deposição de serrapilheira (GOMES, 2007). De acordo com Castro e Pivello (2008), a serrapilheira vem sendo pouco explorada em termos de estudos sobre efeitos de borda, embora desempenhe um importante papel para a dinâmica dos ecossistemas.

A deposição de material orgânico no solo, quando submetida aos efeitos da fragmentação, varia sob enfoque temporal e espacial em função das intempéries climáticas, da composição e da abundância de espécies existentes ao longo da borda e interior das áreas fragmentadas. As bordas dos fragmentos estão expostas aos ventos e a penetração de luz e calor, levando a mudanças em escalas variadas do microclima, da estrutura e da dinâmica vegetacional (SCARIOT, 1996).

A deposição sazonal de serrapilheira varia de acordo com o tipo florestal, época do ano e com o grau de perturbação da floresta, sendo que, de acordo com Freire (2006) a quantidade de serrapilheira depositada tende a variar de um ecossistema mais perturbado para aqueles que são menos perturbados. No primeiro ecossistema a deposição tende a ser maior, pois há espécies de rápido crescimento (pioneiras e secundárias iniciais, que produzem muita biomassa no que resulta em uma maior produção de serrapilheira). Para ecossistemas menos perturbados, a ocorrência de espécies de crescimento mais lento (secundárias tardias e climáticas) com relação àquelas de crescimento mais rápido predominam, apresentando uma menor produção de biomassa.

Poucos estudos têm abordado a produção de serrapilheira em áreas submetidas a distúrbios, apesar de ser importante entender a relação desse compartimento com o processo regenerativo da vegetação (MARTINS e RODRIGUES, 1999), principalmente, nos diversos estádios sucessionais dos remanescentes florestais oriundos dos processos de fragmentação (PINTO et al., 2008). O estudo da quantificação e qualificação da serrapilheira funciona como um indicador eficiente na avaliação da capacidade de resiliência de uma área recuperada, servindo, também, como descritor indireto das medidas conservacionistas implantadas (SILVA, 2008).

O monitoramento de indicadores ambientais pode ser considerado como uma forma de entender melhor o funcionamento dos ecossistemas florestais, e assim poder facilitar a determinação do seu grau de fragilidade diante da pressão antrópica (CESAR, 1993), ao mesmo tempo em que permite avaliar e monitorar as informações sobre a evolução das comunidades inseridas no ecossistema (VIEIRA, 2004).

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo foi realizado durante o período de maio de 2010 a abril de 2011, no município de Frederico Westphalen, RS, cujo coordenadas geográficas da área são 53°25'59.26"O e 27°23'44.40"S e a altitude apresenta variação entre 520 a 550 m (Figura 1). Os dados referentes à deposição de serrapilheira foram obtidos em três fragmentos de Floresta Estacional Decidual com 4,6 ha (F1), 14,6 ha (F2) e 34 ha (F3) de área, pertencentes ao Centro de Educação Superior Norte do RS (CESNORS/UFSM) e Colégio Agrícola de Frederico Westphalen (CAFW/UFSM).

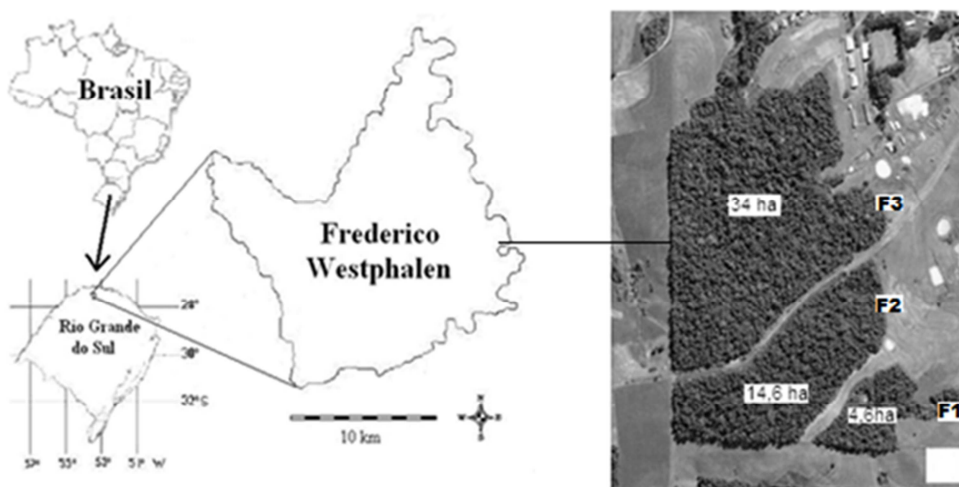


FIGURA 1: Localização da área de estudo, no município de Frederico Westphalen, RS.
FIGURE 1: Study location, in Frederico Westphalen, RS.

O clima da região de Frederico Westphalen, segundo a classificação de Köppen é do tipo subtropical (Cfa), com chuva bem distribuída durante o ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. A precipitação média anual varia entre 1.400 e 1.760 mm, bem distribuída ao longo do ano (MORENO, 1961).

O relevo do município é ocupado pelo planaltobasáltico e é formado pelo acúmulo ou empilhamento de sucessivos derrames basálticos, intercalados de camadas de arenito. O solo da área em estudo é composta por uma camada de aproximadamente 2 a 3 metros de solo do tipo Latossolo Vermelho distrófico alumino férrico, os quais são solos bem drenados normalmente profundos a muito profundos (STRECK et al., 2002).

Devido ao tipo florestal ser caracterizado por Floresta Estacional Decidual, espécies como *Apuleia leiocarpa*, *Parapiptadenia rigida*, *Cordia trichotoma*, *Diatenopteryx sorbifolia*, *Balfourodendron riedelianum*, *Peltophorum dubium*, *Sorocea bonplandii*, *Gymnanthes concolor*, *Trichilia clausenii*, *Nectandra magapotamica*, entre outras, compõem os estratos das florestas (LEITE e KLEIN, 1990).

Em relação ao tamanho dos fragmentos, F1 é considerado pequeno, F2 e F3 possuem tamanho médio, de acordo com a classificação feita por Pirovani et al. (2010), onde fragmentos com área menor que 5 hectares são considerados pequenos, de 5 a 50 hectares os fragmentos são de tamanho médio e fragmentos grandes são aqueles com mais de 50 hectares.

Em relação à forma dos fragmentos, F1 e F3 possuem formas consideradas circulares, já F2 tem forma alongada. Os três fragmentos florestais são circundados por áreas de pastagem e cultivo agrícola e são separados por corredores contínuos que variam de 30 a 60 metros de largura entre F1 e F2 e, aproximadamente 20 m entre F2 e F3, ou seja, o grau de isolamento do F1 é maior em relação aos demais fragmentos.

METODOLOGIA

A amostragem de serrapilheira foi realizada com coletor fixo de 1 x 1 m (1m²), à 0,50 m de altura do solo. Os coletores foram confeccionado com tela do tipo sombrite® (2 mm) de malha fina sob apoios de madeira. Foram distribuídos 16 coletores em cada um dos três fragmentos, sendo oito na borda e oito no interior do fragmento, totalizando 48 coletores.

A distância de até 10 m da borda foi considerada “região de borda” e a porção correspondente ao interior foi determinada de acordo com a área de cada fragmento, para tanto, foi calculado o ponto médio entre largura e comprimento do fragmento, onde a área correspondente ao interior foi aos 50, 100 e 250 m, respectivamente, para os fragmentos F1, F2 e F3. Manteve-se a distância mínima, entre os coletores, de 100 m na borda e 40 m no interior dos fragmentos.

As coletas foram realizadas mensalmente, onde o material coletado foi identificado conforme a localização do coletor e acondicionado em saco plástico. Após coletada, a serrapilheira foi levada ao Laboratório de Proteção Florestal do Centro de Educação Superior Norte do RS (CESNORS/UFMS) para a triagem. Cada amostra foi fracionada em três grupos: Grupo 1: folhas e galhos; Grupo 2: frutos e semente; e Grupo 3: miscelânea (material em decomposição). Após a triagem, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação e renovação de ar para secagem a 65°C, até obter o peso constante.

O peso seco, em gramas, foi obtido através da balança de precisão (0,01 g) e os dados foram extrapolados para a estimativa de peso seco por hectare no ano (kg ha⁻¹ano⁻¹), sendo que, a produção de serrapilheira foi estimada a partir da equação: PAS = (PS*10000) /Ac, onde, PAS = Produção Média Anual de Serapilheira (kg ha⁻¹ano⁻¹); PS = Produção Média Mensal de Serapilheira (kg ha⁻¹ mês) e Ac = Área do Coletor (m²) (LOPES et al., 2002 apud SILVA, 2008).

O teste de médias T de Student ($\alpha=0,05\%$) foi aplicado nos dados de deposição de serapilheira para avaliar se houve diferença entre o aporte na borda e interior dos fragmentos e entre os fragmentos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A produção total de serapilheira durante o período estudado (um ano) foi de 4.072 kg ha⁻¹ano⁻¹ ± 49,2 kg ha⁻¹ano⁻¹, sendo que, ao observar a sazonalidade do aporte (Figura 2), verificou-se que as maiores deposições ocorreram nos meses de setembro (677 kg ha⁻¹mês⁻¹) e agosto (436,9 kg ha⁻¹mês⁻¹), período correspondente a estação do inverno. Os menores valores encontrados são referentes aos meses de junho (228,1 kg ha⁻¹mês⁻¹) e maio (173,6 kg ha⁻¹mês⁻¹), referentes à estação do outono.

Ao avaliarem a deposição de serrapilheira em Floresta Estacional Decidual, König et al. (2002), constataram aporte de 9.200 kg ha⁻¹ano⁻¹. Cunha (1993) relatou produção anual de serrapilheira de 7.760 kg ha⁻¹ano⁻¹ para a mesma tipologia florestal. Brun et al. (1999) apud König et al. (2002) estudaram três fases sucessionais denominadas de capoeirão (27 anos), floresta secundária (50 anos) e floresta madura (+ de 100 anos), de uma Floresta Estacional Decidual, relatando uma produção de serrapilheira de 6.500, 7.400 e 9.700 kg ha⁻¹ano⁻¹, respectivamente.

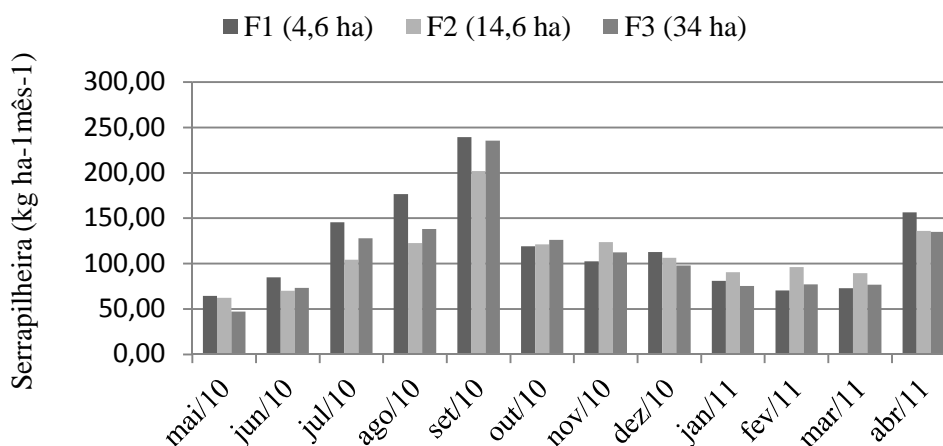


FIGURA 2: Sazonalidade de deposição de serrapilheira em três fragmentos de Floresta Estacional Decidual, Frederico Westphalen, RS.

FIGURE 2: Litter deposition seasonality in three fragments of Seasonal Deciduous Forest, Frederico Westphalen, RS.

Em decorrência do caráter decidual do tipo florestal, pode ser observada maior produção de serrapilheira nos meses correspondentes ao inverno, o que também foi observado por König et al. (2002), onde as maiores produções ocorreram entre julho e setembro, no período de inverno, e as menores entre outubro e abril, na primavera e no verão. Corrêa Neto et al. (2001) constataram que a maior deposição de serrapilheira.

Quanto à relação borda/interior, a deposição total de serrapilheira na borda dos três fragmentos foi de 2.011,7 kg ha⁻¹ano⁻¹, semelhante à produção no interior, de aproximadamente 2.060,3 kg ha⁻¹ano⁻¹. Foi aplicado o Teste T de Student ($\alpha=0,05\%$) para avaliar a diferença de deposição sazonal entre a borda e o interior dos fragmentos, onde foi constatado que, no mês de janeiro/2011, no fragmento 1 (4,6 ha) e em agosto/2011, no fragmento 3 (34 ha), houve diferença significativa entre o aporte na borda e no interior.

No aspecto geral, não foi verificado efeito de borda na deposição de serrapilheira, visto que, pode ser conferida pouca diferença quanto à sazonalidade e também em relação ao tamanho do fragmento (Figura 3). Ao analisarem o efeito de borda em fragmentos florestais de Mata Atlântica, Costa et al. (2009) não encontraram diferenças significativas nas taxas de produção de serrapilheira entre borda e interior da floresta, fato que pode indicar eventuais diferenças estacionais nos aportes de serrapilheira. Entretanto, para confirmação dos dados, ou autores sugerem medições por períodos mais longos.

A maior deposição entre os fragmentos ocorreu naquele de menor área (F1), que está mais afastado dos demais e com grau de perturbação visivelmente maior, cujo aporte ao longo do ano foi de 1.425,3 kg ha⁻¹ano⁻¹. Em F2, houve aporte de 1.324,9 kg ha⁻¹ano⁻¹ e em F3 a deposição foi de 1.321,8 kg ha⁻¹ano⁻¹. Em relação à deposição nos fragmentos, constatou-se diferença estatística (Student, $\alpha=0,05\%$) entre F1 e F2 no período do inverno (julho a setembro). Não foi constatada diferença com relação a F3, que possui maior área e maior estabilidade em comparação aos demais.

Quanto ao aspecto qualitativo (Figura 4), a serrapilheira é composta de forma expressiva pelo grupo 1 (folhas e galhos) na ordem de 3.320,1 kg ha⁻¹ano⁻¹. O grupo 3 (miscelânea) foi responsável por 644,9 kg ha⁻¹ano⁻¹, e o grupo 2 (frutos e sementes), expresso na quantidade de 101,7 kg ha⁻¹ano⁻¹. Esta característica já foi confirmada por diversos autores, que afirmam que, independente do tipo florestal, a fração folhas é a principal constituinte do material formador da serrapilheira (CORRÊA NETO et al., 2001; DIAS et al., 2002; KÖNIG et al., 2002; SANCHES et al., 2008; COSTA et al., 2009).

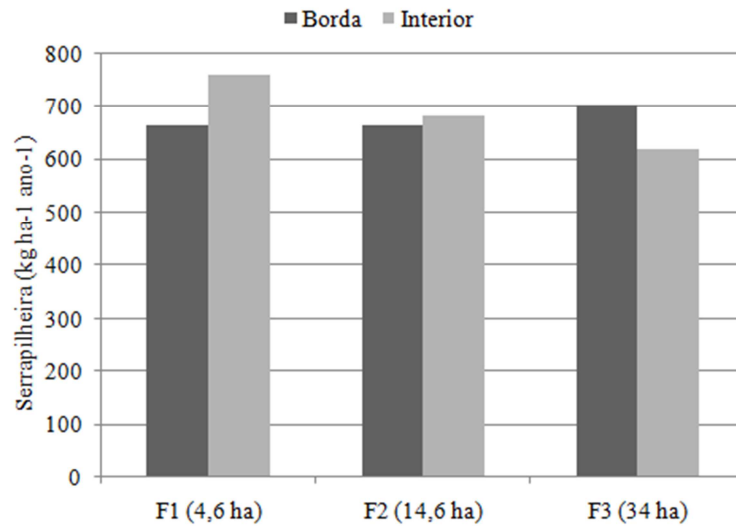


FIGURA 3: Deposição de serrapilheira na borda e no interior de três fragmentos de Floresta Estacional Decidual, Frederico Westphalen, RS.

FIGURE 3: Border and interior litter deposition in three fragments of Seasonal Deciduous Forest, Frederico Westphalen, RS.

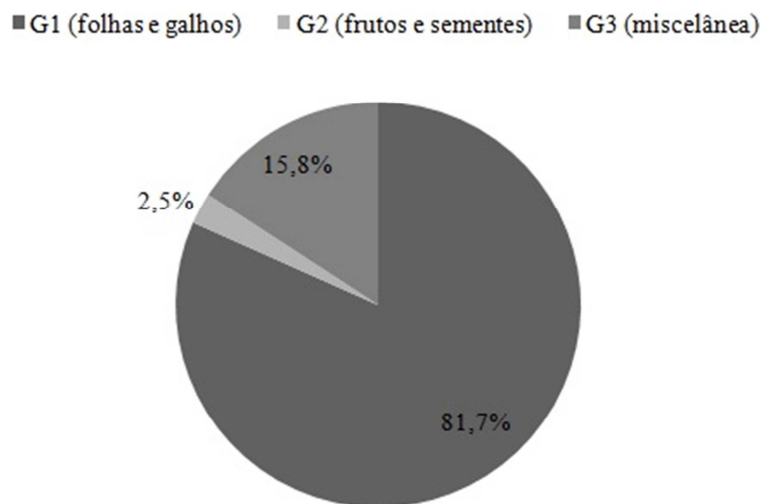


FIGURA 4: Composição da serrapilheira em fragmentos de Floresta Estacional Decidual, Frederico Westphalen, RS.

FIGURE 4: Litter composition in fragments of Seasonal Deciduous Forest, Frederico Westphalen, RS.

CONCLUSÕES

1. Com base nos resultados obtidos através da análise da deposição de serrapilheira, constatou-se que no período do inverno (agosto e setembro), ocorreu aumento na quantidade de serrapilheira aportada, o que era esperado em virtude da característica decidual da formação florestal em estudo, e as menores deposições ocorreram no período do outono (maio e junho).

2. Não foram observadas diferenças significativas de deposição entre a borda e o interior dos fragmentos, o que pode ser explicado pelo período de estudo ser relativamente curto (um ano), sendo que, sugere-se monitoramento superior para detecção do efeito de bordadura.

3. Diferenças estatísticas foram encontradas em relação aos fragmentos, onde, a deposição em F1 (4,6 ha) diferiu de F2 (14,6 ha), no entanto, não houve distinção quanto a F3 (34 ha).

4. O tamanho do fragmento teve relação com a deposição de serrapilheira, pois, o maior aporte foi observado no fragmento com a menor área (F1), que é o mais degradado e isolado.

5. Quanto ao aspecto qualitativo da serrapilheira depositada nos fragmentos, a fração folhas e galhos (G1) foi a principal constituinte, seguida de miscelânea (G3) e flores e frutos (G2).

6. Para o estudo, a serrapilheira se mostrou um indicador ambiental importante para avaliar o estado de conservação de florestas, levando em consideração o tamanho do fragmento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, D. M.; PIVELLO, V. R. **Efeitos de borda sobre a serapilheira em fragmentos de Cerradão, na região nordeste do estado de São Paulo, derivados do manejo agrícola.** In: IX Simpósio Nacional Cerrado. Brasília-DF, 2008.
- CESAR, O. Produção de serapilheira na Mata Mesófila Semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, Município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.4, p.671-681, 1993.
- CORRÊA NETO, T. A.; PEREIRA, M. G.; CORREA, M. E. F.; CUNHA DOS ANJOS, L. H. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**. V. 8, n.1, p.70 - 75, 2001.
- COSTA, V. G.; MANTOVANELLI, D. F.; CARELLI, R. A.; APARECIDO, C.S.; ZAÚ, A. S. **Os efeitos de borda podem afetar a produção de serrapilheira na Mata Atlântica? O caso do Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro.** In: IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço – MG. Anais... São Lourenço, 2009.
- CUNHA, G. C. **Aspectos da Ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997.
- DAJOZ, R. **Princípios da ecologia.** Tradução: Fátima Murad. 7 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2005, p. 360.
- DIAS, H. C. T.; FIGUEIRA, M. D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG. **CERNE**, V.8, N.2, p.001-016, 2002.
- FARIAS, J. A. C.; TEIXEIRA, I. F.; PES, L.; FILHO, A. A. Estrutura fitossociológica de uma floresta Estacional Decidual na região de Santa Maria, RS. **Ci. Flor.**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 109-128, 1994.
- FILHO, A. F.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, p.11-18, 2003.
- FREIRE, M. **Chuva de Sementes, Banco de Sementes no Solo e Deposição de Serapilheira como Bioindicadores Ambientais.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro- UFRRJ, Seropédica, RJ, Agosto, 2006
- GOMES, J. M. **Aporte de serrapilheira e nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: UFRJ. Monografia. 2007.
- KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa Floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria-RS. **Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.429-435, 2002.
- LAURANCE, W. F. Rainforest fragmentation kills big trees. **Nature**, 2002, p. 404-836.
- LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. **Geografia do Brasil: Região Sul.** In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. v.2, 1990, p.113-150.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, p.405-412, 1999.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 83p.
- PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; CARLOS, H.; DIAS, T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. R. **Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.3, p.545-556, 2008.
- PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R. **Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do Rio Itapemirim, ES.** In: 1º Simpósio em Ciências Florestais Florestas Tropicais: Produção de Bens e Serviços Jerônimo Monteiro, 2010.
- POGGIANI, F.; STAPE e GONÇALVES, J. L. M. **Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais.** Piracicaba, SÉRIE TÉCNICA IPEF, v. 12, n. 31, p. 33-44, 1998.
- SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.13, n.2, p.183–189, 2009.

- SCARIOT, A. **The effects of rain Forest fragmentation on the palm community in central Amazonia.** Tese de Doutorado, Depto. Ecology, Evolution and Marine Science, University of California, Santa Barbara, 1996.
- SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A floresta e a água.** Porto Alegre: Pallotti, 1998. 70 p.
- SILVA, M. R. B. **Aporte de serapilheira e quantificação de nutrientes em áreas de reabilitação, município de Seropédica, RJ.** Rio de Janeiro: UFRJ. Monografia. 2008.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D. KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2002. 107p.
- TABARELLI, M.; GASCON, C. **Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade.** Editora Megadiversidade. v. 1, 2005.
- VIANA, V. M. **Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. Anais... Campos do Jordão: SBS/SBEF. p. 113-118. (Trabalhos convidados, 1), 1990.
- VIANA, V. M; PINHEIRO, L. A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais.** ESALQ/USP. Série técnica IPEF v. 12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998.
- VIEIRA, D. C. M. **Chuva de sementes, banco de sementes e regeneração natural sob três espécies de início de sucessão em uma área restaurada em Iracemápolis, SP.** Piracicaba: Esalq. Dissertação Mestrado. 2004.
- VUADEN, E.; SHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M. **Avaliação da sazonalidade de serapilheira numa Floresta Estacional Decidual no município de Itaára-RS.**In: 3º SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2004. Anais ...Santa Maria. p. 122-126, 2004.
- WERNECK, M. S.; FRANCESCHINELLI, E. V.; TAMEIRÃO-NETO, E. Mudanças da florística e estrutura de uma floresta decidual durante um período de quatro anos (1994-1998), na região do Triângulo Mineiro, MG.**Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 4, p. 401-413, 2000.

**CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA,
CAÇADOR, SC**

**GROWTH OF NATIVE TREE SPECIES FROM ARAUCARIA FOREST, CAÇADOR, SC,
BRAZIL**

Andreia Taborda dos Santos¹; Aline Canetti²; Camila Castilla Ruy³; Marco Antônio Silva⁴;
Pollyni Ricken⁵; Vitor Dressano Domene⁶; Mariana Ferraz de Oliveira⁷; Evaldo Muñoz Braz⁸;
Patrícia Póvoa de Mattos⁹

RESUMO

A Floresta Ombrófila Mista é uma das fisionomias mais ameaçadas do domínio Mata Atlântica. Ainda assim, existem muitas lacunas sobre a dinâmica de crescimento das espécies florestais. O desenvolvimento de estudos sobre a dinâmica de florestas é de suma importância para garantir a conservação das florestas. A dendrocronologia pode contribuir com resultados de aplicação direta no manejo de florestas tropicais e subtropicais, pelos estudos de crescimento de espécies arbóreas, determinação do incremento e estimativa de idade. O objetivo desse trabalho foi estudar o crescimento de nove espécies da Floresta Ombrófila Mista, pelo estudo dos anéis de crescimento, contribuindo para o entendimento da dinâmica dessas espécies. *Mimosa scabrella* foi a espécie com maior crescimento, sendo que *Clethra scabra*, *Capsicodendron dinisii*, *Matayba elaeagnoides* e *Picrasma crenata* foram as espécies com menor crescimento entre as nove estudadas. O modelo de crescimento que melhor representa o período estudado para oito espécies é a equação da reta. Apenas *Matayba elaeagnoides* apresentou melhor ajuste pelo modelo de Gompertz.

Palavras-chave: manejo florestal; equação de crescimento; Floresta de Araucária

ABSTRACT

The Araucaria forest is one of the most endangered fitofisionomies of the Atlantic Forest domain. Nevertheless, there are many gaps of knowledge on the growth dynamics of tree species. The development of studies on forest dynamics is of great importance to ensure the conservation of the forests. Dendrochronology can contribute to results of direct application in the management of tropical and subtropical forests, by the studies of the growth rings, determining the growth increment and estimating age. The objective of this work was to study the growth of nine species of Araucaria forest, by the growth rings, contributing to the understanding of the dynamics of these species. *Mimosa scabrella* was the species with higher growth, and *Clethra scabra*, *Capsicodendron dinisii*, *Matayba elaeagnoides* and *Picrasma crenata* were the species with the lowest growth among the nine species studied. The growth model that best represents the period studied for eight species is the equation of the line. Only *Matayba elaeagnoides* presented best fit by the Gompertz model.

Keywords: sustainable forest management; growth equation; Araucaria Forest

¹ Mestranda de engenharia florestal da Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 - Jardim Botânico - Campus III 80210-170 - Curitiba - Paraná - Brasil. andreiataborda@yahoo.com.br

² Aluna de engenharia florestal da Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 - Jardim Botânico - Campus III 80210-170 - Curitiba - Paraná - Brasil. alinecanetti@hotmail.com

³ Aluna de engenharia florestal da Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 - Jardim Botânico - Campus III 80210-170 - Curitiba - Paraná - Brasil. camilaruy@ufpr.br

⁴ Aluno de engenharia florestal da Universidade Estadual de Goiás. Rodovia GO - 330, KM 241 - Anel Viário, S/N. marcoantoniopedroso@gmail.com

⁵ Aluna de engenharia florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina. Av Luiz de Camões, 2090 - Conta Dinheiro - 88.520-000 - Lages - SC. Pollyni7@hotmail.com

⁶ Aluno de engenharia florestal da Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 - Jardim Botânico - Campus III 80210-170 - Curitiba - Paraná - Brasil. vitordressanodomene.d2@gmail.com

⁷ Aluna de engenharia florestal da Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner, 900 - Jardim Botânico - Campus III 80210-170 - Curitiba - Paraná - Brasil. marianaferraz.floresta@gmail.com

⁸ Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, Caixa Postal 319, CEP: 83411-000, Colombo (PR). evaldo@cnpf.embrapa.br

⁹ Engenheira Agrônoma, Drª., Pesquisadora da Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira Km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo (PR). povoa@cnpf.embrapa.br

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) ou Floresta com Araucária está inserida no domínio Mata Atlântica. Originalmente abrangia uma área de cerca de 175 mil km², com maior representatividade nos estados do sul do país, mas também ocorria em manchas menores em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Hoje a FOM é uma das fisionomias mais ameaçadas do domínio Mata Atlântica. Com a intensa exploração de madeira nativa, desmatamentos, queimadas, substituição da vegetação arbórea nativa por pastagens, agricultura e expansão das zonas urbanas no Sul do Brasil, a partir da primeira década do século XX, houve uma significativa redução das áreas com floresta primária de FOM da região Sul do Brasil (MEDEIROS et. al., 2005). Estima-se que hoje os remanescentes de FOM em estágio primário ou avançado não chegam a 0,7% da área original, distribuídos em pequenos fragmentos dispersos (MEDEIROS, 2002).

O desenvolvimento de estudos sobre a dinâmica de florestas é de suma importância para garantir a conservação das florestas. Isso envolve observação de longo prazo, tendo em vista a complexidade, heterogeneidade e lentidão dos processos dinâmicos desses ecossistemas. Esses estudos podem abranger a população em seus diferentes estádios de desenvolvimento (AMATO, 2008; FONSECA, 2001; JAEGER, 2004), relacionando aspectos como a densidade populacional, taxas de mortalidade e natalidade, entre outros com variáveis ambientais (MORA et al., 2005), dentre outros. Os conhecimentos sobre o crescimento e a idade das árvores, fornecem importantes informações sobre a dinâmica de populações, determinação de perturbações recorrentes no ecossistema ao longo do tempo, práticas de manejo florestal sustentável.

A dendrocronologia pode contribuir com resultados de aplicação direta no manejo de florestas tropicais e subtropicais, pelos estudos de crescimento de espécies arbóreas, determinação do incremento e estimativa de idade (MATTOS, et al., 2011). Worbes (2002) faz uma análise de 100 anos de pesquisa em dendrocronologia nos trópicos. Em mais de 20 países tropicais e inúmeras espécies com anéis de crescimento anuais já foram provados.

Estudos dendrocronológicos com espécies da FOM têm apresentado resultados relevantes para recuperação de informações sobre o crescimento das espécies nativas (MATTOS et al., 2007a ; 2007b; 2010; SCHEEREN, et al. 2002, SEITZ; KANNINEN, 1989; OLIVEIRA, 2007; OLIVEIRA; MATTOS, 2010).

O objetivo desse trabalho foi estudar o crescimento de nove espécies da Floresta Ombrófila Mista, pelo estudo dos anéis de crescimento, contribuindo para o entendimento da dinâmica dessas espécies.

MATERIAL E MÉTODO

Área de coleta

A Reserva Florestal da Embrapa/Epagri (RFEE) é um dos maiores remanescentes contínuos com vegetação característica da FOM, que faz parte do domínio Mata Atlântica, consistindo em área com grande riqueza para a condução de pesquisas voltadas ao estudo da dinâmica de crescimento de espécies nativas dessa tipologia. A área esta localizada no município de Caçador/SC, situado a 920 m, nas coordenadas geográficas 26°43'31" S e 51°00'54" W (ROSOT et. al., 2007).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões frescos e sem estação seca definida. A área de estudo possui temperatura média anual entre 16 °C e 17 °C, sendo que a máxima e a mínima média anual não ultrapassam 25 °C e 11 °C, respectivamente. A precipitação anual varia entre 1.300 mm e 1.500 mm (PANDOLFO et al., 2002).

Dungosz (2007) mapeou a área a partir de imagens de alta resolução providas do satélite IKONOS e classificou a área em oito diferentes tipologias: predominância de araucária, baixa densidade de araucária, canelas, bracinga e canela-guaicá, "vassourão", taquara, vassourinha, vegetação de solos úmidos e agricultura e fruticultura.

Coleta de amostras

A coleta e preparo dessas amostras foram descritos por Rivera (2007). Foi coletada uma amostra por árvore à altura de 1,30 m do solo (DAP). As espécies estudadas, número de árvores e amplitude dos DAPs estão apresentados na tabela 1 e as características ecológicas, na tabela 2.

TABELA 1: Número de amostras coletadas por espécie e a amplitude dos diâmetro das árvores amostradas.

TABLE1: Number of samples collected by species and range of sampled trees diameters.

Família	Espécie	Numero de amostras	Diâmetro (cm)
Canellaceae	<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	6	10,19 - 30,08
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers.	5	17,83 - 31,32
Bignoniaceae	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	5	13,34 - 31,86
Cunoniaceae	<i>Lamanonia speciosa</i> (Cambess.) L.B. Sm.	3	25,02 - 60
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	7	19,16 - 38,83
Mimosaceae	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	6	10,03 - 36,35
Simaroubaceae	<i>Picrasma crenata</i> Engl. in Engl. & Prantl	3	10,03 - 54,59
Asteraceae	<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	12	12,89 - 56,02
Asteraceae	<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less.	6	21,55 - 52,81

TABELA 2: Características ecológicas das espécies estudadas.

TABLE2: Ecological characteristics of the studied species.

Espécie	Características gerais
<i>C. dinisii</i>	Heliófila, característica dos capões da região de campos e da Floresta Ombrófila Mista do Planalto Meridional do sul do País. A floração ocorre de agosto a outubro e a frutificação de novembro a janeiro. (LORENZI, 1992; 2002).
<i>C. scabra</i>	Semidecídua, heliόfila, seletiva higrόfila. Comporta-se como pioneira ou secundária inicial, característica das matas secundárias. Ocorre preferencialmente no interior de capoeiras e capoeirões, ou ao redor, situados em solos pobres, úmidos e compactos, de aclives suaves. A floração ocorre de setembro a janeiro (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2006).
<i>J. puberula</i>	Decídua, heliόfita, característica da floresta pluvial do alto da serra do mar. Ocorre tanto no interior da floresta primária como em formações secundárias. Sua dispersão ao longo da área de ocorrência é descontínua e irregular. Floresce durante os meses de agosto e setembro junto com o surgimento das novas folhas. A maturação dos frutos verifica-se em fevereiro e março (LORENZI, 1992).
<i>L. speciosa</i>	Heliόfila, que tolera sombreamento de baixa e média intensidade e baixas temperaturas (em florestas naturais, árvores adultas toleram temperaturas mínimas de -11°C). Pertence ao grupo sucessional das secundárias iniciais, sendo encontrada principalmente no estrato intermediário e na vegetação secundária da Floresta Ombrófila Mista, na formação Montana e Submontana. A floração ocorre de outubro a fevereiro, e a frutificação de dezembro a março (CARVALHO, 2003).
<i>M. elaeagnoides</i>	Secundária inicial, secundária tardia ou clímax, exigente em luz. Quando jovem é de luz difusa ou mesmo esciόfila, e se regenera, à sombra, além de tolerar baixas temperaturas (CARVALHO, 2007).
<i>M. scabrella</i>	Semidecídua, heliόfila, pioneira, indiferente às condições físicas do solo. É característica e exclusiva das matas de pinhais, principalmente de associações secundárias, onde chega frequentemente a formar agrupamentos puros. A floração ocorre de junho a outubro e a frutificação de novembro a janeiro (LORENZI, 1992; 2002; CONAFOR, 2006).
<i>P. crenata</i>	Caducifólia, heliόfita ou esciόfita e indiferente quanto à umidade do solo. Característica da Floresta Pluvial Atlântica (SCHWIRKOWSKI, 2009).
<i>P. angustifolia</i>	Heliόfila, mas quando jovem se comporta como clímax. É tolerante à baixas temperaturas. É comum nas clareiras, nos capoeirões e na floresta secundária, sendo uma das melhores indicadoras de vegetação semi-devastada no Planalto Sul-Brasileiro (CARVALHO, 2006).
<i>V. discolor</i>	Perenifólia ou semidecídua, heliόfila, pioneira e seletiva higrόfita. Ocorre quase que exclusivamente em matas que sofreram interferência humana e em formações secundárias (capoeiras e capoeirões) e, preferencialmente em fundo de vales e encostas úmidas (LORENZI, 1992).

Preparo das Amostras

Após a coleta, as amostras foram colocadas em suportes para o transporte e secagem. Após a secagem já em laboratório as amostras não destrutivas foram coladas com cola branca em suportes de madeira previamente preparados, sendo fixadas com fita crepe após a colagem, para evitar o empenamento. Na sequência, as amostras foram lixadas com o auxílio de uma lixadeira circular seguindo a graduação de granas crescente de 180, 220, 320 e 400, para que a superfície ficasse sem aranhões e marcas que poderiam dificultar a visualização do limite dos anéis de crescimento. A medição dos anéis de crescimento foi feita com o auxílio de um microscópio estereoscópico e mesa de mensuração de anéis de crescimento, com precisão de 0,01mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento médio dos últimos 50 anos para as 9 espécies estudadas está apresentado na tabela 3. Submetidas às mesmas condições de crescimento, grupos sucessionais respondem de forma distinta aos estímulos externos. Isso pode ser observado no comportamento da *Mimosa scabrella*, que apresentou o maior incremento anual médio nos últimos 50 anos, quando comparada às outras oito espécies. Entretanto este crescimento não foi constante ao longo dos anos, o que pode ser verificado pelo alto desvio padrão apresentado.

P. angustifolia e *V. discolor* apresentaram crescimento inferior ao observado para *Mimosa scabrella*, apesar de terem sido observadas médias de IPA_{50anos} superior às demais espécies.

Piptocarpha angustifolia, *Vernonia discolor*, *Jacaranda puberula*, *Lamanonia speciosa* e *Capsicodendron dinisii* apresentaram crescimento superior ao relatado em trabalhos realizados em Irati e São João do Triunfo, no Paraná (FIGUEIREDO FILHO et al, 2003; STEPKA, 2008). Crescimento diferente da mesma espécie em diferentes locais de estudo pode ser devido as características ambientais distintas, em função das diferenças edafoclimáticas entre locais. Além disso, outros fatores podem interferir no crescimento de árvores numa floresta, como por exemplo, competição por luz, água e nutrientes, ataque de predadores, variabilidade genética e idade das árvores (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1997).

TABELA 3: Incremento anual médio dos últimos 50 anos para nove espécies da Floresta Ombrófila Mista, Caçador, SC.

TABLE3: Average annual increment of the last 50 years of nine species of Araucaria forest, Hunter, SC.

Espécie	Média de incremento em diâmetro*	Desvio padrão
<i>Mimosa scabrella</i>	1,15 a	0,74036
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	0,89653 b	0,58429
<i>Vernonia discolor</i>	0,8758 b	0,61651
<i>Jacaranda puberula</i>	0,49007 c	0,28286
<i>Lamanonia speciosa</i>	0,48681 c	0,28482
<i>Clethra scabra</i>	0,35569 d	0,20394
<i>Capsicodendron dinisii</i>	0,35435 d	0,24133
<i>Matayba elaeagnoides</i>	0,23951 d	0,16890
<i>Picrasma crenata</i>	0,22673 d	0,12348

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tuckey a 5% de probabilidade.

O crescimento de *M. elaeagnoides* foi melhor ajustado pelo modelo de Gompertz, enquanto o crescimento das demais espécies foi melhor representado pela equação da reta. Os parâmetros estatísticos dos modelos e as equações de crescimento das nove espécies estão detalhados na Tabela 4. Observa-se que apenas *Matayba elaeagnoides* (figura 1) atingiu o ponto de inflexão da curva, mostrando uma tendência à estabilização do crescimento. Em estudo realizado por Lingner et.al, (2007) Na reserva florestal Embrapa. Epagri, a espécie *Matayba elaeagnoides* juntamente com *Araucaria angustifolia* foi uma das representantes mais importantes desse remanescente da FOM.

TABELA 4: Equação de crescimento e os respectivos parâmetros estatísticos de nove espécies da Floresta Ombrófila Mista, Caçador, SC.

TABLE 4: Growth equation and the statistical parameters for nine species from Araucaria Forest, Caçador, SC.

Espécies	Equação de crescimento	R ² (%)	CV%	Syx%
<i>Matayba elaeagnoides</i>	$y(mat) = 46,863 e^{-e^{1,213-0,014 \cdot x}}$	99,5	11,7	
<i>Picrasma crenata</i>	$y(pic) = 2,488 + 0,260x$	99,8	2,9	28,5
<i>Mimosa scabrella</i>	$y(mim) = 2,999 + 0,592x$	64,4	39,0	12,3
<i>Jacaranda puberula</i>	$y(jac) = 3,917 + 0,435x$	89,0	15,1	13,3
<i>Capsicodendron dinisii</i>	$y(cap) = 1,004 + 0,319x$	84,3	24,4	11,9
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	$y(pip) = -1,400 + 0,871x$	87,1	22,5	19,7
<i>Vernonia discolor</i>	$y(ver) = 5,613 + 0,643x$	95,8	10,2	21,6
<i>Lamanonia speciosa</i>	$y(lam) = 5,037 + 0,469x$	99,2	4,0	31,2
<i>Clethra scabra</i>	$y(cle) = 2,301 + 0,285x$	88,6	16,0	15,8

Onde: Y= diâmetro; x = idade em anos; R² - coeficiente de determinação; CV% -coeficiente de variação em percentagem; Syx - erro padrão da estimativa.

Na figura 2 pode-se observar o crescimento médio por décadas e a média no período, para cada uma das nove espécies. Observa-se que a maioria das espécies (*Matayba elaeagnoides*, *Picrasma crenata*, *Jacaranda puberula*, *Capsicodendron dinisii*, *Lamanonia speciosa* e *Clethra scabra*) apresentou crescimento constante ao longo dos anos, diferente do observado por Mattos et al. (2010) para seis espécies da Reserva Florestal Embrapa-Epagri. *Mimosa scabrella*, *Vernonia discolor* e *Piptocarpha angustifolia* apresentaram crescimento diferenciado entre décadas, mas considerando que se trata de árvores jovens (figura 1), possivelmente esse crescimento é resposta da fase de desenvolvimento das árvores, e não a mudanças ambientais ou climáticas.

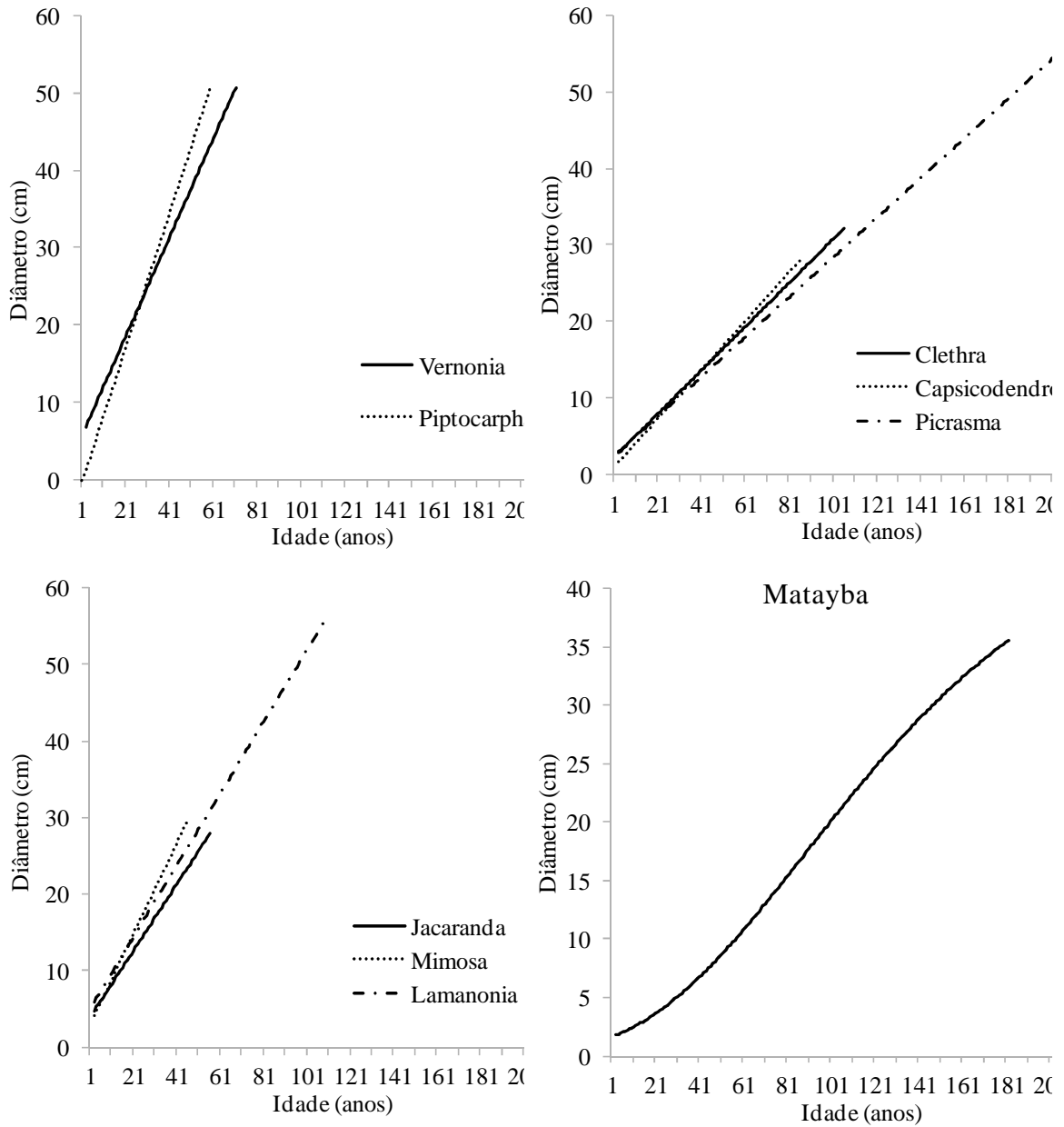


FIGURA 1: Curvas de crescimento de nove espécies da Floresta Ombrófila Mista, Caçador, SC.
 FIGURE 1: Growth equation of nine species from Araucaria Forest, Caçador, SC.

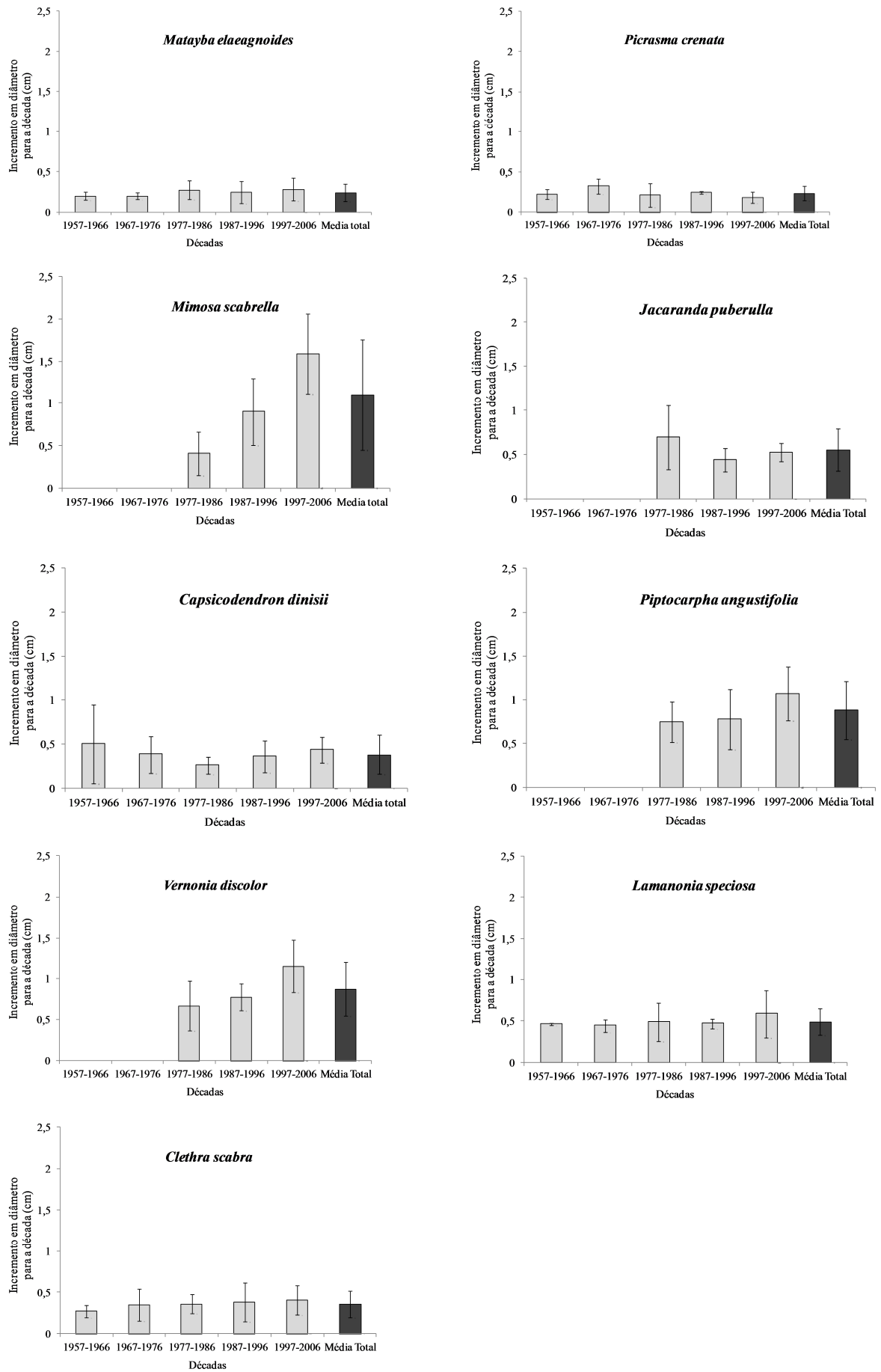


FIGURA 2: Crescimento periódico por décadas, para nove espécies de Caçador, SC.
 FIGURE 2: Periodic growth for decade, for nine species from Caçador, SC.

CONCLUSÃO

Mimosa scabrella foi a espécie com maior crescimento, sendo que *Clethra scabra*, *Capsicodendron dinisii*, *Matayba elaeagnoides* e *Picrasma crenata* foram as espécies com menor crescimento entre as nove estudadas.

O modelo de crescimento que melhor representa o período estudado para oito espécies é a equação da reta. Apenas *Matayba elaeagnoides* apresentou melhor ajuste pelo modelo de Gompertz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMATO, C. M., Ecologia de populações de *Ocotea Porosa* (Nees) Barroso em áreas submetidas a diferentes graus de perturbação. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008, 57p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas – Colombo: EMBRAPA-CNPQ. Brasília. 2006. Vol. 2. 628 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas – Colombo: EMBRAPA-CNPQ. Brasília. 2007. Vol. 1. 1039 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas – Colombo: EMBRAPA-CNPQ. Brasília. 2003. Vol. 2. 627 p.

COMISION NACIONAL FORESTAL - CONAFOR. *Mimosa scabrella*. Disponível em <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/bosquedades/Fichas%20Tecnicas/Mimosa%20scabrella.pdf>. Acessado em 26/09/2011.

FIGUEIREDO FILHO, A.; HUBIE, S. R.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J.; SANQUETTA, C. R. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n.1, Jan/Jun 2003 .

FONSECA, M. G. Aspectos demográficos de *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001, 115p.

JAEGER, P. **Caracterização genética e demográfica de populações de *Xylopia emarginata* Mart. (Annonaceae)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2004, 105p.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 2nd. ed. San Diego : Academic Press, c1997. 411 p.

LINGNER, D. V.; OLIVEIRA, Y. M. M. D.; ROSOT, N.; DLUGOSZ, F. Caracterização da estrutura e da dinâmica de um remanescente de Floresta Ombrófila no Planalto Catarinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 55-66, jul./dez. 2007.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 1ª edição. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum Ltda. Vol 1. 1992. 352p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 2 edição. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum Ltda. Vol 2. 2002. 368 p.

MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; HESS, A. F.; SALIS, S. M. de **A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais**. Colombo : Embrapa Florestas; Corumbá : Embrapa Pantanal, 2011. 37 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 218); (Embrapa Pantanal. Documentos, 112).

MATTOS, P. P. de; SANTOS, A. T. dos.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. D.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Crescimento de *Araucaria angustifolia* na Reserva Florestal Embrapa/EPAGRI, Caçador, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 107-114, jul./dez. 2007.

MATTOS, P. P. de; SANTOS, A. T. dos; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D. Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista do Município de Candói, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 153-156, jan./jun. 2007.

MATTOS, P. P. De; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. De; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319-326, nov./dez. 2010.

MEDEIROS, J. D. De.; SAVI, M.; BRITO, B. F. A. de. Seleção de árvores para criação de unidades de

conservação na floresta Ombrófila Mista. **Biotemas**, Florianópolis.v. 18, n, 2, p.33-50, 2005.

MEDEIROS, J. D. De; Mata Atlântica em Santa Catarina: situação atual e perspectivas futuras. In: SCHAFFER, W.B.; PROCHNOW, M. **A Mata Atlântica e você**. Brasília, DF: Apremavi, 2002. p.103-110.

MORA, F.; DEITOS, A.; ARNHOLD, E.; DANDOLINI, T. S. Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 207-213, dez. 2005.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze *Araucaria angustifolia***: bases de dendrocronologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. 2007. 139 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do SUL, Porto Alegre.

OLIVEIRA, M. F. de; MATTOS, P. P. de Crescimento de *Drimys brasiliensis* na Floresta Ombrófila Mista, Colombo, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 61, p. 79-83, jan./abr. 2010.

RIVERA, H. **Ordenamento territorial de áreas florestais utilizando avaliação multicritério apoiada por geoprocessamento, fitossociologia e análise multivariada**. 2007. 225 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; MATTOS, P. P. de; GARRASTAZU, M. C.; SHIMIZU, J. Y. **Monitoramento na Reserva Florestal da Embrapa/Epagri (RFEE) em Caçador, SC**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. (Embrapa Florestas. Documentos, 158).

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SANQUETTA, C. R.; GALVÃO, F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 271-290, maio/ago. 2005.

SCHEEREN, L. W.; FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de Canela-Lageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, 2003.

SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Tree rings anlysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preliminary results. **IAWA Bull**, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989.

STEPKA, T. F. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista por meio de matriz de transição e razão de movimentação** . Dissertação de mestrado - Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO-PR . Irati – PR, 2008.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics: a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 217-231, 2002.

MODELAGEM DE RELAÇÕES HIPDOMÉTRICAS PARA UM POVOAMENTO DE UM HÍBRIDO DE *Eucalyptus* SUBMETIDO A DESRAMA ARTIFICIAL

MODELLING HIPSOMETRIC RELATIONS FOR A SETTLEMENT OF HYBRID *Eucalyptus* UNDER ARTIFICIAL PRUNING

Diego Piva Cezana¹; Thiago Reggiani Cotta²; Onair Mendes de Oliveira³;
Adriano Ribeiro de Mendonça⁴; Gilson Fernandes da Silva⁵; José Franklim Chichorro⁶

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar modelos de relação hipsométrica de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com idade de 30 meses submetido a desrama artificial aos 24 meses, no município de Mimoso do Sul, ES. Foram avaliados cinco modelos tradicionais e adicionada a co-variável intensidade de desrama a esses modelos, a fim de selecionar o melhor modelo, foram utilizados como critério, o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro padrão relativo (Syx%), análise gráfica dos resíduos, *bias* (B), média das diferenças absolutas (MD) e desvio padrão das diferenças (DPD). Os modelos Logístico e Parabólico foram os que se mostraram mais eficientes na estimativa da altura total (h) a partir do diâmetro a altura do solo (das).

Palavras-chave: Relação hipsométrica; relação dendrométrica, desrama.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate hypsometric relation models of *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* aged 30 months subjected to artificial pruning at 24 months in the county of Mimoso do Sul, ES. Five traditional models were evaluated and added the co-variant intensity of pruning (ID). For select the best model, were used as criterion, the determination coefficient ($R^2_{adj.}$), relative standard error (Syx%), graphical analysis of the residue, bias (B), average of the absolute differences (MD) and standard deviation of differences (DPD). Parabolic and Logistic models were those that were more efficient in estimating the total height (h) from the diameter to height (das).

Keywords: hypsometric relation; dendrometric relation; pruning.

INTRODUÇÃO

É notável nos últimos anos o crescente aumento da demanda por madeiras para serraria, provenientes de áreas de reflorestamento, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. A busca pelo melhor aproveitamento das florestas e de melhor remuneração pela madeira tem incentivado, por parte de empresas, estratégias para oferta de madeira serrada de *Eucalyptus* sp. (VALE et al., 2002). As empresas que visam tal produção investem no manejo de suas florestas com a finalidade de aumentar a qualidade da madeira. Assim, a desrama é uma técnica que tem a finalidade de diminuir a incidência de nós e com isso permite agregar valor à floresta produzindo um material de alta qualidade, livre de defeitos e, principalmente com maior resistência, durabilidade e beleza (SCHNEIDER, 1999; VALE, 2000;

¹Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Lindemberg, 316, CEP 29550-000 Jerônimo Monteiro (ES). Bolsista da CAPES. diegocezana@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Lindemberg, 316, CEP 29550-000 Jerônimo Monteiro (ES). Bolsista da CAPES. thiagoreggiani@hotmail.com

³Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Lindemberg, 316, CEP 29550-000 Jerônimo Monteiro (ES). Bolsista da CAPES. onairmendes@yahoo.com.br

⁴Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Lindemberg, 316, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). ribeiroflorestal@yahoo.com.br

⁵Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto IV do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Lindemberg, 316, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). gilson.silva@pq.cnpq.br

⁶Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Lindemberg, 316, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). jfufes@gmail.com

FINGER et al., 2001; PIRES, 2002; PULROLNIK, 2002; ALMEIDA, 2003; HOPPE e FREDDO, 2003).

Quanto a fatores que influenciam a produtividade, considera-se a qualidade das mudas, o preparo adequado do solo, a adubação inicial e de cobertura e os tratamentos silviculturais, como a desrama artificial. Por isso, o conhecimento do efeito dos fatores de produção da espécie é relevante quando relacionados à produtividade e à qualidade da madeira (HOSOKAWA, et al., 1998) bem como, quando relacionados ao custo/benefício. Assim, a definição de alternativas que aumentem a eficácia e a eficiência no uso dos fatores de produção, possibilitará aos produtores implantar projetos de investimentos com maior estabilidade de produção e retorno econômico (REZENDE et al., 2006).

Dentre os tratamentos silviculturais utilizados nos plantios, a desrama artificial merece destaque, pois com ela é possível melhorar as propriedades físicas da madeira, quando seu destino está programado para serraria, reduzindo a quantidade de madeira com presença de nós, obtendo produtos mais nobres e agregando valor ao produto final (HOSOKAWA, et al., 1998). No entanto, a redução da área fotossinteticamente ativa da planta, pode prejudicar seu crescimento em diâmetro, altura e conseqüentemente em volume. Desse modo, são necessários trabalhos que definam a melhor intensidade e época de utilização dessa técnica, para que se produza madeira de qualidade sem reduzir a taxa de crescimento da planta.

De acordo com Campos e Leite (2006), quando se deseja obter as alturas das árvores em povoamentos extensos, a medição de todas as árvores se torna muito dispendiosa, sendo indicado o uso de relações hipsométricas, tais relações relacionam variáveis de fácil medição, principalmente o diâmetro a altura do peito (DAP) com a altura total. Esses autores estão em concordância com Soares et al. (2004) que afirmam que a estimativa indireta da altura das árvores em um povoamento florestal representa uma atividade extremamente importante nos inventários florestais, sobretudo àqueles destinados a quantificação da produção em volume de madeira.

A relação hipsométrica é um instrumento essencial na prática tradicional do inventário florestal, sendo que o seu objetivo principal é obter a altura de árvores individuais. Esta técnica resulta numa sensível redução do custo de inventário, dado o elevado custo relativo da mensuração da altura comparada à do diâmetro (BATISTA, 2001).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi selecionar entre os modelos ajustados, o que possuísse melhor adequação à base de dados de um povoamento do híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com idade de 30 meses submetido a desrama artificial aos 24 meses, no município de Mimoso do Sul, ES.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi instalado no sítio Bom Destino, Distrito de São José das Torres, município de Mimoso do Sul, estado do Espírito Santo, à margem esquerda da BR 101 – Sul, no km 442, localizado a 21°06'14" de latitude sul e 41°13'44,28" de longitude oeste do Meridiano de Greenwich.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, tropical chuvoso. A temperatura média anual é superior a 22°C, com pluviosidade média em torno de 1.000 mm anuais com estação seca bem definida (EUCLYDES et al., 2007)

O relevo é formado por áreas montanhosas e permeadas com áreas planas (baixadas) e a área em que se encontra o povoamento, está a 80 metros em média, acima do nível do mar.

Características do povoamento

O povoamento possui uma área de 7,5 ha, inclinação variando entre 30 e 50% e solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo.

É composto pelo híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* proveniente de sementes, com espaçamento de 3 x 2 m, sendo que a primeira desrama artificial ocorreu aos 24 meses de idade.

O plantio foi realizado através do coveamento manual, no momento do plantio foi feita calagem e no primeiro ano foram realizados os tratamentos silviculturais de coroamento, roçadas e combate a formigas.

Coleta dos dados

Para selecionar as árvores de cada parcela, sorteava-se a classe de altura e a intensidade de desrama que seria realizada. Para diminuir o efeito de borda, entrava-se na fila pela estrada do interior do talhão e a partir da terceira árvore verificava-se se a árvore se enquadrava na classe de altura sorteada, caso se enquadrasse, realizava-se a desrama na intensidade previamente sorteada, tomando o cuidado de não desramar árvores vizinhas. Assim, ao selecionar todas as árvores de uma parcela, realizava-se novo sorteio para definir qual tratamento seria realizado na parcela seguinte. Com isso, as parcelas não tinham tamanhos iguais, isso se justifica pelo fato do plantio ser muito heterogêneo, o que faz com que as classes de altura estejam distribuídas de forma irregular no povoamento.

A circunferência a altura do solo foi medida com auxílio de uma fita métrica e posteriormente foi transformada para diâmetro à altura do solo (DAS) e a altura total de cada árvore foi medida com uma

régua telescópica. A desrama artificial das árvores foi realizada utilizando-se tesouras de poda, podão e serra de poda.

Seis meses após a intervenção da desrama artificial foi realizada uma nova mensuração das variáveis altura total e DAS, para que estas novas medidas fossem utilizadas para ajustar os modelos hipsométricos selecionados, e avaliar se a inserção da co-variável intensidade de desrama tem efeito significativo nos modelos.

Modelos de relação hipsométrica

A fim de se escolher o melhor modelo de relação hipsométrica, foram utilizados cinco modelos tradicionais de relação hipsométrica, tais modelos utilizam como variável independente apenas o diâmetro a determinada altura, geralmente a 1,30 m do solo, após esses ajustes, foi inserido nos cinco modelos a co-variável intensidade de desrama para verificar o efeito dessa co-variável na precisão do modelo. Para análise dos dados e ajuste das equações, foi utilizado o *software* estatístico R versão 2.10.1.

QUADRO 1: Modelos testados para a estimativa da altura total.

TABLE 1: Models tested to estimate the total height.

Modelo	Autor	Forma de Ajuste
1	Curtis	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 das^{-1} + \varepsilon$
2	Modelo Parabólico	$H = \beta_0 + \beta_1 das + \beta_2 das^2 + \varepsilon$
3	Logístico	$H = \frac{\beta_0}{1 + \exp[(\beta_1 - das) / \beta_2]} + \varepsilon$
4	Modelo da linha reta	$H = \beta_0 + \beta_1 . das + \varepsilon$
5	Stoffels	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(das) + \varepsilon$

Em que: H= altura total da árvore i em metros; *das* = diâmetro medido a altura do solo em cm; exp = base do logaritmo neperiano; *ln* = logaritmo neperiano; β_i = parâmetros do modelo e ε = erro da estimativa.

Após o ajuste dos modelos da Tabela 1 que levam em consideração apenas o diâmetro a altura do solo (DAS), foram ajustados os mesmos modelos levando em consideração também a co-variável intensidade de desrama, os modelos com a co-variável estão listados na Tabela 2.

QUADRO 2: Modelos de relação hipsométrica com inserção de co-variável intensidade de desrama testados para a estimativa da altura total.

TABLE 2: Hypsometric relationship models with inclusion of co-variant intensity of pruning tested to estimate the total height

Modelo	Autor	Forma de Ajuste
6	Curtis	$\ln(H) = (\beta_{00} + \beta_{01}ID) + (\beta_{10} + \beta_{11}ID)das^{-1} + \varepsilon$
7	Modelo Parabólico	$H = (\beta_{00} + \beta_{01}ID) + (\beta_{10} + \beta_{11}ID)das + (\beta_{20} + \beta_{21}ID)das^2 + \varepsilon$
8	Logístico	$H = \frac{\beta_{00} + \beta_{01}ID}{1 + \exp \frac{(\beta_{10} + \beta_{11}ID) - das}{\beta_{20} + \beta_{21}}} + \varepsilon$
9	Modelo da linha reta	$H = (\beta_{00} + \beta_{01}ID) + (\beta_{10} + \beta_{11}ID)das + \varepsilon_i$
10	Stoffels	$\ln(H) = (\beta_{00} + \beta_{01}ID) + (\beta_{10} + \beta_{11}ID)\ln(das) + \varepsilon$

Em que: H= altura total da árvore i em metros; *das* = diâmetro medido a altura do solo em cm; ID = intensidade de desrama realizada (0; 0,4; 0,6; 0,8); exp = base do logaritmo neperiano; *ln* = logaritmo neperiano; β_i = parâmetros do modelo e ε = erro da estimativa.

A avaliação da acurácia dos modelos foi realizada tomando-se como base os seguintes critérios:

Análise gráfica do resíduo (R%), calculados pela seguinte expressão:

$$R\% = \frac{\hat{h} - h}{h} \cdot 100$$

Onde: \hat{h} = Altura total estimada, em metros; h = Altura total observada, em metros.

Coefficiente de correlação entre os valores observados e estimados ($r_{h\hat{h}}$), onde: $R = (r_{h\hat{h}})$

Sendo:

$$r_{h\hat{h}} = \frac{\sum_{i=1}^n h\hat{h} - \frac{\sum_{i=1}^n h \sum_{i=1}^n \hat{h}}{n}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n h^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n h)^2}{n}\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n \hat{h}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \hat{h})^2}{n}\right)}}$$

Onde: $r_{h\hat{h}}$ = Coeficiente de correlação linear; \hat{h} = Altura estimada, nas unidades originais; h = Altura observada, nas unidades originais; n = Número de observações.

Erro Padrão Relativo ($S_{yx}\%$)

$$S_{yx}\% = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h - \hat{h})^2}{n - p}}}{\bar{h}} \cdot 100$$

Onde: $r_{h\hat{h}}$ = Coeficiente de correlação linear; \hat{h} = Altura estimada, nas unidades originais; h = Altura observada, nas unidades originais; n = Número de observações; p = Número de variáveis independentes; \bar{h} = Média aritmética da altura nas unidades originais.

Além disso, foram feitos testes complementares (Quadro 3) por meio das estatísticas a seguir: *bias* (B); média das diferenças absolutas (MD) e desvio padrão das diferenças (DPD). A partir da análise das estatísticas B, MD e DPD ordenou-se de acordo com o grau de precisão sendo atribuídas notas de acordo com os resultados das estatísticas obtidas para cada equação. Foi considerado o modelo mais acurado aquele que resultou em menor somatório nas notas.

QUADRO 3: Critérios para avaliação do ajuste e validação dos modelos

TABLE 3: Criteria for evaluating the fit and validation of models

Critério	Estimador
<i>Bias</i>	$B = \frac{\sum_{i=1}^n h_i - \sum_{i=1}^n \hat{h}_i}{n}$
Média das diferenças absolutas	$MD = \frac{\sum_{i=1}^n h_i - \hat{h}_i }{n}$
Desvio padrão das diferenças	$DPD = \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n d_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n d_i)^2}{n}\right)}{n - p}}$

Onde: h_i = altura observada; \hat{h}_i = altura estimada; n = número de observações; p = número de parâmetros de cada modelo; e $d_i = (h_i - \hat{h}_i)$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o ajuste, verificou-se que as equações 2 e 3 foram as que apresentaram os menores valores de coeficiente de variação e os maiores valores de coeficiente de determinação. Os modelos 6, 7, 8 e 10 apresentaram problemas com a significância dos parâmetros relacionados com a co-variável intensidade de desrama.

TABELA 1: Parâmetros estimados e medidas de precisão das equações hipsométricas avaliadas
 TABLE 1: Estimated parameters and measures of precision of the hypsometric equation evaluated

Nº	Equação	R	S _{yx} %
1	$\ln(h) = 2,6893 - 3,93092 \text{ das}^{-1}$	93,9	17,6
2	$h = -1,089095 + 1,765244 \text{ das} - 0,055528 \text{ das}^2$	94,0	15,5
3	$h = \frac{12,3504}{1 + \exp\left(\frac{5,0330 - \text{das}}{2,3160}\right)}$	93,9	15,7
4	$h = 0,77533 + 1,04742 \text{ das}$	93,0	16,7
5	$\ln(h) = 0,20918 + 0,97167 \ln(\text{das})$	92,9	17,1
9	$h = (1,34329 - 1,34680 \text{ ID}) + (0,95886 + 0,220729 \text{ ID}) \text{ das}$	93,0	16,7

As equações 1, 4, 5 e 9 apresentaram valores bem próximos no que diz respeito às medidas de precisão, entretanto foram menos precisas que as equações 2 e 3.

Na Tabela 2 são apresentadas as estimativas das estatísticas “bias” (B), média das diferenças absolutas (MD) e desvio padrão das diferenças (DPD) para os modelos hipsométricos testados para o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* submetidos a desrama artificial. No caso da estatística *Bias*, valores positivos indicam subestimação, enquanto valores negativos indicam superestimação. A partir das estatísticas apresentadas na Tabela 2, foram atribuídas notas aos modelos classificando-os do mais preciso para o menos preciso, foi construído um *ranking* no qual o modelo com menor nota é o mais preciso e o modelo com maior nota o menos preciso.

TABELA 2: Estatística “bias” (B), média das diferenças absolutas (MD) e desvio padrão das diferenças (DPD) para as estimativas da altura total.

TABLE 2: Statistics “bias” (B), average of the absolute differences (MD) and standard deviation of the differences (DPD) for the estimates of the total height

Modelo	B	MD	DPD
Curtis	0,1675	0,9820	1,2318
Parabólico	$-9,21 \times 10^{-6}$	0,8781	1,0928
Logístico	-0,0101	0,8924	1,1060
Modelo da linha reta	$-8,07 \times 10^{-6}$	0,9798	1,1867
Stoffels	0,05	0,9563	1,2092
Reta com co-variáveis	$2,61 \times 10^{-7}$	0,9637	1,1748

A título de exemplificação, tomemos o modelo de Curtis, que possui para o valor de 0,9820 para a estatística MD. Ao compará-lo com os outros modelos, a nota atribuída a este foi 6 (Tabela 3). O que significa que, considerando a MD, o modelo de Curtis obteve a pior estimativa dentre os modelos testados. O mesmo raciocínio foi utilizado para as demais estimativas, e o resultado é apresentado na Tabela 3.

TABELA 3: Notas atribuídas, a partir das estatísticas da Tabela 2, para as estimativas da altura total.

TABLE 3: Notes attributed to statistics in Table 2 for estimates of the total height.

Modelo	B	MD	DPD	Total	Posição
Curtis	6	6	6	18	6
Parabólico	3	1	1	5	1
Logístico	4	2	2	8	2
Modelo da linha reta	2	5	4	11	4
Stoffels	5	3	5	13	5
Reta com co-variáveis	1	4	3	8	2

Assim, é possível notar que pelas estatísticas B, MD e DPD o melhor modelo para estimar a altura total da árvore em função do diâmetro a altura do solo é o modelo parabólico seguido pelo modelo Logístico e modelo da Linha empatados em segundo lugar. Mediante análise de dispersão dos resíduos em porcentagem (Figura 1), verificou-se tanto no modelo logístico quanto no modelo parabólico, uma alta dispersão dos resíduos em árvores de diâmetros menores, sendo que com o aumento do diâmetro, aumenta-se a precisão da equação, tal comportamento também pode ser verificado nos demais modelos,

porém nos modelos 4, 5 e 9, nota-se uma tendência de superestimar a altura das árvores maiores, enquanto no modelo de Curtis, pode-se verificar que há uma subestimativa da altura das árvores maiores e uma superestimação da altura de árvores menores. Verifica-se também um ganho com o uso da co-variável Intensidade de desrama no modelo da linha reta, já que o modelo com a adição da co-variável apresentou-se mais eficiente que o modelo sem a adição da mesma.

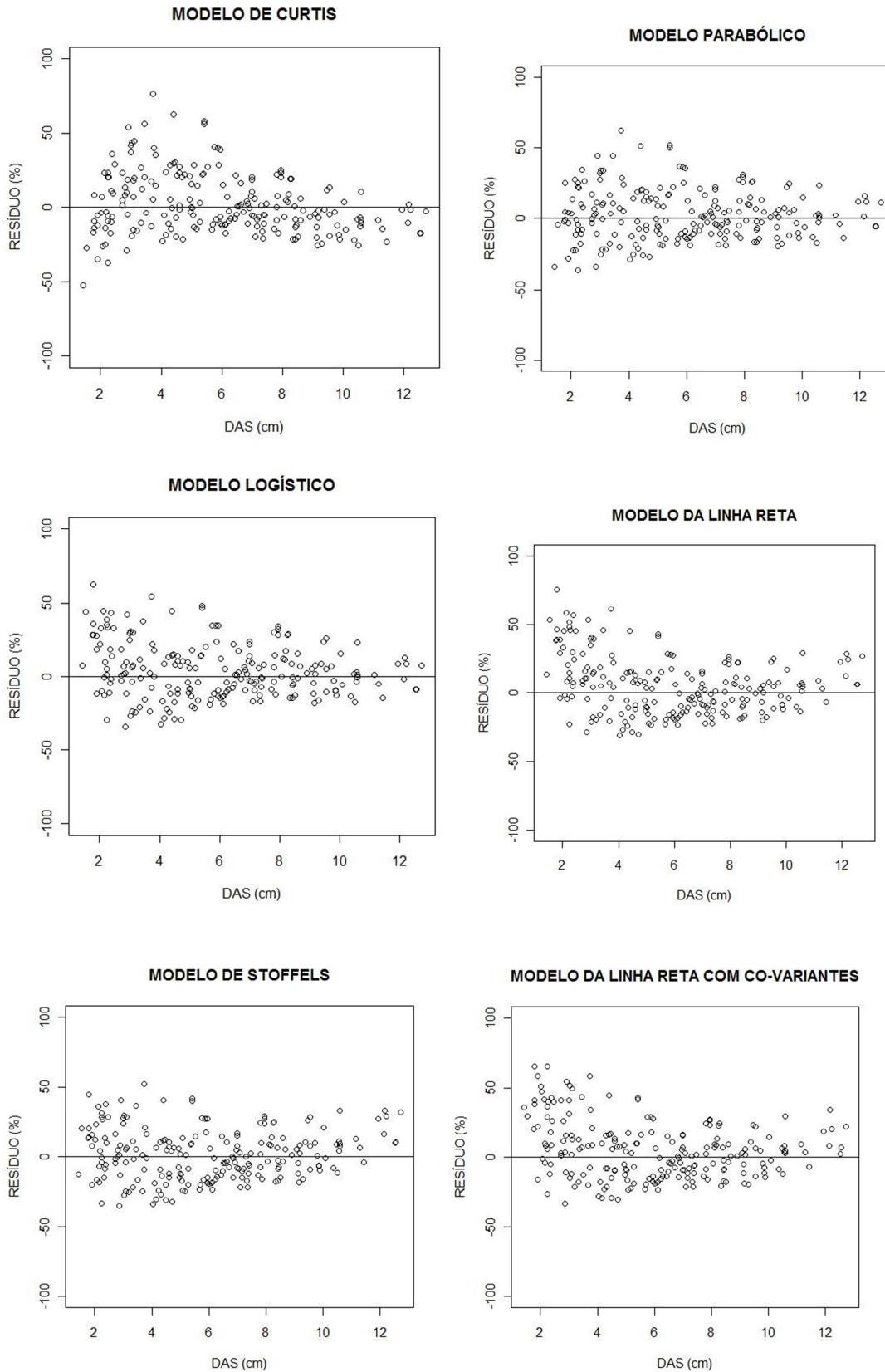


FIGURA 1: Resíduos percentuais dos modelos hipsométricos
 FIGURE 1: Waste percentage hypsometric models

CONCLUSÕES

Ao fim do trabalho, analisando os resultados, pode-se concluir que para a base de dados em questão, os modelos Parabólico e Logístico foram os que apresentaram-se mais adequados para estimar a altura das árvores a partir do diâmetro. A inserção da co-variável intensidade de desrama apresentou efeito significativo apenas no modelo da linha reta, é possível que se o estudo se repetir em uma idade mais avançada do povoamento, o efeito da desrama se torne significativo na relação hipsométrica também para os demais modelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. **Scientia Forestalis**, n.60, p.149-163, 2001.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 470 p
- EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; FARIA FILHO, R. F.; SANTOS, A. P.; Regionalização hidrológica na região hidrográfica capixaba, compreendida entre os limites da bacia do rio doce e do rio Itabapoana. **I simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste**. 2007.
- FINGER, C. A. G.; SCHEIDER, P. R.; BAZZO, J. L.; KLEIN, J. E. M. K. Efeito da intensidade de desrama sobre o crescimento e a produção de *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Cerne**, v.7, n.2, p.53-64, 2001.
- HOPPE, J. M.; FREDDO, A. R. Efeito da intensidade de desrama na produção de *Pinus elliottii* Engelm., no município de Piratini, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n.2, p. 47-56, 2003.
- HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR, 1998. 162 p.
- PAIVA, H. N.; JACOVINE, L. A. G.; RIBEIRO, G. T.; TRINDADE, C.; **Cultivo de Eucalipto em Propriedades Rurais**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001, 138 p.
- PIRES, B. M.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; Crescimento de *Eucalyptus grandis* submetido a diferentes intensidades de desrama artificial na região de Dionísio, MG. **Brasil Florestal**, n.73, p. 13-21, 2002.
- PULROLNIK, K. **Crescimento, dinâmica de copa e qualidade da madeira para serraria de clone de *Eucalyptus grandis* [Hill exMaiden] submetido à desrama artificial**. 2002. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- REZENDE, J. L. P.; PADUA, C. T. J.; OLIVEIRA, A.D.; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais. **Cerne**, v.12, n.3, p. 112-231, 2006.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M. Efeito da intensidade de desrama na produção de *Pinus elliottii* Engelm.; implantado em solo pobre, no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.35-46, 1999.
- SOARES, T. S.; SCOLFORO, J. R. S.; FERREIRA, S. O.; MELLO, J. M. Uso de diferentes alternativas para viabilizar o uso da relação hipsométrica no povoamento florestal. **Revista Árvore**, n.6, p.845-854, 2004.
- VALE, R. S. **Efeito da desrama artificial no crescimento e na qualidade da madeira de clones de eucalipto, em sistema agro-silvo-pastoril**. 2000. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2000.
- VALE, R. S.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORI, F. A.; MORAIS, A. R. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, p. 285-297, 2002.

**AVALIAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO E ADAPTAÇÃO DE DIFERENTES ESPÉCIES DE
Eucalyptus sp, NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ**

**DEVELOPMENT AND EVALUATION OF ADAPTATION DIFFERENT *Eucalyptus* sp. IN
SOUTHWEST PARANÁ**

Speltz, F. R.¹; Ribeiro, R. R.²; Mezzalira, C. C.¹; Stenger, L. D.²; Lima, A. L. P.¹; Brun, E. J.³

RESUMO

O presente trabalho avaliou o desenvolvimento de diferentes espécies do gênero *Eucalyptus* implantados do Projeto TUME (Teste de Uso Múltiplo de *Eucalyptus*) na Unidade de Ensino e Pesquisa em Silvicultura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos, a fim de avaliar a espécie dentre as estudadas que apresentou um melhor desenvolvimento às condições edafoclimáticas da região de estudo. O TUME foi implantado com uso de 8 diferentes tratamentos sendo híbridos e clones de *Eucalyptus* sp., em parcelas demonstrativas contendo 160 repetições cada, plantadas em espaçamento 3 x 2 m. O preparo do solo para o plantio foi realizado através da roçada mecanizada e aplicação de herbicida em área total e subsolagem na linha, com o plantio feito de forma manual. As avaliações realizadas ocorreram aos 3 e 9 meses de idade. Sendo avaliados a Altura total (Ht), Diâmetro de colo (Dc) e Área de copa (Ac) comparadas nessas duas avaliações. Com isso criou-se um índice de valor de indicação da espécie (IND) o qual refere-se ao somatório de todas mensuráveis aferidas. Assim as espécies que obtiveram melhor desempenho avaliado estatisticamente a 5% de nível de significância foram: o híbrido URUCAM e o clone FO 3044 com IND de 10,53 e 9,44 respectivamente.

Palavras-chave: TUME; desenvolvimento; *Eucalyptus*; crescimento.

ABSTRACT

This study evaluated the development of different species of the genus *Eucalyptus* Project implemented TUME (Test Multiple Use *Eucalyptus*) in Teaching and Research Unit of Forestry in the Federal Technological University of Paraná - Campus Dois Vizinhos, in order to evaluate the species among the study that showed a better development soil and climatic condition of the study area. The TUME was implanted with use of 8 different treatments being hybrids and clones of *Eucalyptus* sp. In demonstration plots containing 160 repetitions each, planted in 2 x 3 m spacing Soil preparation for planting was carried out by mechanized mowing and herbicide application in total area and sub soiling in line with the planting done manually. The assessments occur at 3 and 9 months old. Being evaluated at height (Ht), stem diameter (Dc) and canopy area (Ac) compared these two assessments. This created an index value indicating the kind (IND) which refers to the sum of all measurable measured. Thus species that performed better statistically evaluated at 5% significance level were: the hybrid URUCAM and the clone FO 3044 with IND 10.53 and 9.44 respectively.

Keywords: TUME; development; *Eucalyptus*; growth.

INTRODUÇÃO

As florestas plantadas e nativas são um importante patrimônio do Brasil. O plantio de espécies florestais de rápido crescimento em propriedades rurais traz uma série de benefícios, tais como ocupação de solos não agricultáveis, proteção de nascentes e cursos d'água, recuperação do solo, entre outros. A crescente demanda da produção florestal e o uso de eucalipto esta diretamente relacionada aos seus diversos usos, sua área de plantio vem crescendo a cada ano afim de suprir a necessidade imediata de matéria prima (LIMA, 1996).

O eucalipto foi introduzido no Brasil no fim do século passado. Os primeiros plantios em escala comercial foram feitos visando à produção de lenha para locomotivas e, posteriormente, sua utilização também se deu para o uso de dormentes para estradas de ferro além de postes para a

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Paraná. Email: felipe_speltz@hotmail.com.

² Acadêmicos do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Paraná.

³ Professor Dr. Engenheiro Florestal do curso de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos. Estrada p/ Boa Esperança, km 4 – CEP: 85660-000. Dois Vizinhos, PR. Email: eleandrobrun@utfpr.edu.br;

transmissão de energia. Já em meados de 50, começou a chamar a atenção como potencial para possível produção de celulose, que só foi se estabelecer a partir de 1970. O eucalipto alcançou uma posição de destaque por volta de 1980, quando o Brasil chegou ao estatus de maior produtor e exportador da celulose (LIMA, 1996).

Para Schneider et al.,(1988), o gênero *Eucalyptus* é originário do continente Australiano, onde existem mais de 600 espécies. A partir do início do século passado, várias espécies do gênero *Eucalyptus* adaptadas ao Brasil tiveram seu plantio intensificado no país, sendo usadas nas ferrovias, como dormentes e como lenha para as “maria-fumaças” e mais tarde como poste para eletrificação das linhas. Atualmente, pela versatilidade das espécies, tudo se aproveita.

Segundo a SBS (2010), o gênero *Eucalyptus*, no Brasil, abrange uma área de aproximadamente 4.7 milhões de hectares. Há Cerca de mais de 100 espécies introduzidas no Brasil, dentre essas destacam-se *E. grandis* como o mais comum, com 55% da área total, seguido pelo *E. saligna* e *E. urophylla* com 17% e 9% respectivamente. Isso se deve ao fato da espécie apresentar boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas encontradas nas diferentes regiões do país. Além do rápido crescimento e seu incremento volumétrico superior às espécies nativas, sua procura vem aumentando por empresas e agricultores, interessados em expandir e difundir essa cultura.

Seu cultivo apresenta grande importância econômica, ambiental e social para o Brasil, uma vez que este é empregado num leque diversificado (ABRAF, 2011). Além de representar também uma importante fonte de renda ao país, contribui para a conservação ambiental e de espécies nativas, pois minimiza a exploração predatória. O setor florestal participa com 5% do PIB nacional, equivalente a US\$ 44,6 bilhões. Empregam mais de 4,33 milhões de trabalhadores ligados as atividades florestais e 2,58 milhões de empregos ligados às florestas nativas (SBS, 2010).

Segundo Ribeiro et al.(2010), na região Sudoeste do Paraná, o crescente desenvolvimento agroindustrial traz consigo uma crescente demanda por energia. Segundo dados fornecidos pela EMATER, com base em observações empíricas de campo, estima-se que cerca de 70% da madeira consumida ainda seja proveniente de florestas nativas, a maioria de cortes ilegais. Dessa forma, pesquisas vêm sendo realizadas para buscar novas fontes de madeira para energia, minimizando a pressão de uso sobre florestas nativas.

Segundo a EMBRAPA a escolha da espécie adequada é um dos principais fatores para o sucesso das plantações com eucaliptos. Na hora de decidir qual espécie plantar, é bom pensar em alguns fatores importantes finalidade do plantio, clima e solo do local de plantio, conhecimentos silviculturais sobre a espécie selecionada, produtividade e rentabilidade da plantação com a espécie selecionada e disponibilidade de sementes melhoradas.

Com ênfase em analisar a adaptabilidade de diferentes materiais (híbridos e clones) do gênero *Eucalyptus* sp., na região Sudoeste do Paraná, foi instalado o Projeto TUME (Teste de Uso Múltiplo de *Eucalyptus*), em área demonstrativa na Unidade de Ensino e Pesquisa em Silvicultura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. No presente trabalho, objetivou-se apresentar e discutir dados sobre o desempenho de diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* sp., plantados na referida área de estudo, aos 3 e 9 meses de idade das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Unidade de Ensino e Pesquisa em Silvicultura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Paraná, em dezembro de 2009. O clima característico da região é o Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o verão e verões quentes. A região registra temperaturas médias anuais de 19°C e pluviosidade média de 2025 mm anuais (IAPAR, 2008). O solo é classificado como Nitossolo Vermelho (Bianchini et al., 2009), o relevo é constituído por planaltos com altitudes médias de 500 metros. O município de Dois Vizinhos está localizado na região sudoeste do Paraná.

As 8 espécies, clones ou híbridos denominados genericamente aqui como espécies utilizadas no projeto são oriundos de mudas clonais adquiridas da do Viveiro Florestal Ouro Verde, localizado na cidade de Toledo-PR. Sendo compostas por FO3044, FO2864, FO4033, FO1010, FO3340, URUCAM, GRACAM, UROGRANDIS. O preparo do solo para o plantio foi realizado através da aplicação de herbicida e preparo do solo na linha de plantio com uso de subsolador de cinco hastes, a uma profundidade de aproximadamente 30 cm. O plantio foi realizado manualmente, em espaçamento de 3 metros entre linhas e 2 metros entre plantas, com 160 plantas por espécie. Após o plantio, quando as plantas estavam com três meses de idade, foi realizado o coroamento manual no entorno das mudas, visando controlar a competição de ervas daninhas. Nas linhas de plantio, a roçada foi realizada com o uso de roçadeira tratorizada, e aos seis meses feita a roçada com roçadeira costal, em função da altura em que as plantas se encontravam, uma vez que a roçada tratorizada poderia ocasionar a quebra de galhos e danos as plantas. Aos 6 meses de idade foi feita adubação das plantas, com 300 gramas por planta e coroamento ao redor das mudas, incorporando o adubo na linha de plantio.

Foram realizadas 2 avaliações afim de comparar o crescimento das diferentes espécies em estudo. A primeira ocorreu aos 3 meses (90 dias) após o plantio, obtendo-se diferentes variáveis como altura total (Ht) em metros, diâmetro de colo (Dc) em centímetros e área de copa (Ac) em m² de todos os indivíduos. A segunda foi realizada aos 9 meses (180 dias).

Após avaliação, os dados foram digitados em planilha eletrônica e submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias com software Assistat v. 7.6 Beta.

Como parâmetro para indicação das espécies com potencial promissor para a região fez-se a elaboração de uma fórmula, onde se somou todos os parâmetros avaliados altura total (m), diâmetro do colo (cm) e área de copa (m²), chegando-se à equação:

$$\text{Ind.} = \text{Ht} + \text{Dc} + \text{Ac}$$

Onde: Ind. = Possibilidade de indicação da espécie; Ht= Altura total (m); Dc= Diâmetro do colo (cm); Ac= Área de copa (m²)

Dessa forma, a espécie que apresentar o maior valor da soma simples dessas variáveis, seria a espécie com maior potencial para ser indicada para difusão e ampliação do seu plantio na região, uma vez que representa a soma de características desejáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para altura total das plantas em metros entre os 3 e 9 meses de idade como observado na Figura 1 as espécies que apresentam os melhores desempenhos aos 3 meses foram URUCAM e FO3044, com 2,49 e 2,34 m respectivamente. O clone FO2864 embora aos nove meses apresenta valor baixo para altura total, aos três meses de idade não difere significativamente das espécies que apresentaram valores superiores.

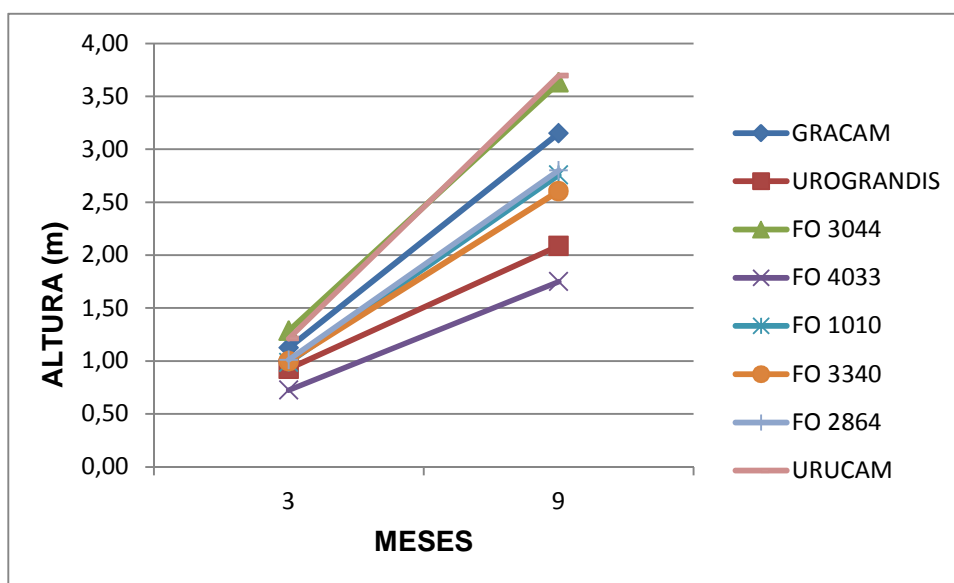


FIGURA 1: Altura das plantas (m) de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp., aos 3 e 9 meses de idade, plantados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, 2011.

FIGURE 1: Height of plants (m) of different species of *Eucalyptus* sp., 3 and 9 months old, planted in the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011.

Para diâmetro de colo, a espécie que apresentou os melhores resultados aos 3 meses foi FO 3044 com diâmetro de 4,21 cm, como observado na Figura 2. Aos 9 meses a espécie FO3044 se destaca por apresentar a melhor média seguido pelo clone URUCAM com 4,44 cm.

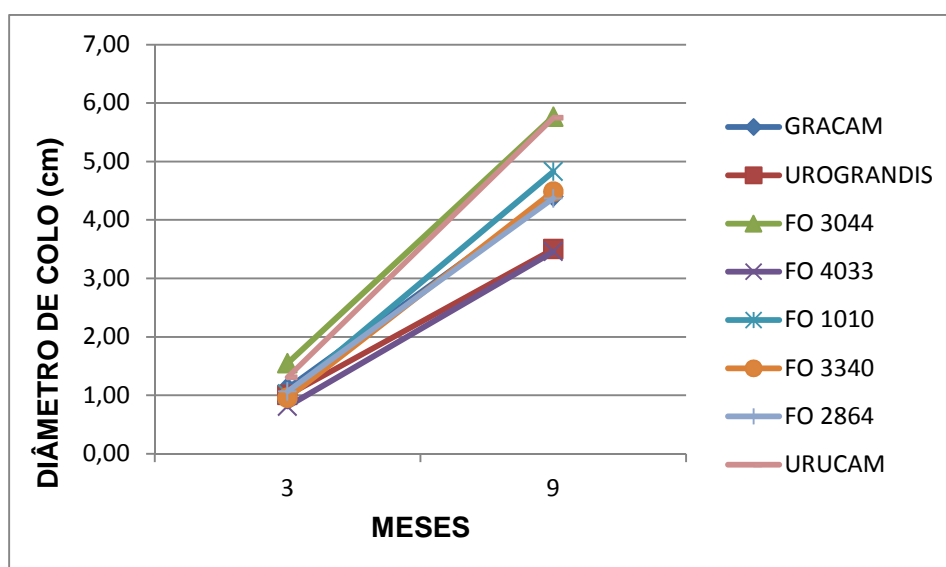


FIGURA 2: Diâmetro do colo (cm) de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp., aos 3 e 9 meses de idade, plantados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011.

FIGURE 2: Diameter of neck (cm) of different species of *Eucalyptus* sp., 3 and 9 months old, planted in the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011.

Para a avaliação de área de copa em m^2 , os melhores resultados obtidos conforme Figura 3, foram das espécies URUCAM com 3,61.

As espécies que apresentaram os piores resultados para ambos os parâmetros dendrométricos analisados (altura total, diâmetro do colo e área de copa) foram respectivamente URUGRANDIS e FO 4033, mostrando que essas espécies apresentam características inferiores as demais para adaptabilidade as diferentes condições de clima, solo encontradas na região de estudo, demonstrando que o seu potencial na região pode ser afetado.

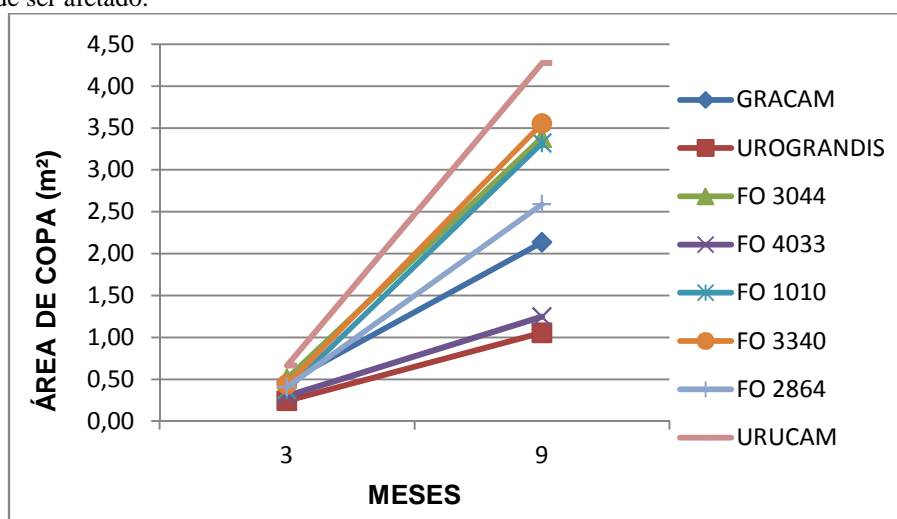


FIGURA 3: Valor de possibilidade de indicação (IND), de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp., aos 3 e 9 meses de idade, plantados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011.

FIGURE 3: Value of restricted indications (IND), different species of *Eucalyptus* sp., 3 and 9 months old, planted in the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011.

No Ind (Índice de possibilidade de indicação das espécies), que foi criado através da quantificação entre as variáveis obtidas (Ht, Dc e Ac), as espécies que mais se destacaram novamente conforme Figura 4 foram: URUCAM e FO 3044, com 10,53 e 4,44 respectivamente.

Porem dentre elas as que tiveram o pior resultado apresentado foram a FO 4033 e URUGRANDIS.

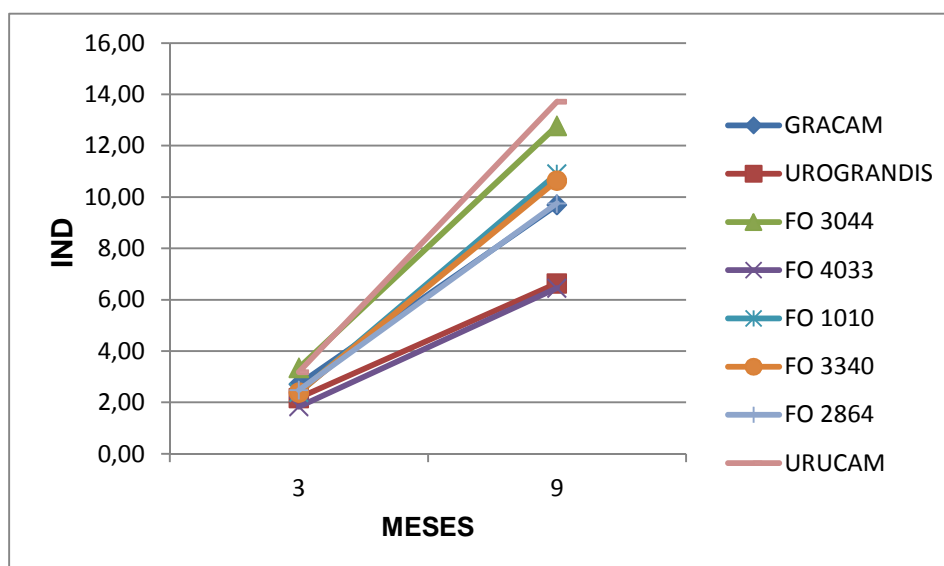


FIGURA 4: Indicação de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp., aos 9 e 15 meses de idade, plantados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011.

FIGURE 4: Indication of different species of *Eucalyptus* sp., at 9 and 15 months age, planted in the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011.

Deve-se destacar que as espécies que apresentam os melhores resultados foram FO3340 e URUCAM, para maioria das variáveis dendrométricas analisadas, dessa forma, essas merecem destaque nos estudo em questão, por apresentarem potencial de adaptação e características superiores às demais espécies estudadas.

As espécies que apresentaram características inferiores foram UROGRANDIS e FO 4033, com baixa adaptação as condições encontradas no ambiente de estudo, conforme Tabelas 1 e 2:

Assim temos para os 3 meses o FO3022 concomitante com URUCAM, não se diferenciando estatisticamente, os melhores desempenhos. O FO4033 obteve um pior rendimento seguindo pelo UROGRANDIS. Os demais tiveram resultados parecidos sendo o GRACAM, FO1010 e FO2864 semelhantes.

Macedo et al. (2002) consideram que o potencial de estabelecimento de espécies florestais, avaliado através da porcentagem de sobrevivência, expressa a capacidade de adaptação e o vigor das mudas, frente as reais condições ecológicas observadas no campo, pós-plantio definitivo. Pois, são sob as diferentes condições de campo que, normalmente as mudas de espécies florestais diferem em suas expressões fenotípicas; as quais retratam fielmente, as magnitudes e efeitos das interações genótipo/ambiente.

TABELA 1: Altura da planta (Ht), diâmetro do colo (Dc), área de copa (m²) e possibilidade de indicação (Ind) de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp., aos 3 meses de idade, plantados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011

TABLE 1: Plant height (Ht), stem diameter (Dc), cup area (m²) and could recommend (Ind) of different species of *Eucalyptus* sp., At 3 months of age, planted at the Federal University of Technology Paraná, Campus Two Neighbors, 2011

Material Genético	Ht (m)	Dc (cm)	Ac (m ²)	Ind
GRACAM	1.13 b	1.12 c	0.50 c	2.76 b
UROGRANDIS	0.92 cd	1.00 cde	0.27 e	2.20 cd
FO 3044	1.27 a*	1.53 a	0.54 b	3.35 a
FO 4033	0.72 d	0.80 e	0.08 e	1.62 d
FO 1010	0.99 c	1.05 cd	0.40 cd	2.45 bc

FO 3340	0.99 c	0.95 de	0.46 bc	2.41 c
FO 2864	1.20 ab	1.06 cd	0.44 bc	2.52 bc
URUCAM	1.20 ab	1.30 b	0.73 a	3.23 a

* valores seguidos pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Values followed by same letter do not differ statistically from each other by t test and Tukey at 5% probability.

TABELA 2: Altura da planta (Ht), diâmetro do colo (Dc), área de copa (m²) e Possibilidade de indicação (Ind) de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp., aos 9 meses de idade, plantados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011.

TABLE 2: Plant height (Ht), stem diameter (Dc), cup area (m²) and could recommend (Ind) of different species of *Eucalyptus* sp., at 9 months of age, planted at the Federal University of Technology Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2011.

Material Genético	Ht (m)	Dc (cm)	Ac (m ²)	Ind
GRACAM	3.28 b	4.55 bc	2.44 c	10.28 bc
UROGRANDIS	2.09 d	3.50 d	1.28 d	6.88 d
FO 3044	3.63 ab	5.76 a	3.53 b	12.90 a
FO 4033	1.75 d	3.45 d	1.28 d	6.48 d
FO 1010	2.82 c	4.94 b	3.56 b	11.33 b
FO 3340	2.60 c	4.48 bc	3.71 b	10.80 bc
FO 2864	2.84 c	4.40 c	2.80 c	10.04 c
URUCAM	3.69 a*	5.74 a	4.36 a	13.80 a

* valores seguidos pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* values followed by same letter do not differ statistically from each other by t test and Tukey at 5% probability.

Sendo para análise estatística com 5% de significância temos que as espécies que obtiveram um melhor resultado não diferenciando entre si significativamente, são URUCAM e FO3044. E as que apresentaram piores resultados não se diferenciando estatisticamente foi UROGRANDIS e FO4033. As espécies FO1010, GRACAM e FO 3340 não se diferenciaram sendo a FO1010 um pouco mais semelhante as que obtiveram melhor resultado.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- As espécies com os melhores resultados para todas as variáveis dendrométricas avaliadas foram URUCAM e FO3044.

-As espécies que apresentaram os menores resultados para todas as variáveis dendrométricas analisadas foram: UROGRANDIS e FO4033.

- O Ind (Índice de possibilidade de Indicação de Espécies), nos indica (ou afirma) que os melhores resultados foram obtidos com as espécies citadas anteriormente sendo o híbrido UROCAM e o clone FO4033 as espécies com maior desenvolvimento na região de estudo, podendo ser indicadas para plantios comerciais, até o presente estudo.

-Porem recomenda-se continuar a condução do experimento a fim de avaliar as características silviculturais em idades mais avançadas, para dar suporte à tomada de decisão quanto à escolha de espécies para cultivo na região Sudoeste do Paraná.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer aos meus pais pelo imenso incentivo e dedicação para a minha formação acadêmica que não mediram seus esforços.

Também a oportunidade oferecida pelo Dr. Eleandro José Brun e também pela sua orientação neste projeto

E sem esquecer aos amigos que contribuíram para a execução do mesmo nos momentos mais difíceis.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ABRAF- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF 2011ano Base 2010**. Brasília.2011.

BIANCHINI, C.; LIMA, L. P. de.; CONCEIÇÃO, P. C.; PAULUS, D. **Produção de Abobrinha de Tronco com uso de Plantas de Cobertura**, Dois Vizinhos- PR. In: III SEMINÁRIO: SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA – AGRONOMIA, Dois Vizinhos, 2009. *Anais...* Disponível em: <http://web.dv.utfpr.edu.br/seer/index.php/SSPA/article/view/143/26>. Acesso em 19 de julho de 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Colombo, PR). **Plantio de Eucalipto na Pequena Propriedade Rural**. Curitiba, 2000. 24p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 54).

INSTITUTO AGONÔMICO DO PARANÁ. **Sistema de Monitoramento Agroclimático do Paraná**, 2008. Disponível em: <http://www.iapar.br>. Acesso em: 13 de julho de 2010.

LIMA, W. DE PAULA., **Impacto Ambiental do Eucalipto**/ Walter de Paula Lima. -2.ed.- São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.

MACEDO, R.L.G; VALE, A.B. do; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris**. Informe Agropecuário EPAMIG, Belo Horizonte, v.29, n.242, p. 71-85, jan./fev. 2008.

RIBEIRO, R. R.; BRUN, E. J.; GORENSTEIN, M. R.; BOLZAN, R. C.; SOUZA, D. R. **Sobrevivência de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp. aos 6 meses de idade, na região Sudoeste do Paraná**. In: II SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL E XI SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS, v. 1, 2010, Irati: Departamento de Engenharia Florestal - Unicentro, Anais... Irati, p. 29, 2010.

SCHNEIDER, P.R., FINGER,C.A.G., MENEZES,L.F et al. **Fundamentos de Planejamento da produção para o manejo florestal de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1988. 179 p.

INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE TORAS NO PADRÃO DE QUALIDADE DE ESTRADAS FLORESTAIS

INFLUENCE OF THE ROAD LOG TRANSPORT IN THE STANDARD OF QUALITY OF FOREST ROADS

Fabiano Emmert¹; Reginaldo Sérgio Pereira²; Álvaro Nogueira de Souza³; Raul Silvestre⁴; Kamilla Andrade de Oliveira⁵

RESUMO

Nesse estudo foi avaliado o efeito do transporte de madeira em estradas florestais e determinado o custo de transporte em relação às categorias funcionais. As estradas secundárias apresentaram melhor conformação estrutural em relação às terciárias. Nas secundárias o principal defeito encontrado foi perda de agregados, devido à falta de compactação do revestimento de cascalho sobre o subleito. Nas terciárias, com subleito em solo natural, os principais defeitos foram seção transversal imprópria e drenagem inadequada. As estradas secundárias e terciárias apresentaram Índice de Condição da Rodovia Não Pavimentada - ICRNP antes do transporte de 35,5 (pobre) e 23,2 (muito pobre), respectivamente. A manutenção de regularização da superfície de rolamento executada nas estradas terciárias, antes do transporte, elevou seu ICRNP para 29,3 (pobre). Os resultados não apontaram estatisticamente redução na qualidade das estradas após o transporte, considerando o trecho total, apesar da diminuição numérica nos ICRNPs das seções. No entanto, nas estradas terciárias, o efeito do transporte foi significativo na redução da qualidade da superfície de rolamento. Contemplando o trajeto total realizado pelo transporte de madeira, até o destino final, obteve-se o custo do transporte em rodovias pavimentadas de 2,78R\$/km, e em estradas não pavimentadas, o custo foi de 7,38R\$/km na estrada principal, 10,73R\$/km na secundária e 11,29R\$/km na terciária.

Palavras-chave : transporte; estradas florestais

ABSTRACT

In this study the effect of the transport wooden in forest roads was evaluated and determined the cost of transport in relation to the functional categories. The secondary roads had better presented structural conformation in relation to the tertiary ones. In secondary the main o joined defect was loss of aggregates, due to lack of compacting of the gravel covering on the subgrade. In the tertiary ones, with natural subgrade in ground, the main defects had been improper transversal section and inadequate draining. The secondary and tertiary roads had presented Index of Condition of Highway Not Paved – ICHNP before the transport of 35,5 (poor) and 23,2 (very poor), respectively. The maintenance of regularization of the surface of rolling executed in the tertiary roads, before the transport, raised its ICHNP for 29,3 (poor). The results had not statistical pointed reduction in the quality of the roads after the transport, considering the total stretch, although the numerical reduction in the ICHNPs of the sections. However, in the tertiary roads, the effect of the transport was significant in the reduction of the quality of the rolling surface. Contemplating the total passage carried through by the wooden transport, until the final destination, the cost of the transport in highways paved of 1,63US\$/km was gotten, and in roads not paved, the cost was of 4,34US\$/km in the main road, 6,31US\$/km in secondary and 6,64US\$/km in the tertiary doad.

Keywords: transport; forest roads

¹Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Caixa Postal 04357, CEP 70.919-970, Brasília (DF). Bolsista da CAPES. fabianoemmert@yahoo.com.br

² Engenheiro Florestal, Doutor em Ciências Florestais pela UFV, Professor Adjunto da UnB. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Caixa Postal 04357, CEP 70.919-970, Brasília (DF). reginaldosp@unb.br

³ Engenheiro Florestal, Doutor em Ciências Florestais pela UFV, Professor Adjunto da UnB. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Caixa Postal 04357, CEP 70.919-970, Brasília (DF). ansouza@unb.br

⁴Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Caixa Postal 04357, CEP 70.919-970, Brasília (DF). silvestrefloresta@yahoo.com.br

⁵Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Caixa Postal 04357, CEP 70.919-970, Brasília (DF). Bolsista do CNPq. kamillarbr@gmail.com

INTRODUÇÃO

As estradas florestais apresentam três características básicas de tráfego: baixo volume, direção predominante e circulação de caminhões longos e pesados. Diferentemente das estruturas rodoviárias convencionais, as estradas florestais são constituídas de duas camadas: uma camada natural de solo e uma camada melhorada (SESSIONS e HEINRICH, 1993; SESSIONS, 2007).

No setor florestal, o transporte rodoviário é realizado por meio do tráfego pesado e extra pesado, como já mencionado, com capacidades de carga entre 30 e 40 toneladas e acima de 40 toneladas, respectivamente. Considerando a madeira como um produto de valor específico relativamente baixo, ou seja, o volume transportado é muito elevado e o valor da carga é baixo, o transporte torna-se um dos principais problemas na empresa florestal (SEIXAS, 1992; LOPES et al., 2002).

Capacidade de suporte suficiente para sustentar altas cargas impostas pelo tráfego de caminhões e eficiente sistema de drenagem são requisitos mínimos para uma superfície de rolamento nas estradas de uso florestal. Entretanto, na maioria das vezes, o que se observa são estradas com baixo padrão construtivo, com uma estrutura básica de cascalho sobre o subleito, ou solo natural exposto sem nenhum tratamento superficial. O motivo dessa constatação está alicerçado na grande densidade de estradas florestais, principalmente, em áreas de florestamentos, o que onera os custos de manutenção e a gerência dessas vias (EMMERT et al., 2010).

Mesmo com as condições precárias de trafegabilidade em que se encontram muitas estradas, elas são o único meio capaz de interligar as indústrias às suas fontes de abastecimento de madeira, localizadas em origens distintas (STEIN et al., 2001).

O padrão das estradas florestais estabelece a velocidade do tráfego, influenciando nos custos de transporte florestal, tendo vista que os custos operacionais dos veículos são calculados com base no tempo gasto nas viagens (MACHADO et al., 2000).

Uma avaliação funcional dessas estradas deve pautar pela identificação e análise de defeitos no leito carroçável. Os defeitos causam irregularidades, provocando desconforto, e dependendo do nível de severidade, podem levar a sérios riscos à segurança dos usuários, além de interferir na velocidade de operação e no custo operacional do transporte rodoviário florestal, afetando diretamente o valor final da madeira.

Estudos realizados em estradas florestais de Ghana, África, mostraram que o tráfego repetitivo e com peso excessivo de veículos utilizados no transporte de madeira causam defeitos como sulcos, fissuras e buracos na superfície de rolamento, provocando a deterioração prematura da infraestrutura rodoviária. No mesmo país, caminhões pesados representam cerca de 10% do tráfego de veículos, sendo esses, responsáveis por mais de 90% dos danos causados às rodoviárias (ABENEY, 2003).

O objetivo do trabalho foi averiguar, em campo, a deterioração de estradas florestais quando submetidas ao tráfego intenso de carretas durante o transporte rodoviário de toras de eucalipto, determinando, ainda, o custo operacional de acordo com o padrão de qualidade das estradas florestais. O estudo pautou pela identificação e análise de defeitos na superfície de rolamento das estradas.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

O estudo foi realizado no horto florestal Aranha, pertencente à empresa mineradora Anglo American Brasil Ltda., de coordenadas 14°20'15" S e 48°44'27" W, localizada no município de Niquelândia-GO. A empresa utiliza a madeira de eucalipto em seu processo industrial.

Caracterização das estradas e transporte florestal

O horto florestal possui uma malha viária com estradas principais, secundárias e terciárias não pavimentadas. A CVC (*composição veicular de carga*) utilizada na empresa é composta por veículos articulados constituídos por unidade tratora de tração 6 x 2 e um semirreboque de três eixos traseiros, com capacidade de carga de 43 m³, resultando em um peso bruto total combinado (PBTC) de aproximadamente 40 toneladas.

Coleta de dados

Selecionou-se um talhão no interior do horto florestal e, de acordo com sua localização, definida a respectiva rota a ser seguida pelos veículos de transporte florestal. O talhão escolhido foi o talhão 39, no projeto XII do horto florestal.

O trecho rodoviário submetido à avaliação do efeito do tráfego corresponde à rota seguida pelos caminhões, com origem no talhão 39 seguindo por estradas terciárias e secundárias até o entroncamento com a estrada principal. Os trechos do estudo apresentaram revestimento primário de cascalho e leito de solo natural. A extensão total dos trechos avaliados foi de 3,5 km (Figura 1).

Para o transporte total da madeira proveniente do talhão 39 foram necessárias 90 viagens, com média de

10 viagens por dia, somando um total de 3853 m³, aproximadamente 2280 toneladas.

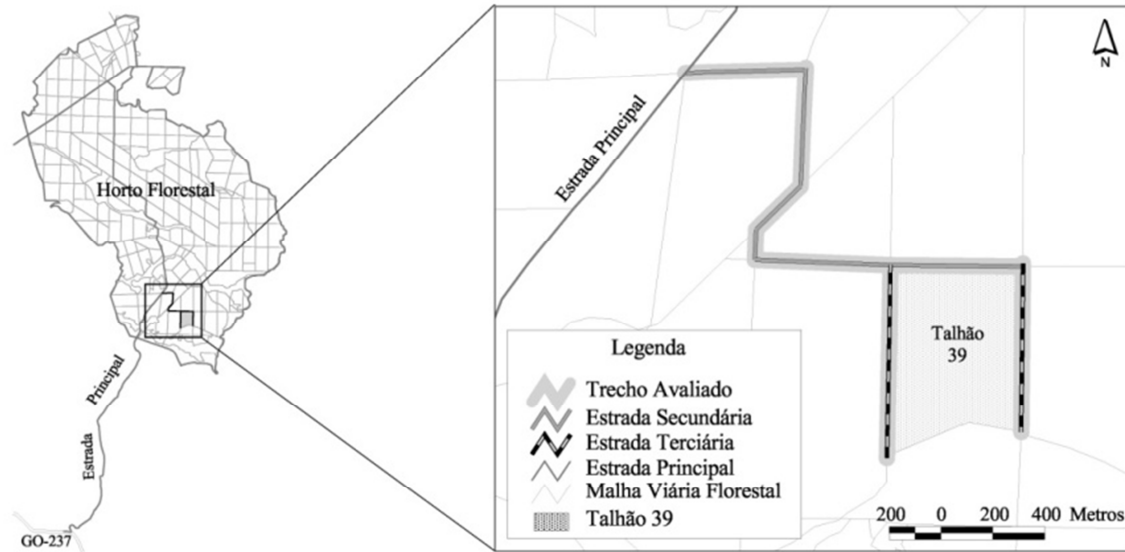


FIGURA 1: Localização do trecho rodoviário submetido à avaliação do tráfego.
FIGURE 1: Localization of the submitted road stretch to the evaluation of the traffic.

Avaliação da qualidade das estradas florestais

A metodologia adotada para a avaliação das condições das estradas florestais seguiu as recomendações do sistema de avaliação e gerenciamento de rodovias proposta por Baesso e Gonçalves (2003), que tem por objetivo disponibilizar uma ferramenta de gerenciamento da manutenção de estradas não pavimentadas rurais, auxiliando na priorização de investimentos. Algumas adequações foram realizadas tendo em vista o cenário florestal. Seguiram-se as seguintes etapas para a aplicação da metodologia:

- Classificação e identificação da rede viária: a rede viária correspondente ao trecho de estudo foi subdividida e classificada de acordo com sua funcionalidade florestal. A identificação da rede estabelece parâmetros de divisão em ramos, seções e unidades simples, levando em conta os aspectos como hierarquia funcional, dispositivos de drenagem, presença ou não de revestimentos, largura, comprimento dos segmentos e localização dos trechos;
- Inspeção das condições da superfície de rolamento: a inspeção foi realizada em campo, tendo como limite a área das unidades simples alocadas nas seções (aproximadamente 50 m de comprimento pela largura da seção). Foram observados e mensurados sete tipos de defeitos: *seção transversal imprópria, drenagem inadequada, presença de buracos, poeira, corrugações, perdas de agregados e trilhas de rodas*; e, discriminados três níveis de severidade para cada defeito: *baixo, médio ou alto*.

Após a inspeção, procedeu-se o cálculo do Índice de Condição da Rodovia Não Pavimentada (ICRNP), subdividindo em classes de integridade e condições de operação da rodovia (Tabela 1), conforme Baesso e Gonçalves (2003).

TABELA 1: Intervalo de valores e respectivas categorias de ICRNP.

TABLE 1: Interval of values and respective categories of ICRNP.

ICRNP						
0 a 10	10 a 25	25 a 40	40 a 55	55 a 70	70 a 85	85 a 100
<i>Péssima</i>	<i>Muito Pobre</i>	<i>Pobre</i>	<i>Regular</i>	<i>Boa</i>	<i>Muito Boa</i>	<i>Excelente</i>

Efeito do tráfego sobre a qualidade das estradas florestais

Realizaram-se as inspeções de campo antes e após o transporte de madeira do talhão 39 no trecho selecionado

Para as estradas terciárias, situadas nas faces leste e oeste do talhão 39, foram realizadas três inspeções: antes do transporte de madeira; após intervenção (manutenção) realizada com a passagem de uma motoniveladora para regularização da superfície de rolamento; e, finalmente, após o transporte de madeira (Figura 2).

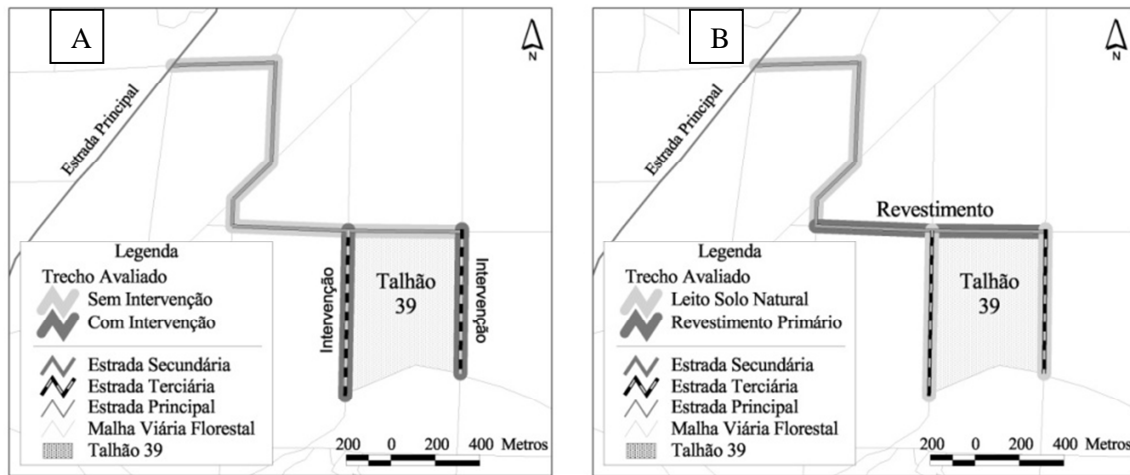


FIGURA 2: Localização dos trechos submetidos à intervenção (A); e tipos de superfície de rolamento do trecho avaliado (B).

FIGURE 2: Localization of the stretches submitted to the intervention (A); e types of rolling surface of the evaluated stretch (B).

Vale destacar que, durante o período de avaliação das estradas, não foi possível isolar todo o trecho de estudo para os caminhões de transporte do talhão 39 devido ao planejamento da empresa, talhões próximos também foram transportados pelo mesmo trajeto. Porém, utilizaram-se os dados referentes ao transporte do talhão 39.

De posse das informações obtidas com os dados provenientes das inspeções das rodovias foi verificado o estado de degradação da superfície de rolamento da rede viária (ICRNP) avaliada após a passagem dos veículos de transporte do talhão 39.

Análise estatística

Para a comparação entre os resultados do efeito do transporte, empregou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste Tukey para contraste de médias, ambos com nível de significância de 5%, com base nos valores de ICRNP encontrados nas unidades simples de cada seção.

Foram comparados os resultados antes e após o transporte para o trecho total, para as classes funcionais, para as seções com revestimento primário e sem revestimento e para as estradas terciárias, considerando para essa última, o efeito antes da manutenção.

Custos operacionais do transporte

Obteve-se o tempo de viagem do transporte de madeira do talhão 39 (HA1239/01) até o pátio da usina. O tempo foi tomado para o trajeto total e separadamente para cada classe funcional, incluindo às estradas estaduais com revestimento asfáltico (Tabela 2). Juntamente com as distâncias percorridas em cada categoria chegou-se às velocidades operacionais. O valor do frete cobrado pela empresa responsável pelo transporte de madeira do horto Aranha até a usina foi de R\$15,81/m³.

TABELA 2: Características das estradas utilizadas para o transporte de madeira.

TABLE 2: Characteristics of the roads used for the wooden transport.

Categoria da estrada		Superfície de rolamento	Distância (km)
Estrada florestal (não pavimentada)	Principal	RP	12,26
	Secundária	RP/SN	2,28
	Terciária	RP	0,65
Estrada estadual (pavimentada)		AS	78,24
Total			93,43

Abreviações: AS – revestimento asfáltico; RP – revestimento primário de cascalho; SN – solo natural.

Como base no tempo médio das viagens, na carga transportada e no valor do frete, chegou-se ao custo operacional do transporte, conforme a expressão:

$$CO = (15,81 \times Vol) / he$$

em que, CO = Custo operacional (R\$/he); Vol = volume médio por viagem(m³); e, he = hora efetiva (h), correspondente à viagem de ida e volta.

O custo do transporte para cada categoria de estrada foi dado pela razão entre o custo operacional e a velocidade operacional da categoria, de acordo com a expressão:

$$CT_{cf} = CO / Vel_{cf}$$

em que, CT_{cf} = custo do transporte na categoria funcional (R\$/km); CO = custo operacional (R\$/he); e, Vel_{cf} = velocidade operacional na categoria funcional (km/h).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Padrão de qualidade das estradas florestais

Na identificação rodoviária o trecho avaliado foi dividido em três ramos, sendo dois nas estradas secundárias e um nas terciárias (Figura 3). Os ramos foram subdivididos em 7 seções e, dentro dessas, alocadas 25 unidades simples para amostragem dos defeitos.

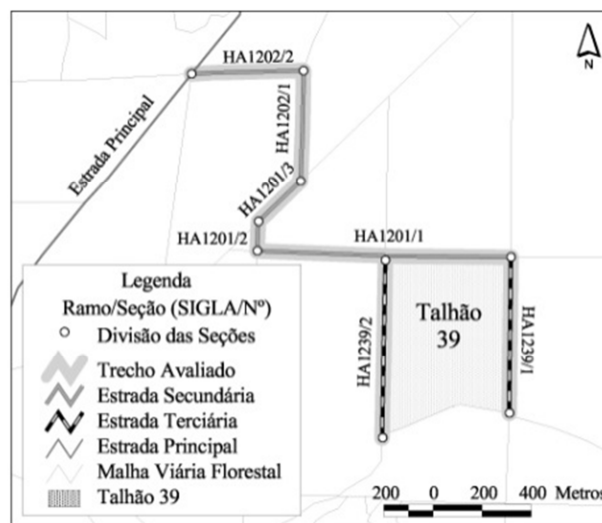


FIGURA 3: Identificação rodoviária do trecho avaliado.

FIGURE 3: Road identification of the evaluated stretch.

O estágio de avaliação da rodoviária representa o estado de operação das estradas no momento da inspeção. O estágio antes do tráfego das composições representou o estado inicial de condição das estradas, o estágio de intervenção refere-se à inspeção realizada após manutenção, porém, antes do transporte, e o estágio final representou a inspeção realizada após o transporte de madeira (Tabela 3).

Antes do transporte, as estradas secundárias obtiveram valor de ICRNP de 35,5, padrão *pobre*. O ramo HA1201 foi considerado o melhor trecho, com ICRNP de 52,4, correspondendo ao padrão *regular*, apresentando revestimento primário e melhores conformações de seção transversal e presença de dispositivos de drenagem. O defeito mais evidente e intenso foi *perdas de agregados*. O ramo HA1202, sem revestimento, obteve ICRNP de 13,6, padrão *muito pobre*, apresentando todos os defeitos, onde *trilhas de roda* e *drenagem inadequada* alcançaram o nível de severidade alto. No ramo HA1203 o ICRNP foi de 20,5, padrão *muito pobre*. Suas características foram semelhantes ao HA1202, apresentando *seção transversal imprópria* e *drenagem inadequada* com níveis de severidade altos.

Em estudos realizados por Silva et al., (2009), os alta severidade e densidade dos defeitos *seção transversal imprópria* e *drenagem inadequada* foram comuns em estradas vicinais não pavimentadas de Minas Gerais. Drenagem inadequada e sua alta severidade tiveram maior impacto na condição de serventia.

O defeito seção transversal imprópria foi observada em todas as estradas em solo natural com altos níveis de severidade. De acordo com Nunes (2003), em estudo sobre previsão de defeitos em estradas não pavimentadas no Ceará utilizando redes neurais, esse defeito apresentou a maior importância para a previsão de defeitos. Na prática, a seção transversal deve ser eficiente no direcionamento e escoamento da água precipitada sobre a superfície da estrada para as laterais e dispositivos de drenagem.

O valor de ICRNP encontrado para as estradas terciárias foi de 23,2, padrão *muito pobre*, no estágio inicial. Após a manutenção, o valor de ICRNP foi de 29,3, padrão *pobre*. Na manutenção foi realizada a regularização da superfície de rolamento e a eliminação ou atenuação de defeitos,

principalmente *detrilhas de roda*. Não houve melhorias, entretanto, na conformação geométrica da seção transversal e nos dispositivos de drenagem, nem a adição de materiais e procedimentos de compactação mecânica.

TABELA 3: Identificação rodoviária e valores de ICRNP das inspeções das estradas.
TABLE 3: Road identification and values of ICRNP of the inspections of the roads

Inspeção das Estradas	Estágio de Avaliação Rodovia	Identificação Rodoviária			ICRNP				
		CF	Ramo	Seção	Seção	Ramo	Condição Ramo	CF	Condição CF
Antes do Transporte	Inicial	S	HA1201	01	52,4	52,4	<i>Regular</i>	35,5	<i>Pobre</i>
			HA1202	01	18,0	13,6	<i>Muito Pobre</i>		
				02	11,5				
	HA1203	01	21,4	20,5	<i>Muito Pobre</i>				
		02	19,7						
	T	HA1239	01	21,3	23,2	<i>Muito Pobre</i>	23,2	<i>Muito Pobre</i>	
		02	24,5						
	Intervenção	T	HA1239	01	28,0	29,3	<i>Pobre</i>	29,3	<i>Pobre</i>
				02	29,8				
Após o Transporte	Final	S	HA1201	01	49,0	46,3	<i>Regular</i>	32,0	<i>Pobre</i>
			HA1202	01	13,0	14,7	<i>Muito Pobre</i>		
				02	15,5				
		HA1202	01	20,8	18,1	<i>Muito Pobre</i>			
			02	15,3					
		T	HA1239	01	20,0	18,8	<i>Muito Pobre</i>	18,8	<i>Muito Pobre</i>
		02	18,0						

Abreviações: S = Estrada Secundária; T = Estrada Terciária; CF = Categoria funcional

Efeito do transporte

Após o transporte da madeira do talhão 39, o novo valor de ICRNP para as estradas secundárias como um todo foi de 32,0, padrão *pobre*. Comparando-se com suas condições antes do transporte, houve um decréscimo no valor de ICRNP, porém, permanecendo na mesma categoria.

Analisando-se separadamente as seções das estradas secundárias com base no tipo de superfície de rolamento, na seção com revestimento primário (ramo HA1201), a redução foi de 52,4 para 46,3 após o transporte, não alterando o seu padrão (*regular*). Para as demais seções em leito de solo natural, os padrões permaneceram praticamente o mesmo em valores absolutos, não alterando também, a categoria (*muito pobre*).

Para as estradas terciárias, após o transporte, o ICRNP diminuiu para o valor de 18,8, ou seja, passou da categoria *pobre* para o padrão *muito pobre*, decaindo a qualidade da superfície de rolamento. Em valores absolutos, a manutenção elevou as condições das estradas terciárias e, após o transporte, as condições retornaram semelhantemente à condição inicial.

Análise estatística dos dados

Estatisticamente, não houve diferença significativa antes e após o transporte para o trecho total. A redução média no ICRNP foi de 3,4, demonstrando que a intensidade do tráfego e peso transportado (2.280ton) para o transporte desse talhão não foi suficiente para a degradação das condições da superfície de rolamento, apesar da redução numérica no ICRNP. No entanto, notou-se certa tendência a perda da qualidade das estradas em função do tráfego.

Comparando-se as estradas de acordo com o tipo de superfície de rolamento (com e sem revestimento primário), não houve, também, diferença significativa antes e após o transporte para ambos os tipos. Para as estradas terciárias, houve diferença significativa entre os tratamentos antes do transporte, manutenção e após o transporte (Tabelas 4).

TABELA 4: Análises de variância antes e após o transporte madeireiro em estradas terciárias.
 TABLE 4: Analyses of variance before and after the woodtransport in tertiary roads.

ANOVA - Estradas Terciárias					
Fonte de Variação	gl	SQ	QM	F calc	F tab
Tratamentos	2	362,95	181,47	3,8809*	3,5546
Resíduo	18	841,71	46,76		
TOTAL	20	1204,66			

(*) Significativo ao nível de 5 % de probabilidade

De acordo com os resultados referentes ao teste Tukey para as estradas terciárias (Tabela 5), no contraste entre médias, não houve diferença significativa entre o estado inicial e o estado da rodovia após a intervenção. No entanto, a melhoria ocasionada pela manutenção foi capaz de alterar o padrão dessas estradas de *muito pobre* para *pobre* . Comparando-se o estado das estradas com seu estado após a manutenção e após o transporte, houve diferença significativa. Assim, o efeito do transporte foi significativo para alterar o padrão de qualidade das estradas. O efeito do transporteretur resultou na diminuição do padrão de *pobre* para *muito pobre* (Figura 4). Contudo, constatou-se que essas estradas retornaram ao seu estado inicial, apesar de numericamente menor em relação ao ICRNP inicial.

TABELA 5: Contraste de médias para o efeito do transporte em estradas terciárias.
 TABLE 5: Contrast of averages for the effect of the transport in tertiary roads.

Tratamento	Média	Erro Padrão
Antes do transporte	23,14 a	3,13
Manutenção	29,00 ab	0,85
Após o transporte	18,86 ac	3,09

*Médias seguidas de letras diferentes são significativamente diferentes.

Observando isoladamente os dados de cada unidade simples no trajeto completo (secundárias e terciárias), 64% das unidades simples após o tráfego de caminhões apresentaram valores de ICRNP inferiores aos encontrados antes do transporte e 32% superiores. Em média, a redução do ICRNP após o transporte foi de 3,4 unidades do índice.

Para as estradas secundárias, 61% das unidades simples apresentaram reduções nos valores de seus índices e 33% superiores após o transporte, com redução média de 3,1 unidades do índice. No ramo que possui revestimento primário de cascalho (HA1201), 71% das unidades apresentaram valores menores após o transporte e média de redução de 6,1 unidades do índice. O defeito *perdas de agregados* foi mais efetivo para essa redução. Nos ramos sem revestimento primário, HA1202 e HA1203, 55% das unidades apresentaram valores menores após o transporte, com redução média de 1,2 unidades.

Como mencionado, nas estradas com revestimento primário, o defeito mais agravante foi *perdas de agregados* . O revestimento nesse ramo trata-se de uma cobertura de material granular (cascalho) colocado sobre o solo natural sem compactação no momento da construção da estrada. Com o tráfego, o material vai sendo deslocado para as laterais e centro da estrada formando bermas no sentido do eixo da via, ou seja, há tendência de que o material granular seja expulso da parte da superfície de rolamento onde ocorre o contato com os rodados das composições.

Em relação às estradas terciárias, ramo HA1239, 57% das unidades simples apresentaram valores maiores de ICRNP com a execução da manutenção e 14% valores menores comparados com os valores no estado inicial. Em média, a manutenção elevou o valor do ICRNP em 5,9 unidades. Após o transporte, 100% das unidades simples apresentaram valores menores em relação aos valores encontrados após a manutenção, com redução média de 10,14 unidades do índice.

Quando comparados o estado inicial e o final nas estradas terciárias, 71% das unidades simples apresentaram valores menores após o transporte. A variação média foi de 4,3 unidades do ICRNP.

Considerando o efeito do transporte entre o estado inicial e o final nas estradas terciárias e nas secundárias sem revestimentos, ambas obtiveram padrões semelhantes de ICRNP, estrutura e conformação. A média geral da redução do ICRNP nessas estradas sem revestimento foi de 2,2.

Nesse aspecto, caso não fosse executada a manutenção nas estradas terciárias, o padrão de redução esperado após o transporte seria muito próximo ao encontrado nas estradas secundárias sem revestimento, ou seja, pouca degradação. Segundo Das (2007), a máxima compactação ocorre nas forças iniciais impostas ao solo, ou seja, logo nas primeiras viagens a estrada retornou a sua condição inicial, pois a manutenção. Assim, em relação às condições técnicas da superfície de rolamento, não seria eficaz uma manutenção. No entanto, regularização da superfície resulta em maior conforto e segurança para os motoristas das composições.

Em campo observou-se que a degradação da superfície nas estradas terciárias deve-se principalmente à ausência de dispositivos de drenagem e seção transversal apropriada, combinado com ação das precipitações. Pequenas erosões foram encontradas nas superfícies dessas estradas (Figura 4).



FIGURA 4: Estágio inicial (*muito pobre*), inspeção antes do transporte (A); Estágio de intervenção (*pobre*), inspeção antes do transporte (B); e estágio final (*muito pobre*), inspeção após o transporte (C).

FIGURE 4: Initial period of training, inspection before the transport (A); Period of training of intervention, inspection before the transport (B); e final period of training, inspection after the transport (C).

Emmert et al. (2010) analisaram toda a rede viária (principal, secundária e terciária) de estradas não pavimentadas para o transporte da madeira do mesmo talhão. Os autores determinaram uma priorização de manutenção em relação ao seu padrão de ICRNP. Das 18 seções priorizadas, as mesmas terciárias avaliadas no estudo atual ocuparam a 13ª e 15ª ordem, ao passo que as secundárias sem revestimento ocuparam da 2ª a 8ª ordem de prioridade para manutenção. De acordo com a priorização, a manutenção seria efetiva nas estradas terciárias se fossem utilizados materiais granulares, maquinários e mão-de-obra. Em outro aspecto, o mais indicado seria realizar manutenções em trechos críticos da estrada secundária antes da terciária.

Os resultados demonstraram ainda que, a captação dos defeitos, tanto na identificação quanto na mensuração, é passível de erros. Algumas unidades simples, por exemplo, obtiveram valores de ICRNP maiores após o transporte, comportamento esse inesperado. Da mesma forma, foram observados em algumas unidades defeitos que possuíam menores dimensões ou níveis de severidade menores após o transporte. Trata-se de um levantamento de dados afetado pela subjetividade do coletor.

Custos operacionais de transporte

Com base nos valores dos tempos médios por classe funcional, obtiveram-se as velocidades operacionais das categorias. Para a estrada terciária, que apresentou padrão *muito pobre*, a velocidade de operação média das carretas carregadas foi de 21,7 km/h, para as secundárias, de categoria *pobre*, foi de 22,8 km/h, para as estradas principais, de categoria *regular* (EMMERT et al., 2010), 33,1 Km/h e para a rodovia pavimentada com revestimento asfáltico as carretas trafegaram carregadas com velocidade média de 78,2 km/h (Figura 5). Vale destacar que, apenas por padronização, as estradas pavimentadas foram consideradas como padrão excelente (ICRNP=100).

Comparando-se uma estrada florestal principal com estradas terciária e secundária, a diferença foi de R\$ 351,75 e R\$ 301,23 por cada quilômetro rodado, respectivamente, para transportar os 3853m³ do talhão 39 (Tabela 6).

TABELA 6: Custos operacionais (R\$/km) estimados em função do tipo de via.

TABLE 6: Operational costs (R\$/km) esteem in function of the type of way.

	Categoria da estrada	Valor (R\$/km)	Total (R\$/km)
Estrada florestal	Principal	7,38	664,53
	Secundária	10,73	965,76
	Terciária	11,29	1.016,28
Estrada estadual		2,78	250,48

*Valor do dólar = R\$ 1,70

Em valores de custo operacional do transporte por categoria funcional das estradas, as terciárias apresentaram o maior custo, influenciada pela velocidade de operação reduzida. Essa velocidade relaciona-se principalmente com questões operacionais de colheita, tamanho dos trechos e qualidade da

estrada (Figura 5).

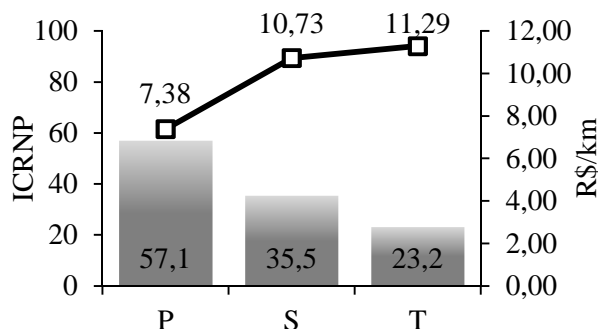


FIGURA 5: Padrão de qualidade (ICRNP) e custo operacional (R\$/km) das estradas florestais.
FIGURE 5: Standard of quality (ICRNP) and operational cost (R\$/km) of the forest roads.

Em relação ao trecho de estudo sobre o efeito do transporte, os custos operacionais são maiores nas estradas com revestimento primário, essas com melhor padrão construtivo. O custo operacional médio para uma estrada com revestimento foi de R\$ 10,58, enquanto que em estradas em solo natural foi de R\$ 10,00.

CONCLUSÃO

As seguintes conclusões podem ser extraídas do trabalho: (a) os defeitos mais evidentes de estradas sem revestimento primário foram seção transversal imprópria, ausência ou dispositivos de drenagem inadequados e afundamentos de trilhas de roda, com níveis altos de severidade. Para as com revestimento, o defeito mais evidente foi perda de agregados; (b) o tráfego de caminhões no transporte de madeira não exerceu efeito negativo significativo nas condições da superfície de rolamento nas estradas florestais; (c) o efeito da intervenção de manutenção realizada para regularização da superfície de rolamento de estradas terciárias melhorou suas condições no que diz respeito ao seu índice. Entretanto, o efeito do tráfego reduziu estatisticamente a qualidade incrementada, superando, em valores, o ganho adquirido; e (d) a metodologia de avaliação do ICRNP, quando realizadas inspeções de campo em diferentes períodos, mesmo que sejam feitas nas mesmas unidades, sofrem distorções na identificação e mensuração dos defeitos, devido à subjetividade de sua avaliação.

AGRADECIMENTOS

À empresa Anglo American Ltda. por possibilitar o estudo em suas áreas florestais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABENEY, E.A. Timber transport by road in Ghana. *Ghana Journal Forestry*, Kumasi-Ghana, v. 11, p. 52-60, 2003.
- EMMERT, F.; PEREIRA, R.S.; REZENDE, A.V.; ENCINAS, J.M.I. Geoprocessamento como ferramenta de apoio à gerência de pavimentos em estradas florestais. *Ciência Florestal*, Santa Maria-RS, v. 20, n. 1, p. 81-94, jan.-mar., 2010.
- LOPES, E.S.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P.. Classificação e custos de estradas em florestas plantadas na região sudeste do Brasil. *Árvore*, Viçosa-MG, v. 26, n.3, maio, 2002.
- MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 167 p. il.
- NUNES, T.V.L. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais: trecho de Aquiraz – CE**. Fortaleza: UFCE, 2003. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Universidade Federal do Ceará, 2003.
- SEIXAS, F. **Uma metodologia de seleção e dimensionamento da frota de veículos rodoviários Para o transporte principal de madeira**. 1992. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Universidade de São Carlos, São Carlos, 1992.
- SESSIONS, J. **Forest road operations in the tropics**. Oregon, USA: Springer, 2007. 170 p.

SESSIONS, J.; HEINRICH, R. Forest roads in the tropics. In: PANCEL, L. **Tropical Forestry Handbook**. Berlin: Springer-Verlag., 1993. v.2. p. 1269-1324.

SILVA, T.O.; CARVALHO, A.B.; CALIJURI, L.C.; LIMA, D.C. Sistemas de informações geográficas como suporte à gerência de manutenção de rodovias vicinais não pavimentadas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro-RJ, v. 61, n. 3., p. 301-309, 2009.

STEIN, F. R.; RODRIGUES, L. A.; SCHETTINO, S. Sistema de transporte rodoviário da Celulose Nipo Brasileira – CENIBRA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5., 2001, Porto Seguro. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade de Investigação Florestal, 2001. p.109-121.

CRESCIMENTO DE *Tectona grandis* L. F. A PARTIR DE ANÁLISE DE TRONCOGROWTH OF *Tectona grandis* L. F. FROM STEM ANALYSISFernando Vinícius Menon¹; Andrea Nogueira Dias²; Afonso Figueiredo Filho³; Júlio César de Christo⁴

RESUMO

A pesquisa objetivou avaliar o crescimento de *Tectona grandis* L. F. (teca) em uma propriedade do município de Alta Floresta, Mato Grosso. A empresa possui povoamentos de teca com várias idades, sendo que para este trabalho foram utilizados dados provenientes da técnica de análise de tronco (ANATRO), que permite a reconstituição do crescimento passado das árvores. Os dados foram obtidos através da plataforma LINTABTM o que possibilitou a obtenção de diâmetros às diferentes alturas e nas várias idades de cada árvore, os quais foram empregados para gerar curvas de incremento médio anual e incremento corrente anual (IMA e ICA) para as idades 7, 9 e 12 anos, curvas médias considerando os dados agregados de todas as idades, além de curvas de crescimento acumulado médio para as variáveis DAP, altura e volume. Como resultado observou-se que para as três idades apresentadas, o ponto de maior incremento corrente em DAP ocorreu aos 3 anos de idade, fato que também foi constatado ao se agregar os dados. Em termos de altura, o crescimento das árvores provenientes de plantios de 7 anos diferiu das demais, atingindo o ponto de maior incremento aos 3 anos de idade. Ao agrupar os dados, verificou-se através das curvas de crescimento acumulado que as árvores estão em pleno desenvolvimento.

Palavras-chave: *Tectona grandis*; ANATRO, LINTABTM

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the growth of *Tectona grandis* L.F. on a property from Alta Floresta, MatoGrosso State, Brazil. The company have teak stands with different ages, and for this study was used data from stem analysis technique (ANATRO), which allows the reconstruction of past growth of trees. The data were obtained through the platform LINTABTM, which allowed to obtain diameter at different heights at various ages in each tree, which were used to generate curves of mean annual increment and current annual increment (MAI and CAI) for ages 7, 9 and 12 years, mean curves considering the aggregate data of all ages, and cumulative average growth curves for the variables dbh, height and volume. As a result it was observed that for the three ages shown, the point of greatest current increase in dbh was 3 years old, a fact that was also found to aggregate data. In terms of height, the growth of trees from 7 years plantations differed from the other, reaching the highest point increase to 3 years old. By grouping the data, it was found through the cumulative growth curves that the trees are in full development.

Keywords: *Tectona grandis*, ANATRO, LINTABTM

INTRODUÇÃO

O Brasil possui um dos cinco maiores patrimônios mundial de florestas naturais e é referência no setor de florestas plantadas, contando com pouco mais de 6,9 milhões de hectares destas, o que representa menos de 1% das terras brasileiras. Esse percentual é responsável, em grande parte, pelo alívio na pressão sobre as áreas de florestas naturais, visto que fornece matéria-prima para os mais variados segmentos da cadeia produtiva da madeira em um período de tempo relativamente rápido.

Nas florestas plantadas a base cadastral em conjunto com o inventário florestal contínuo, permite um eficiente acompanhamento do crescimento e da produção, os quais possibilitam definir claramente a rotação física e também a rotação econômica, amparando tais definições em modelos de classificação de sítio e modelos de prognose da produção (SCOLFORO *et al.*, 1996).

As florestas devem ser estudadas para propiciar o conhecimento e a manutenção da biodiversidade, bem como para que se viabilize a exploração de seus produtos, bens e ou serviços provenientes de forma planejada e racional, para garantir o fluxo contínuo desses recursos (AUSTREGÉSILO *et al.*, 2004).

A *Tectonagrandis* L. F. (teca) é uma espécie arbórea de grande porte, de rápido crescimento, produtora de madeira nobre, natural do Sudoeste Asiático, pertencente à família *Lamiaceae*. É uma planta de tronco retilíneo, fácil de cultivar,

¹ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO), PR 153, Km 7 Bairro Riozinho, CEP 84500000 Caixa postal 21, Irati (PR). menon@florestal.eng.br

² Engenheira Florestal, Dr^a., Professor adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, UNICENTRO. Caixa postal 21, CEP 84500000, Irati (PR). andias@irati.unicentro.br

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, UNICENTRO. Caixa postal 21, CEP 84500000, Irati (PR). afigfilho@gmail.com

⁴ Graduando do curso de Engenharia Florestal da UNICENTRO, R. 24 de maio 455 centro, Irati (PR) CEP 84500000. juliocesarde.christo@gmail.com

pouco sujeita a pragas e doenças e muito resistente ao fogo. Sua madeira nobre, de excelente qualidade, é valorizada pela beleza, resistência e durabilidade (MACEDO *et al.*, 2005). Os principais usos estão relacionados à construção civil, fornecendo produtos tais como portas, janelas, lambris, painéis, forros, assoalhos e decks, além da fabricação de móveis, embarcações e lâminas decorativas. (ABRAF, 2011).

No Brasil, os plantios comerciais de teca tiveram início em 1968, onde a partir de então se verificou que esta é uma espécie com alto potencial de desenvolvimento, sendo que no ano de 2010, segundo dados da ABRAF (2011), a área plantada com esta espécie alcançou a marca de 65.440 ha, que está distribuída nos estados de Mato Grosso, Amapá, Acre e Pará.

De acordo com Drescher (2004), o sistema de manejo empregado para teca no estado de Mato Grosso não é definido e nem estudado, porém os silvicultores seguem alguns sistemas descritos na literatura para América, além de algumas suposições, sem caráter científico, publicados em revistas e informes da região. Esse cenário vem aos poucos sendo mudado, uma vez que várias Universidades estão desenvolvendo pesquisas científicas com a espécie, além do know-how adquirido pelas empresas, onde algumas fazem questão de difundir o conhecimento visando justamente fortalecer e incentivar o cultivo da teca.

Levando em conta que a maioria dos estudos de crescimento e produção se referem aos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, este trabalho objetivou avaliar a tendência de crescimento de um povoamento de *Tectonagrandis* L. f. a partir de dados proveniente de análise de tronco completa.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

Os dados para este estudo foram coletados no município de Alta Floresta, MT, região norte no Estado, em uma área da empresa Bacaeri Florestal, localizada na Rodovia MT 160, Km 12, seguindo de Alta Floresta em sentido à cidade de Nova Bandeirante. A empresa possui reflorestamento de Teca com várias idades e espaçamentos. De acordo com Souza *et al.* (2007), o clima da região segundo a classificação de Köppen, é o Aw, tropical chuvoso, com precipitação pluvial elevada, (entre 2.500 a 2.750 mm); e duas estações bem definidas (chuvas no verão e seca no inverno).

Amostra

A empresa mantém um sistema de parcelas permanentes, com área variando entre 900 m² a 1200 m², sendo que os dados provenientes das medições realizadas anualmente serviram como base para a distribuição diamétrica do povoamento, o que possibilitou a realização da cubagem de 96 árvores.

A cubagem foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Smalian, sendo cubadas as seguintes alturas: 0,1 m; 1,3 m; 15 %; 25%; 35 %; e assim sucessivamente até 95 % da altura total da árvore, nos talhões com espaçamento de 3 m x 3 m. Na ocasião, discos foram retirados para a realização da análise de tronco completa. O material coletado foi seco à sombra durante um período de 25 dias e então transportado para o laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO - Irati, PR. Na sequência, os discos foram lixados, para em seguida serem submetidos à ANATRO. Neste trabalho, serão empregados dados de 50 árvores. A Tabela 1 apresenta a distribuição das 50 árvores amostradas por idade e classe de DAP.

TABELA 1: Distribuição da amostra em classes de DAP (cm) e idade (anos).

TABLE 1: Distribution of the sample in dbh (cm) and age classes (years).

DAP (cm)	Idade (anos)						TOTAL
	7	8	9	10	11	12	
9 - 13	6	3	3	2	1		15
13,01 - 17		1	1	5	1	1	9
17,01 - 21	4	2	1	2	3	1	13
21,01 - 25	1		1	5		1	8
25,01 - 29						2	2
29,01 - 33				1	2		3
TOTAL	11	6	6	15	7	5	50

Análise de tronco completa

A marcação dos raios em todos os discos de cada árvore seguiram o mesmo padrão, sendo que a partir da medula, foram medidos o maior e o menor diâmetro, e então nessas posições os raios foram marcados, metodologia a qual difere da proposta por Baruso (1977), que consiste em identificar o maior diâmetro do disco e então realizar nova marcação a 45° no sentido anti-horário. Visto que, nem sempre os discos de teca apresentam formato circular, ou um padrão tal como acontece em pinus e outras coníferas, preferiu-se optar pela metodologia acima descrita, visando obter uma estimativa mais assertiva do volume.

Apesar da teca apresentar anéis de crescimento visíveis a olho nu, estes são irregulares e muito diferentes dos observados em *Pinussp.* e *Araucariaangustifolia*, o que exigiu muito mais atenção, sendo que para evitar a marcação de falsos anéis, que são muito comuns em teca principalmente no segundo ano de incremento, conforme observado por Priya e Bhat (1998), utilizou-se de uma estratégia simples, porém eficiente, que foi a aplicação de uma solução de água e álcool em uma proporção de 50%, evidenciando dessa forma os anéis, visto que o álcool evapora mais rapidamente que a água, e esta penetra nos anéis de menor densidade.

Depois da marcação dos raios e dos anéis, os discos foram observados na plataforma LINTAB™, para a realização da ANATRO junto ao software TSAP™. Em seguida, tendo os dados compilados em planilhas no formato “.xls”, estas foram rodadas no aplicativo Florexcel, desenvolvido para realizar, entre outras atividades, a análise de tronco.

O software Florexcel fornece como resultado tabelas com informações de crescimento em DAP, altura, área transversal e volume, além de informações de incremento médio e incremento corrente para cada uma das variáveis anteriores e um gráfico com o perfil longitudinal do fuste (Figura 1), que serviram como base para a geração dos gráficos a serem apresentados nas discussões. Na Tabela 2 pode-se observar um resumo gerado pelo software Florexcel, com dados provenientes de talhões com 12 anos de idade.

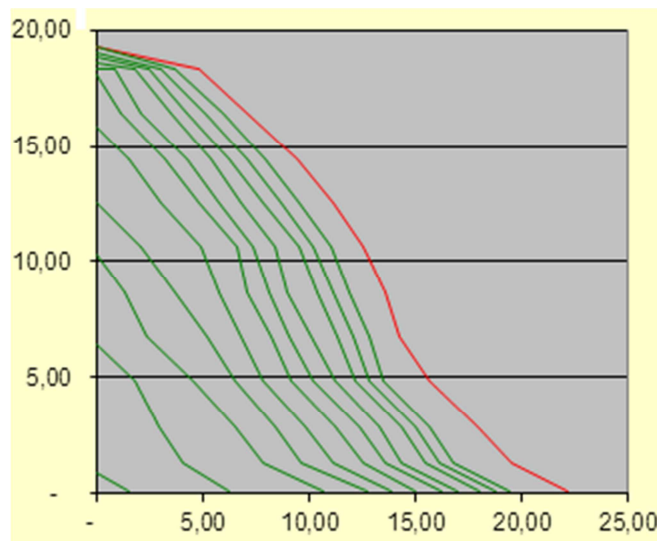


FIGURA 10: Perfil longitudinal do fuste de uma árvore com 11 anos de idade e 19 metros de altura, obtido através do Florexcel.

FIGURE 1: Stem profile from a tree with 11 years old and 19m of height, obtained through Florexcel

TABELA 2: Resumo com os parâmetros (d, h, g, v) por idade e seus incrementos (ICA, IMA)

TABLE 2: Summary with diameter, height, transversal area and volume by age and your increase (CAI, MAI)

Idade	d1,3cc (cm)	ICA d	IMA d	h (m)	ICA h	IMA h	g (m ²)	ICA g	IMA g	v (m ³)	ICA v	IMA v
1	-	-	-	1,093	1,093	1,093	-	-	-	-	-	-
2	1,084	0,542	0,542	3,834	2,741	1,917	0	0	0	0,002	0,001	0,001
3	5,003	3,919	1,668	7,753	3,919	2,584	0,002	0,002	0,001	0,011	0,009	0,004
4	8,259	3,255	2,065	11,733	3,98	2,933	0,006	0,003	0,001	0,036	0,025	0,009
5	11,465	3,206	2,293	13,611	1,878	2,722	0,011	0,005	0,002	0,071	0,035	0,014
6	13,732	2,268	2,289	15,086	1,475	2,514	0,015	0,005	0,003	0,109	0,038	0,018
7	15,585	1,853	2,226	15,928	0,841	2,275	0,02	0,005	0,003	0,15	0,041	0,021
8	17,315	1,73	2,164	16,466	0,539	2,058	0,025	0,005	0,003	0,189	0,039	0,024
9	18,816	1,501	2,091	16,849	0,383	1,872	0,03	0,005	0,003	0,231	0,042	0,026
10	19,93	1,114	1,993	17,053	0,204	1,705	0,033	0,004	0,003	0,28	0,049	0,028
11	21,328	1,398	1,939	17,256	0,204	1,569	0,039	0,005	0,004	0,332	0,052	0,03
12	22,412	1,084	1,868	17,46	0,204	1,455	0,042	0,004	0,004	0,384	0,051	0,032

Agrupamento dos dados

Diante da variabilidade das idades de plantio, foi necessário agrupar os dados para cada uma das idades, que variaram de 7 a 12 anos. O agrupamento levou em consideração a média dos parâmetros d (cm), h (m), g (m²) e v (m³) para

cada uma das idades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentadas curvas de incremento médio corrente anual e incremento médio anual para as variáveis DAP (cm), altura (m) e volume (m^3) para árvores provenientes de talhões com idades de 7, 9 e 12 anos, além das curvas médias levando em consideração o agrupamento dos dados de todas as idades de plantio e do crescimento acumulado em diâmetro e volume.

Idade 7 anos de plantio

De acordo com as curvas apresentadas na Figura 2, pode-se verificar os incrementos para cada uma das variáveis descritas. Considerando o incremento em DAP, verifica-se que o crescimento médio ocorreu por volta dos 5 anos de idade, ponto no qual as curvas se cruzam. O crescimento médio em altura aconteceu aos 4 anos de idade. Por sua vez, entre as idades de 4 e 5 anos, o volume começou a apresentar uma queda, possivelmente explicada pela diminuição do crescimento em diâmetro ocorrido no mesmo período. Percebe-se que o volume reagiu positivamente ao desbaste ocorrido por volta de 5 anos.

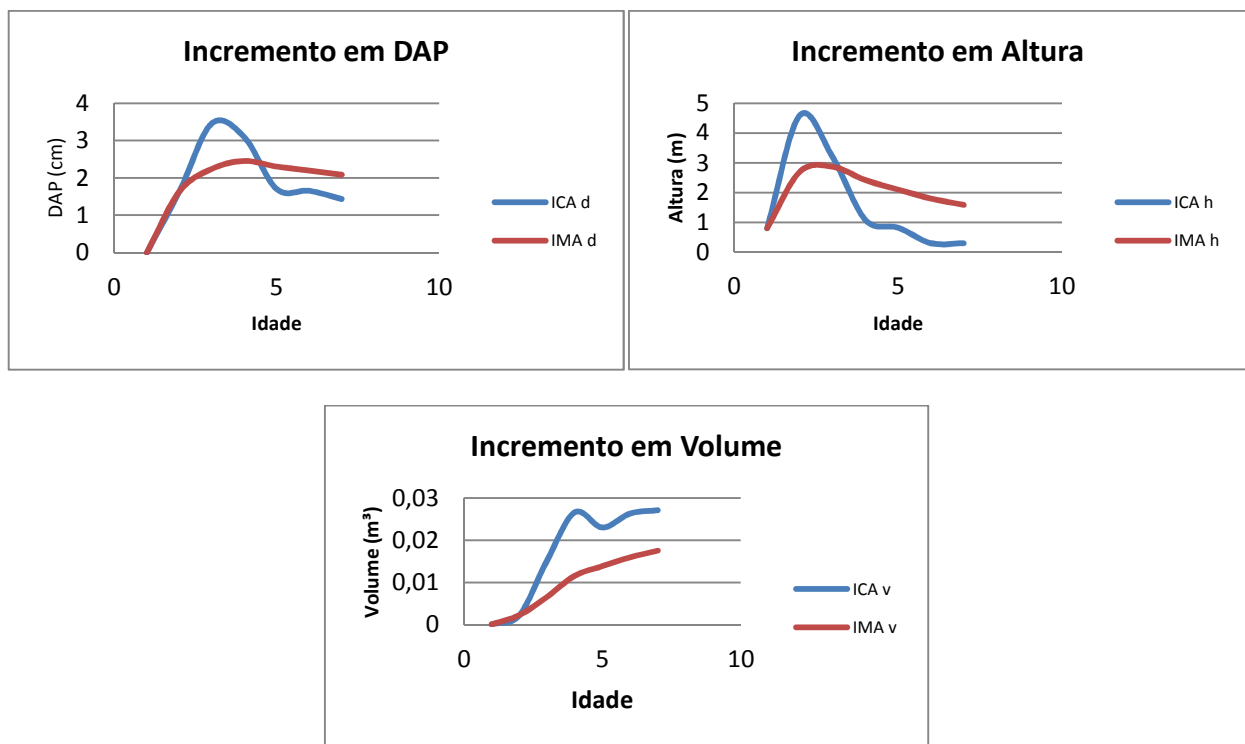


FIGURA 2: Curvas de IMA e ICA para as variáveis DAP, altura e volume para árvores de 7 anos

FIGURE 2: MAI and CAI curves for dbh, height and volume from 7 years trees

Idade 9 anos de plantio

Considerando-se a Figura 3, verifica-se que o crescimento médio em DAP ocorreu por volta dos 5 anos de idade, ponto no qual as curvas se cruzam.

O crescimento médio em altura ocorreu aos 4 anos de idade. A partir da idade 6 anos, o volume começou a apresentar uma queda, possivelmente explicada concorrência entre as árvores e pela queda no incremento anual do diâmetro.

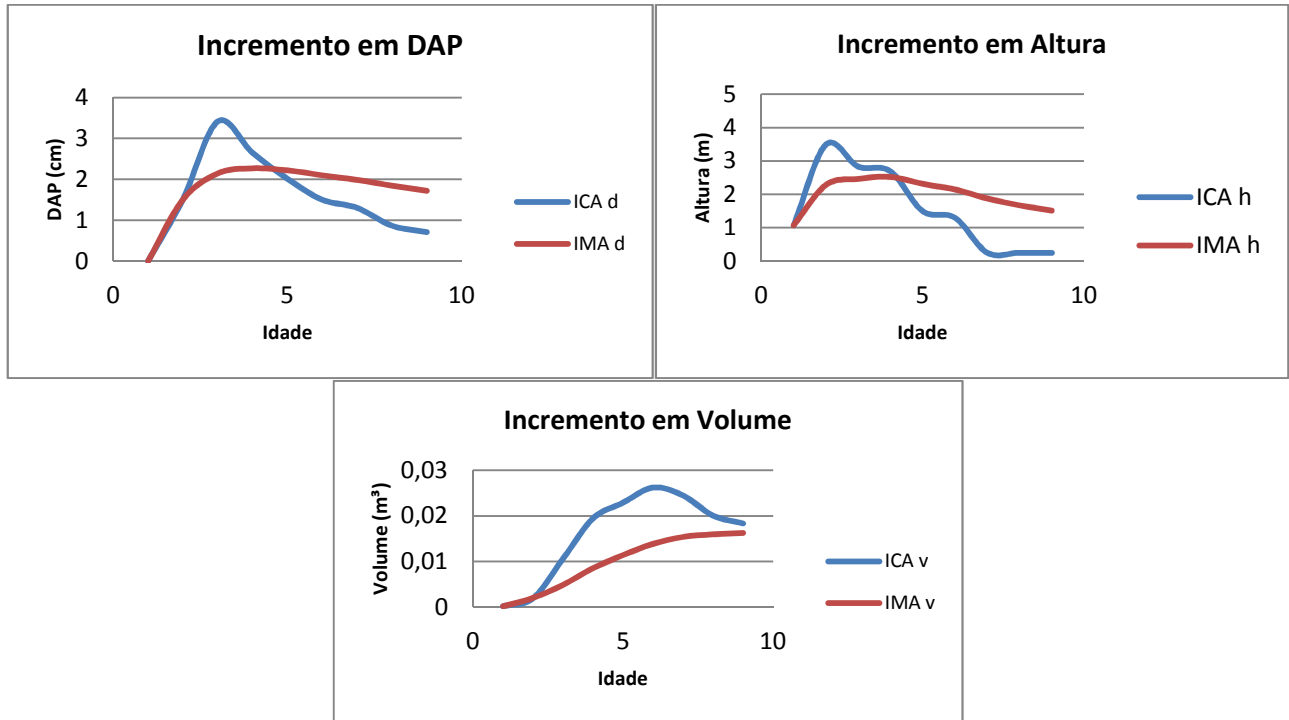


FIGURA 3: Curvas de IMA e ICA para as variáveis DAP, altura e volume para árvores de 9 anos
 FIGURE 3: MAI and CAI curves for dbh, height and volume from 9 years trees

Idade 12 anos de plantio

Ao analisar o incremento em DAP da Figura 4, verifica-se que o crescimento médio ocorreu por volta dos 6 anos de idade, ponto no qual as curvas se cruzam. O crescimento médio em altura aconteceu aos 5 anos de idade. Entre as idades de 7 e 8 anos, o volume começou a apresentar uma leve queda, porém a aplicação de um desbaste explica o aumento do volume nos anos seguintes.

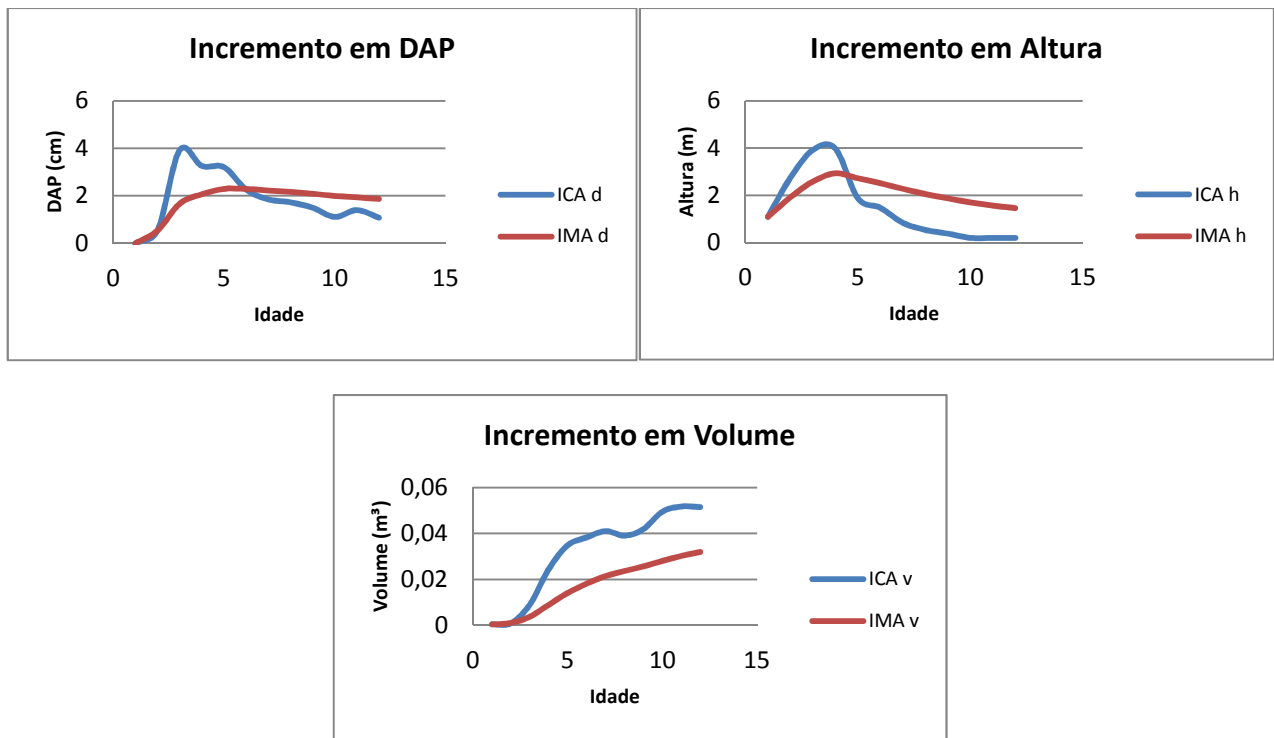


FIGURA 4: Curvas de IMA e ICA para as variáveis DAP, altura e volume para árvores de 12 anos
 FIGURE 4: MAI and CAI curves for dbh, height and volume from 12 years trees

Curvas médias para árvores com diferentes idades

Ao agrupar todos os dados, as curvas apresentadas na Figura 5 revelam a tendência média do crescimento das árvores amostradas. Os resultados mostram, como esperado, uma curva sigmoideal para o crescimento acumulado.

Para as variáveis DAP e altura, o ponto de cruzamento das curvas que representa o crescimento médio coincide com as curvas analisadas na Figura 2, ocorrendo aos 5 e 4 anos de idade, respectivamente para o DAP e altura. Para a variável volume, a tendência aponta um crescimento ao longo dos anos, além disso, observa-se que as curvas de incremento corrente e médio, ainda não se cruzaram, demonstrando que a curva ainda não atingiu o ponto de estagnação do crescimento.

Ao analisar as curvas de crescimento acumulado, nota-se que aos 12 anos de idade, em média as árvores atingem 22 cm de DAP, 17 m de altura e 0,4 m³ de volume.

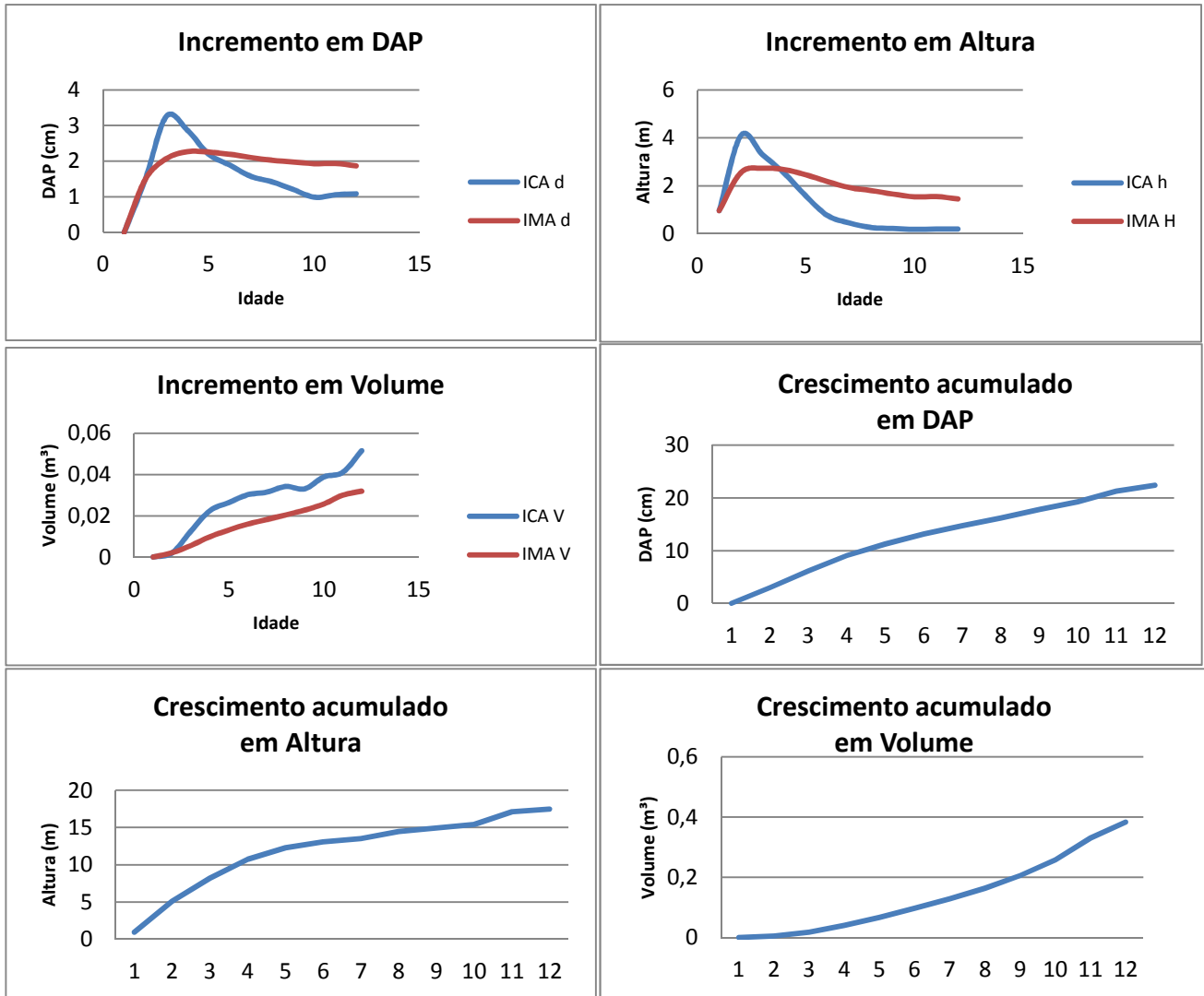


FIGURA 5: Curvas de IMA, ICA e de crescimento acumulado para as variáveis DAP, altura e volume para dados provenientes de árvores cubadas

FIGURE 5: MAI, CAI and accumulated growth curves for dbh, height and volumen for datas from cubed trees

CONCLUSÕES

- A análise de tronco completa é uma ferramenta acurada e importante para estudar o crescimento e a produção, notadamente quando não se dispõe de dados advindos de parcelas permanentes.
- Para as três idades apresentadas e para os dados agrupados, o ponto de maior incremento corrente em DAP ocorreu aos 3 anos de idade, havendo portanto uma queda no crescimento da variável nos anos subsequentes.
- Em termos de altura, o crescimento das árvores provenientes de plantios de 7 anos diferiu das demais, atingindo o ponto de maior incremento aos 3 anos de idade, fator possivelmente explicado em função de um melhor sítio. Para os dados agrupados, o maior crescimento em altura ocorreu aos 2 anos de idade. Ao agrupar os dados, verifica-se através das curvas de crescimento acumulado que as árvores estão em pleno desenvolvimento, independente da variável analisada, o que pode ser explicado por se tratar de um povoamento jovem, com idade máxima de 12 anos de plantio.

- Para que se possam obter curvas suavizadas, recomenda-se proceder à modelagem dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2011 – ano base 2010**, Brasília, 2011.

AUSTREGÉSILO, S. L., *et al.* Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **RevistaÁrvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.227-232, 2004.

BARUSO, A. P. **A determinação de funções de crescimento mediante análise do tronco**. Tese (defendida) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1977

DRESCHER, R. **Crescimento e Produção de *Tectona grandis* Linn F., em povoamentos jovens em duas regiões do estado do Mato Grosso – Brasil**. 2004. 116f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.

MACEDO, R. L. G. *et al.* Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L. F. (Teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 61-69, jan./mar. 2005

PRIYA, P. B., BHAT, K. M. **False ring formation in teak (*Tectonagrandis*L.f.) and the influence of environmental factors**. *Forest Ecology and Management* , 1998.

SCOLFORO, J. R. S., PULZ, F.A., MELLO, J. M. de., OLIVEIRA FILHO, A.T. Modelo de produção para floresta nativa como base para o manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, 1996.

SOUZA, L. C. D.; YAMASHITA, O. M.; CARVALHO, M. A. C. de. Qualidade de sementes de arroz utilizadas no norte de Mato Grosso. **Rev. Brasileira de Sementes**. Vol.29 n°2. Pelotas. Agosto 2007.

AJUSTE DA FUNÇÃO DE AFILAMENTO PARA POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* EM DIFERENTES CLASSES DE IDADE

TAPER FUNCTION ADJUSTMENT FOR *Pinus taeda* STANDS IN DIFFERENT AGE CLASSES

Matheus Andrade Ferreira¹; José Roberto Soares Scolforo²; Nathalia de Paiva Mendonça³; Paula Carolina Gomides Vitor⁴; Amanda Candida Ribeiro Nunes⁵

RESUMO

As funções de afilamento descrevem matematicamente o perfil axial de um tronco, fornecem estimativas de diâmetro e altura. O objetivo deste estudo é ajustar a função de afilamento e através do teste de identidade entre modelos, descrito por Graybill, verificar se há diferença significativa do ajuste para cada classe de idade em relação aos agrupamentos de classes e ao ajuste global em povoamentos de *Pinus taeda* com diferentes idades de plantio. A área em estudo, de propriedade da indústria de papel Arapoti S.A., Inpacel no município de Arapoti, Paraná, abrange um total de 6 fazendas, Barra Mansa, Caetê, Coqueiros, São Nicolau 3, São Nicolau 4 e São Nicolau 5, onde foram cubadas 61 árvores dominantes. As classes que apresentaram melhores coeficiente de determinação, erros padrões da estimativa e gráficos de resíduos foram 2 (10 a 15 anos), 3 (15 a 20 anos) e 3 (20 a 25 anos). Segundo teste de identidade descrito por Graybill não será permitido uso do ajuste global para estimar o diâmetro a várias alturas em povoamentos de *Pinus taeda* de classes de idades diferentes, porém para as classes 1, 2, 3 e 4 poderá ser utilizada a equação ajustada para o agrupamento destas, otimizando o planejamento da retirada de madeira para múltiplos usos nessas áreas de plantio.

Palavras-chave: função de afilamento, teste de identidade, *Pinus taeda*

ABSTRACT

Taper functions mathematically describe the axial profile of the stem, provide estimates of diameter and height. The objective of this study is to adjust a taper function and through the model identity test, described by Graybill, check for significant differences in the adjustment for each age class in relation to the groups of class and to the global adjustment for a *Pinus taeda* plantation in different ages. The study area, owned by the paper industry Arapoti SA, Inpacel in Arapoti municipality, Paraná, covering a total of six farms, Barra Mansa, Caetê, Coqueiros, São Nicolau 3, São Nicolau 4 and São Nicolau 5, where 61 dominant trees were scaled. The classes that presented the best coefficient of determination, standard error of estimate and residual plots were 2 (10 to 15 years), 3 (15 to 20 years) and 3 (20 to 25 years). According to the identity test described by Graybill, a global adjustment to estimate the diameter at various heights in *Pinus taeda* classes of different ages yielded less precise estimates when compared to adjustments by age class, but the classes 1, 2, 3 and 4 can be grouped, optimizing the planning of timber removal for multiples uses in these stands.

Keywords: taper function, identity test, *Pinus taeda*

INTRODUÇÃO

Com o crescente mercado por madeira e seus diversos produtos associado com a tendência de conservação e preservação das florestas nativas, uma das alternativas para produção de madeira são as florestas plantadas de pinus e eucalipto.

A madeira de *Pinus sp.* possui usos múltiplos, sendo importante matéria-prima para indústrias de celulose, serraria e laminação. As espécies de pinus apresentam boa rusticidade e tolerância a solos pobres em nutrientes, e são plantadas quando se deseja obter madeira de fibra longa e/ou para extração de resina, além de atuar como cobertura protetora de solos contra a erosão.

A partir do surgimento de florestas plantadas para produção de madeira, uma das alternativas é o reflorestamento com coníferas, a exemplo deste, uma espécie de pinus, *Pinus taeda*, muito utilizada para reflorestamentos, apresenta um bom desenvolvimento em condições ambientais adequadas e produzem madeira em curto período.

Para determinar os usos múltiplos da madeira de uma floresta podem ser utilizadas funções de afilamento que descrevem matematicamente o perfil axial de um tronco, fornecendo estimativas de diâmetro e altura. Tais parâmetros são

¹ Graduando, 6º Módulo de Engenharia Florestal, DCF, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Bolsista CNPq. matheusandrade.bs@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG). jscolforo@dcf.ufla.br

³ Graduanda, 6º Módulo de Engenharia Florestal, DCF, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Bolsista CNPq. nathalia.p.mendonca@hotmail.com

⁴ Graduanda, 6º Módulo de Engenharia Florestal, DCF, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Bolsista FAPEMIG. paulinhagvitor@hotmail.com

⁵ Graduanda, 5º Módulo de Engenharia Florestal, DCF, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Bolsista CNPq. amandacrn@hotmail.com

fundamentais para avaliar a acuracidade das razões de volume da árvore, considerando-se que a seção transversal seja circular em qualquer ponto ao longo do tronco, seu volume pode ser obtido por meio da integral da função de afilamento.

Leite et al. (2006) avaliou a acuracidade de 4 modelos de afilamento para *Virola surinamensis* em uma floresta de várzea baixa no estado do Pará. Os modelos testados foram Kozak (1969), Baldwin (1991), Demaerschalk (1972) e Garay (1979) e todos estimaram o diâmetro comercial com precisão, mas apenas o modelo de Garay apresentou melhor consistência para estimar a altura comercial sendo este o escolhido para quantificar os múltiplos produtos de árvores de *Virola surinamensis* e gerando uma curva de cubagem para a espécie.

Para estimar o volume ao longo do fuste de *Mimosa scabrella*, Queiroz (2007) avaliou a acuracidade de três funções de afilamento por classe de idade e para o conjunto total dos dados e testou a possibilidade de agrupar modelos através do teste de identidade. Utilizou-se como base de dados a cubagem de 121 árvores pelo método de Hohenadl com dez seções, obtidas na Região Metropolitana de Curitiba (PR). As árvores selecionadas foram divididas em 4 classes de idade. Foram ajustados três modelos para cada classe de idade, e para o conjunto total dos dados. Os modelos testados foram o de Schöpfer (1966), o de Hradetzky (1976) e o de Kozak et al. (1969). Após a análise dos resultados, concluiu-se que o modelo de Hradetzky (1976) foi o mais adequado para estimar os volumes, em quase todas as classes de idade, e o melhor para o conjunto total dos dados. O teste de identidade de modelos elucidou que se pode ajustar um único modelo para as classes de idade 13 a 15 e 16 a 19 anos. As classes 6 a 9 e 10 a 12 anos somente podem ser agrupadas para o modelo Polinomial de 5º Grau e para o de Kozak et al. (1969).

Mendonça et al. (2007) avaliou o comportamento dos modelos de afilamento de Demaerschalk, Ormerod, Schöpfer e Hradetzky na estimativa do volume e da altura ao longo do fuste, com a finalidade de garantir *inputs* mais precisos aos sistemas de otimização para obtenção de múltiplos produtos. Estes modelos foram testados para os diâmetros comerciais de 7 e 28 cm em árvores de *Eucalyptus* sp.. Foram cubadas 32 árvores-amostra para o ajuste e 27 árvores-amostra para os testes de validação, que apresentavam idade de 16 anos. Após a análise gráfica de resíduos e estatística conclui-se que o melhor modelo para estimar o volume foi o de Ormerod e para estimar a altura foi o de Schöpfer.

Segundo Assis et al. (2002) a obtenção dos múltiplos produtos oriundos da madeira das florestas de produção passa necessariamente pelo conhecimento das características do ritmo de crescimento e da forma de seus indivíduos, além dos fatores que afetam essas duas variáveis. Sendo assim, a elaboração de modelos matemáticos suficientes para representar com acuracidade os perfis dos fustes têm-se tornado uma alternativa cada vez mais importante dentro dos empreendimentos de base florestal. Em consequência da sua flexibilidade e ao vasto campo de informações que proporcionam sem aumento nos custos de inventário, as funções de afilamento têm ganhado espaço no meio florestal.

O uso de funções de afilamento é um importante instrumento para avaliar biológica e economicamente uma floresta e a resposta às práticas de manejo executadas, já que permite valorar de maneira detalhada quanto renderá o povoamento florestal (FISCHER et al. 2001).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi ajustar a função de afilamento e através do teste de identidade entre modelos, descrito por Graybill (1976), verificar se há diferença significativa do ajuste para cada classe de idade em relação aos agrupamentos de classes e ao ajuste global em povoamentos de *Pinus taeda* com diferentes idades de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área em estudo, de propriedade da indústria de papel Arapoti S.A., Inpacel no município de Arapoti, Paraná, abrange um total de 6 fazendas, Barra Mansa, Caetê, Coqueiros, São Nicolau 3, São Nicolau 4 e São Nicolau 5. Segundo o sistema de Köppen o clima da região é do tipo Cfa, definido como um clima subtropical que apresenta temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. A precipitação média anual situa-se entre 1.400 e 1.600 mm (IAPAR, 1994).

Coleta e processamento de dados

Para realização do estudo foram selecionadas e cubadas 61 árvores dominantes de povoamentos puros inequiduais, distribuídas em diferentes fazendas. Cada árvore selecionada foi abatida e discos de aproximadamente 3 cm foram retirados ao longo do fuste nas alturas de 0,0 m; 0,70 m; 1,00 m; 2,00 m; 3,00 m; e assim sucessivamente até a altura total da árvore. Os discos foram conduzidos para laboratório onde foram mensurados os diâmetros, com objetivo de ajustar o modelo de afilamento do Polinômio do 5º grau para cada classe de idade, além de fazer agrupamentos entre classes e um ajuste global. As classes de idade foram definidas da seguinte forma: 5 a 10 anos (Classe 1), 10 a 15 (Classe 2), 15 a 20 anos (Classe 3), 20 a 25 anos (Classe 4) e 25 a 30 anos (Classe 5).

Na Tabela 1 estão representados os DAP's (Diâmetros a 1,30 m do solo) e HT's (alturas totais) máximos, mínimos, médios e os coeficientes de variação (CV) por classe de idade.

TABELA 1: Dados estatísticos dos Povoamentos de *Pinus taeda* em cada classe de idade.TABLE 1: Statistical data of forest stands of *Pinus taeda* in each age class.

Classes	DAP				HT			
	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Média (cm)	CV (cm)	Mínima (m)	Máxima (m)	Média (m)	CV (m)
1	17,3	24,5	20,8	8,2	12,47	16,00	14,02	1,50
2	21,3	36,8	31,8	7,1	21,98	30,90	25,50	10,33
3	25,5	41,7	32,7	7,5	22,11	32,49	27,17	9,60
4	27,2	42,2	33,5	9,8	22,80	32,00	28,13	12,50
5	28,9	40,6	33,8	8,3	21,20	32,70	26,71	6,17

O polinômio do 5º grau foi proposto por Schöpfer (1966), cuja fórmula é:

$$\frac{d_i}{D} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{H} \right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{H} \right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{H} \right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{H} \right)^5 + e_i$$

onde: d_i = diâmetro comercial (cm) ou diâmetro correspondente a qualquer altura h_i , especificada ou comercial; D = diâmetro a 1,3 m de altura (cm); H = altura total (m); h_i = altura comercial (m); β_{is} = parâmetros a serem estimados; e_i = erro de estimativa.

A acuracidade dos modelos ajustados para cada classe de idade, agrupamento de classes e o global foram avaliadas através de análises estatísticas, gráfico de resíduos, o coeficiente de determinação (R^2), e o erro padrão da estimativa (S_{YX}). Essas permitem verificar se os modelos apresentaram ajustes satisfatórios de uma maneira geral.

A partir dessas estatísticas, foi elaborada uma tabela de classificação para expressar o desempenho dos modelos testados para estimar os diâmetros ao longo dos fustes das árvores em estudo. Essa tabela foi feita para cada classe de idade, para o agrupamento de classes e também para o conjunto total dos dados das classes de idade, para a variável diâmetro. Considerando cada uma das estatísticas testadas, conforme a Tabela 2, foi atribuída nota 1 para o modelo com melhor acuracidade, assim sucessivamente, até a nota 3 para o modelo que propiciou as estatísticas menos acuradas.

TABELA 2: Estatísticas utilizadas para avaliação das estimativas dos diâmetros de *Pinus taeda*.TABLE 2: Statistics used to evaluate estimates of the diameters of *Pinus taeda*.

Estatísticas	Diâmetros
1) Desvio (D)	$(\sum \text{Diff}_i)/N$
2) Desvio Padrão das Diferenças (SD)	$\left[\frac{(\sum \text{Diff}_i - D)^2}{(N-1)} \right]^{0,5}$
3) Soma do Quadrado do Resíduo Relativo (SSRR)	$\sum (\text{Diff}_i/d_i)^2$
4) Porcentagem dos Resíduos (RP)	$[\sum (\text{Diff}_i/d_i) \cdot 100]/N$

Onde: $\text{Diff}_i = (d_i - \hat{d}_i)$ é o desvio dos diâmetros; d_i = diâmetro da árvore na posição i do fuste; \hat{d}_i = diâmetro da árvore estimado para a posição i do fuste; N = número de árvores.

Após o ajuste da equação de afilamento para cada classe de idade, para o agrupamento de classes e para o conjunto total dos dados das classes de idade, foi empregado o teste de identidade, na tentativa de agrupar as classes de idade e assim possibilitar o emprego de um número menor de modelos. Adotou-se o teste de identidade de modelos proposto por Graybill (1976). Esse teste consiste, basicamente, na redução da soma dos quadrados, permitindo verificar estatisticamente, pelo teste de F, a significância da diferença entre o total das somas dos quadrados das regressões ajustadas para cada área isoladamente (modelo completo), e a soma do quadrado da regressão ajustada para o conjunto total dos dados de cada área (modelo reduzido).

A Tabela 3 mostra o procedimento para o cálculo da identidade dos modelos testados.

TABELA 3: Análise de variância para o teste de identidade dos modelos de afilamento.

TABLE 3: Analysis of variance for the identity test of taper models.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Modelo completo	(h*p)	SQ _(completo)		
Modelo reduzido	P	SQ _(reduzido)		
Diferença para testar hipótese	(h-1)*p	SQ _(completo) - SQ _(reduzido)	SQ _{(diferença)/(C-1)p}	QM _{(diferença)/} QM _(reduzido)
Resíduos	n-(h*p)	SQ _(Total) -SQ _(completo)	SQ _{(reduzido)/N-(C*p)}	
Total	N	SQ Total		

GL= grau de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= quadrado médio; F= teste f; h= número de classes de idade; p= número de parâmetros do modelo; n= número de observações.

Desta forma, as hipóteses consideradas foram:

H₀: $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_h$, ou seja, os h modelos são idênticos.

H_a: rejeição da hipótese H₀.

onde: β_h : representa os coeficientes do modelo h.

O processamento dos dados será feito por meio do software Statgraphics Plus (2000) e planilhas eletrônicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados estatísticos, coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa. A Tabela 5 apresenta os parâmetros estimados para o modelo do 5º nas classes de idade e o global.

TABELA 4: Análise estatística dos modelos de afilamento para as classes de idade.

TABLE 4: Statistical Analysis of taper models for age classes.

Modelos	R ² ajustado (%)	Erro Padrão da Estimativa (m)	Notas
Classe 1	93,14	0,094	2
Classe 2	96,59	0,060	1
Classe 3	96,77	0,057	1
Classe 4	96,25	0,061	1
Classe 5	83,83	0,123	3
Agrupamento 1, 2, 3 e 4	95,97	0,064	1
Global	94,71	0,074	2

TABELA 5: Parâmetros estimados no modelo do 5º grau para as classes de idade e o global

TABLE 5: Estimated parameters in the model of the 5th grade to age classes and the global.

Classes	Parâmetros estimados no modelo do 5º grau					
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
Classe 1	1,21855	-2,73846	7,96587	-14,2161	10,5149	-2,65328
Classe 2	1,15271	-2,93402	13,1355	-28,5525	25,598	-8,36551
Classe 3	1,14687	-2,66993	9,80062	-17,8053	12,8956	-3,34233
Classe 4	1,15174	-2,7006	10,1293	-17,8476	11,9485	-2,64521
Classe 5	1,17072	-4,49029	21,8574	-47,0245	44,0242	-15,5183
Agrupamento 1, 2, 3 e 4	1,15443	-2,71693	10,2042	-18,9295	14,0133	-3,68976
Global	1,15603	-2,8883	11,3296	-21,6429	16,9134	-4,83368

A partir da Tabela 5 de análise estatística e dos gráficos de resíduos, os quatro modelos que apresentaram maior desempenho, foram os modelos das classes 2, 3, e 4 e o agrupamento das classes 1, 2, 3 e 4 cujos coeficientes de determinação, erros padrões da estimativa e gráficos de resíduos apresentaram maior destaque, o que pode ser devido ao fato destas apresentarem maior frequência, sendo assim ajustando melhor a equação. Como mostra a análise gráfica dos modelos nas Figuras 1 a 7.

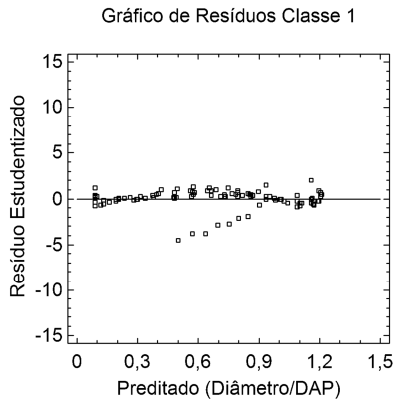


FIGURA 1: Gráfico de resíduos Classe 1.
FIGURE 1: Residual plot Class 1.

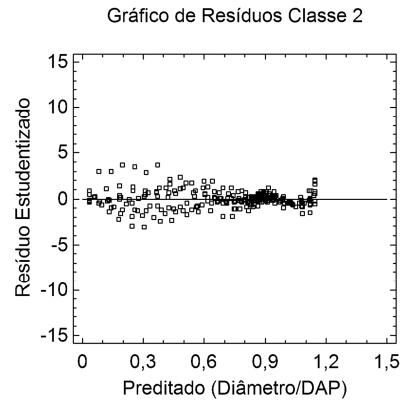


FIGURA 2: Gráfico de resíduos Classe 2.
FIGURE 2: Residual plot Class 2.

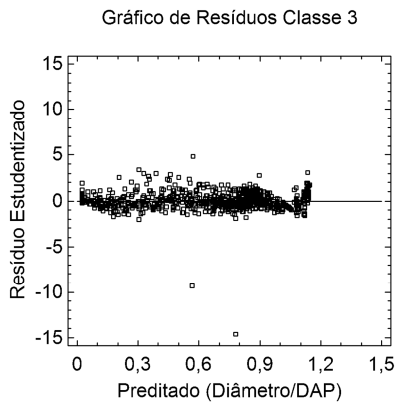


FIGURA 3: Gráfico de resíduos Classe 3.
FIGURE 3: Residual plot Class 3.

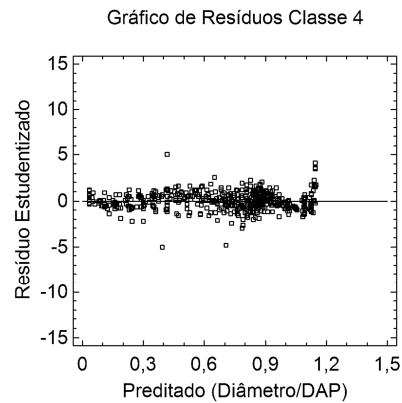


FIGURA 4: Gráfico de resíduos Classe 4.
FIGURE 4: Residual plot Class 4.

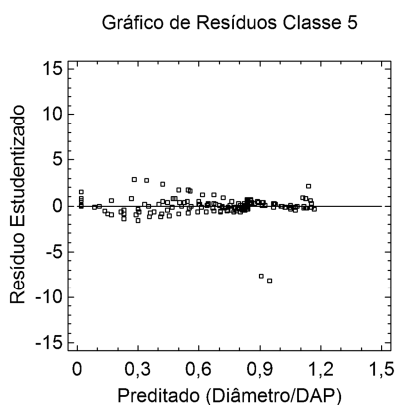


FIGURA 5: Gráfico de resíduos Classe 5.
FIGURE 5: Residual plot Class 5.

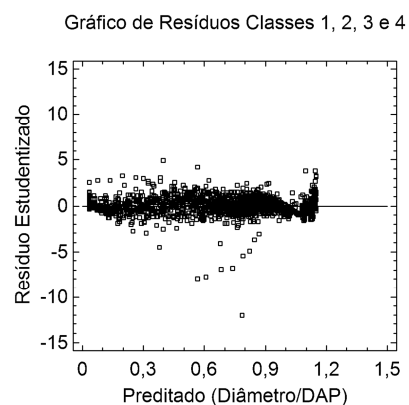


FIGURA 6: Gráfico de resíduos Classes 1, 2, 3 e 4.
FIGURE 6: Residual plot Classes 1, 2, 3 and 4.

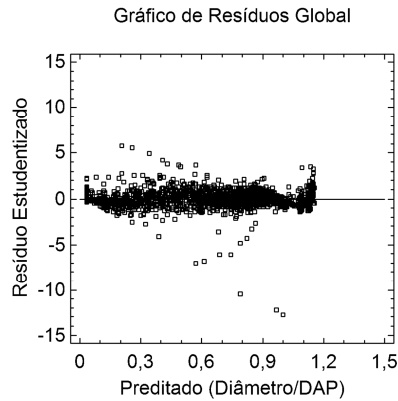


FIGURA 7: Gráfico de resíduos Global.

FIGURE 7: Residual plot Global.

Para verificar se há diferença significativa do ajuste para cada classe de idade em relação ao ajuste global em povoamentos de *Pinus taeda* e também do ajuste para as classes 1, 2, 3 e 4 em relação ao ajuste do agrupamento destas foi utilizado o teste de identidade descrito por Graybill como mostram as Tabela 6 e 7 respectivamente.

TABELA 6: Análise de variância do teste de identidade entre os modelos para o agrupamento global.

TABLE 6: Analysis of variance for the identity test between the models for the global grouping.

FV	GL	SQ	QM	F	F _{tabelado}
Modelo Completo	30	1013,505			
Modelo Reduzido	6	1012,418			
Diferença	24	1,087339	0,045306	9,298316	1,523481
Resíduo	1767	8,609661	0,004872		
Total	1797	1022,115			

Considerando as seguintes hipóteses:

H_0 : os modelos testados são idênticos.

H_a : rejeição da hipótese H_0 , ou seja, os modelos testados são diferentes.

Portanto como o $F_{calculado}$ foi maior do que o $F_{tabelado}$, rejeita-se a hipótese H_0 com o nível de significância de 5%, logo os modelos testados são diferentes. Assim não será permitido o uso do modelo global para estimar os diâmetros a várias alturas para cada classe de idade.

TABELA 7: Análise de variância do teste de identidade entre os modelos para o agrupamento das classes 1, 2, 3 e 4.

TABLE 7: Analysis of variance for the identity test between the models for the grouping classes 1, 2, 3 e 4.

FV	GL	SQ	QM	F	F _{tabelado}
Modelo Completo	24	915,074			
Modelo Reduzido	6	914,431			
Diferença	18	0,643404	0,035744	0,629547	1,610298
Resíduo	1601	90,90215	0,056778		
Total	1625	1005,976			

Considerando as seguintes hipóteses:

H_0 : os modelos testados são idênticos.

H_a : rejeição da hipótese H_0 , ou seja, os modelos testados são diferentes.

Portanto como o $F_{calculado}$ foi menor do que o $F_{tabelado}$, aceita-se a hipótese H_0 com o nível de significância de 5%, logo os modelos testados são iguais. Assim será permitido o uso do modelo do agrupamento das classes 1, 2, 3 e 4 para estimar os diâmetros a várias alturas para cada uma destas classes de idade, otimizando a retirada de madeira para múltiplos usos nessas áreas de plantio. Foi possível o ajuste para o agrupamento das idades mais jovens devido a forma do fuste, e esta muda de comportamento ao longo dos anos, fato este que explica um ajuste separado para a idade 5.

CONCLUSÃO

Os modelos das classes 2, 3 e 4 e o agrupamento das classes 1, 2, 3 e 4 foram os que apresentaram melhores coeficientes de determinação, erros padrões da estimativa e gráfico de resíduos.

A partir do teste de identidade definiu-se que para estimar os diâmetros a várias alturas dos povoamentos de *Pinus taeda* de cada classe de idade serão utilizadas suas respectivas equações, já que estas são diferentes do ajuste global.

Para as classes 1, 2, 3 e 4 poderá ser utilizada a equação do agrupamento destas, já para a classe 5 deverá ser utilizada apenas a equação ajustada para a respectiva classe.

Os resultados indicam que árvores de *Pinus taeda* possuem forma semelhante até a idade de 25 anos, após esta idade ocorre uma mudança no comportamento da razão de afilamento do fuste requerendo uma equação diferente para sua representação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, D. A. Avaliação de modelos polinomiais não-segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 89-107, 2002.

FERREIRA, M. Z.; GUIMARÃES, M. A. M.; SCOLFORO, J. R. S. Classificação de sítios florestais por meio de análise do tronco. Jornadas Forestales de Entre Ríos 1986-2007, 2006.

FISCHER, F.; SCOLFORO, J. R. S.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; MELLO, J. M.; MAESTRI, R. Exatidão dos modelos polinomiais não-segmentados e das razões entre volumes para representar o perfil do tronco de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.167-188, 2001.

GRAYBILL, F. A. Theory and application of the linear model. Belmont: Duxbury Press, 1976.

IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná. Cartas climáticas do Estado do Paraná: 1994. Londrina, 1994. Disponível em:<<http://www.iapar.br/modules/conteudo>>Acesso em: 5 de outubro de 2011.

LEITE, H. G.; GAMA, J. R. V.; CRUZ, J. P.; SOUZA, A. L. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (Roll.) Warb. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.99-106, 2006.

MACHADO, S. A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FIGUEIREDO, D. J. Comparação de modelos de afilamento do tronco para diferentes idades e regimes de desbastes em plantações de *Pinus Oocarpa* Schiede. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n.48, p.41-64, jan./jun., 2004.

MENDONÇA, A. R.; SILVA, G. F.; OLIVEIRA, J. T. S.; NOGUEIRA, G. S.; ASSIS, A. L. Avaliação de funções de afilamento visando a otimização de fustes de *Eucalyptus* sp. para multiprodutos. **Cerne**, Lavras, v.13, n.1, p.71-82, jan./mar., 2007.

STATGRAPHICS. 2000. Statgraphics plus for Windows, version 5.1. Statistical Graphics, Rockville, Maryland, USA.

QUEIROZ, D.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E.; KOEHLER, H. S. Avaliação e validação de funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Benth em povoamentos da região metropolitana de Curitiba. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 2, maio/ago., 2006.

QUEIROZ, D.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E.; KOEHLER, H. S. Identidade de modelos em funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Benth em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 2, abr./jun., 2008.

SCOLFORO, J. R. S. Biometria Florestal: Parte I: modelos de regressão linear e não linear; Parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005, 352 p.: il.

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ROTAÇÕES DE *Pinus taeda* L. NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM CAMBISSOLO HÚMICO

INFLUENCE OF DIFFERENT ROTATIONS OF *Pinus taeda* L. ON THE CHEMICAL PROPERTIES OF A Haplumbrept

Simone Filipini Abrão¹; Suzana Ferreira da Rosa²; Angelo Augusto Ebling³;
Dalvan José Reinert⁴; José Miguel Reichert⁴

RESUMO

O objetivo do estudo foi verificar se a introdução da espécie *Pinus taeda* L., em solo sob campo natural, pode degradar quimicamente a qualidade do Cambissolo Húmico, em diferentes rotações. O estudo foi conduzido na região dos Campos de Cima da Serra – RS, Brasil. Para isso, foram escolhidas duas áreas de estudo, uma em primeira (RT1) e a outra em segunda rotação (RT2), com 13 anos de idade. Para cada povoamento, foi avaliada conjuntamente uma área de campo natural adjacente (testemunha). Em cada área, foram abertas cinco trincheiras e coletadas amostras de solo nas profundidades 0,0-0,05; 0,05-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Foi verificada reduções nas bases trocáveis (Ca e Mg) nas camadas superficiais. Os teores de P apresentaram-se maiores nas áreas com povoamentos de pínus. O pínus também elevou os teores de Al e reduziu o pH. Os teores de C e N foram reduzidos na camada mais superficial do solo do povoamento em primeira rotação, enquanto que em segunda rotação, os níveis de C e N foram similares ao campo natural, inferindo, em longo prazo, a capacidade de restauração dos níveis de C no solo.

Palavras-chave: florestamentos; qualidade do solo; propriedades do solo.

ABSTRACT

The study aimed to verify whether the introduction of *Pinus taeda* L., on soil under native grassland conditions, can degrade chemical quality of Haplumbrept soil in different rotations. The study was conducted in the region of Campos de Cima da Serra - RS, Brazil. To this, were selected two study areas, one in the first (RT1) and another in the second rotation (RT2), with 13 years of age. For each stand, was assessed a combined area of grassland adjacent (control). In each area, five trenches were opened and collected soil samples at depths from 0.0 to 0.05, from 0.05 to 0.20, 0.20 to 0.40 and 0.40 to 0.60 m. It was verified reductions in exchangeable bases (Ca and Mg) in the surface layers. The P levels were higher in areas with stands of pine. The pine has also raised the levels of Al and reduced pH. The levels of C and N were reduced in the superficial layer of the soil settlement in the first rotation, while in the second rotation, the levels of C and N were similar to natural field, inferring in the long run, the ability to restore the levels of C in soil.

Keywords: afforestation; soil quality; soil properties.

INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil, estima-se que as áreas com florestas plantadas de *Pinus* sp. , em 2010, acumularam o total de 1.401.056 ha, distribuídas nos estados de maior produção, como Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (ABRAF, 2011). Além disso, o consumo de madeira de pínus tem mostrado excepcional importância no cenário econômico e social, principalmente em regiões serranas, como é o caso do extremo nordeste do Rio Grande do Sul, a qual foi a que melhor desenvolveu a cultura de pínus no Estado.

No entanto, apesar do cenário econômico favorável ao cultivo do pínus, o avanço dos

¹ Engenheira Florestal, Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). simone_abrao@hotmail.com

² Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. suzanafdr@yahoo.com

³ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, PR 153 Km 7, CEP 84500-000, Irati (PR). Bolsista do CNPq. aebling@hotmail.com

⁴ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). dalvan@ufsm.br; reichert@ufsm.br.

florestamentos tem sido objeto de estudos e discussões no que diz respeito aos impactos ambientais, principalmente em relação à manutenção da qualidade do solo.

A qualidade do solo está relacionada à capacidade do solo em exercer várias funções dentro dos limites do ecossistema, mantendo a sustentabilidade e a produtividade biológica, a qualidade da água e do ar e a contribuição para a saúde humana, de plantas e animais (DORAN e PARKIN, 1994). Portanto, a qualidade do solo depende diretamente da forma de uso e manejo do solo, o que requer conhecimento da disponibilidade de nutrientes, bem como, da exigência nutricional da espécie florestal.

Como meio de expressar a condição da qualidade do solo, alguns trabalhos têm mostrado os efeitos do florestamento de pinus sobre a acidez do solo. Prado e Natale (2003) constataram que o pinus foi o cultivo que mais acidificou o solo na camada superficial (0 a 10 cm), sendo o resultado atribuído à decomposição das acículas que recobrem o solo, baixando o valor de pH e aumentando o teor de alumínio. Em outro trabalho envolvendo atributos químicos em solos sob diferentes coberturas (campo nativo, pinus, reflorestamento de araucária e araucária nativa), foram observados, novamente, valores menores de pH nos plantios de *Pinus taeda*, cujos valores situaram-se entre 4,5 a 5,3 (MAFRA et al., 2008).

Os teores nutricionais, principalmente de bases trocáveis como o Ca e o Mg tendem a ser menores em povoamentos florestais, conforme reportado por Mafra et al. (2008), os quais encontraram, na camada 0,0 a 0,5 m, teores de Ca e Mg mais altos em campo nativo quando comparados a povoamentos de *Pinus taeda*, com 12 e 20 anos de idade. Nesse mesmo estudo, as áreas com pinus foram as que apresentaram os menores teores dentre todas as coberturas florestais avaliadas (floresta nativa e reflorestamento de araucária). Além disso, ocorre o efeito do tempo de cultivo da área, a exemplo disso, estudos em que foram comparados os solos sob povoamentos antigos e jovens de *P. silvestris* e áreas cultivadas, os teores de Ca, Mg e K, bem como a saturação por bases, foram menores na área florestada por mais tempo, sugerindo que os mesmos foram substituídos por íons H⁺, refletindo em um aumento da acidez do solo (OLSZEWSKA; SMAL, 2008).

Costa Lima et al. (1995) observaram que o *Pinus elliottii* foi eficiente na manutenção do estoque de carbono total do solo, sendo capaz de aumentá-lo na superfície. O mesmo foi evidenciado por Mafra et al. (2008), que verificaram que os reflorestamentos com pinus e araucária mantiveram os estoques de carbono orgânico, na camada mais superficial, em níveis semelhantes aos da mata e campo nativo. Por outro lado, os teores de carbono orgânico não são apenas elevados no solo, mas também na serapilheira, os quais foram maiores nas áreas com *Pinus taeda* e com floresta nativa, quando comparados com o campo, mostrando o potencial que os resíduos florestais têm em devolver carbono orgânico ao solo (BRUN, 2008).

Muitos estudos relacionados à introdução do pinus têm inferido alterações químicas desfavoráveis ao mesmo, porém, torna-se difícil prever se esses comportamentos se mantêm ao longo do tempo, pois a grande maioria das pesquisas existentes relacionadas às alterações do solo não consideram seus efeitos nas sucessivas rotações. Além disso, são escassos os estudos que avaliam as alterações promovidas no solo pela conversão do campo em plantios de pinus, o que normalmente deveria ser privilegiado, já que as alterações promovidas no solo refletem as condições da qualidade do mesmo e, portanto, essencial para a sustentabilidade das áreas destinadas a produção florestal.

Diante do exposto, a realização do presente estudo tem por objetivo verificar se a introdução da espécie *Pinus taeda* em solo sob campo natural altera quimicamente a qualidade do Cambissolo Húmico, em diferentes rotações, na região dos Campos de Cima da Serra, RS, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local de estudo

O estudo foi conduzido no município de Cambará do Sul, onde ocorrem grandes áreas florestadas com a espécie *Pinus taeda* L. O município está localizado no extremo nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, com coordenadas geográficas 29° 02' 52'' de latitude Sul e 50° 08' 41'' de longitude Oeste e altitude média de 980 m acima do nível do mar.

O clima predominante na região é do tipo Cfb1, temperado úmido, de acordo com a classificação climática de Köppen, em que a temperatura mínima média anual é de 10° C e a máxima média anual fica em 21,3° C. A temperatura média anual fica em 14,8° C, a precipitação média anual é de 1787 mm e a umidade relativa do ar em torno de 80% (MORENO, 1961; MALUF, 2000). Em algumas subregiões, as precipitações pluviais podem atingir até 2500 mm, não havendo déficits hídricos expressivos em nenhuma época do ano (IBGE, 1986).

O tipo de solo predominante nas áreas estudadas é classificado como Cambissolo Húmico Alumínico típico (EMBRAPA, 2006), pertencente à Unidade de Mapeamento Bom Jesus, na qual predominam solos pouco profundos ou rasos, com cores bruno escuras a bruno avermelhadas, argilosos, friáveis e com horizonte B incipiente, formados por rochas de origem basáltica, resultantes do derrame basáltico do Triássico Superior, predominando solos fortemente ácidos e que apresentam altos teores de

alumínio trocável e de matéria orgânica e baixa disponibilidade de nutrientes (BRASIL, 1973; STRECK et al., 2008).

A vegetação encontrada nos Campos de Cima da Serra apresenta uma flora caracterizada por muitos gêneros, dentre os quais podem-se citar: *Andropogon*, *Aristida*, *Elyonurus*, *Eryanthus*, *Panicum*, *Paspalum*, *Schizachyrium* e *Trachypogon* (LEITE e KLEIN, 1990). Em levantamento realizado por Boldrini et al. (2009) foram contabilizadas as famílias com maior número de representantes na região do Planalto das Araucárias, destacando-se as famílias Asteraceae, Poaceae e Fabaceae.

Descrições das áreas de estudo

O estudo foi realizado em povoamentos florestais de *Pinus taeda* em primeira e segunda rotação e campo natural adjacente, este último adotado como testemunha.

Na área de estudo de primeira rotação, denominada Fazenda Olaria (29°06' S e 50°11' W), o povoamento foi implantado em novembro e dezembro de 1996, utilizando-se mudas produzidas em embalagens plásticas, provenientes de sementes do Clonal Battistella, plantadas em espaçamento 3 m x 2 m, perfazendo um total de 1.666 mudas por hectare. O plantio foi realizado sem adubação, após marcação e coroamento manual. De julho a outubro de 2002 foi realizada a desrama (60% da altura) em 100% das árvores. O primeiro desbaste ocorreu em dezembro de 2006, sendo executado de maneira manual.

No período em que foram realizadas as coletas de solo, o povoamento encontrava-se com 13 anos de idade, apresentando uma serapilheira de acículas com aproximadamente 5 cm de espessura. A coleta de solo também foi feita em área de campo natural adjacente ao povoamento. Nessa área, observou-se o predomínio de espécies rizomatosas do gênero *Paspalum*, formando um estrato rasteiro recobrendo todo o solo.

A segunda área de estudo trata-se de uma área de reforma, ou seja, considerada de segunda rotação, localizada na Fazenda Varzinha (28°53' S e 50°07' W). O povoamento foi implantado de julho a setembro de 1996, utilizando sementes procedentes do Clonal Rigesa e do Clonal Battistella. As mudas foram produzidas em raiz nua e também em embalagens plásticas, as quais foram plantadas em espaçamento 3 m x 2 m, perfazendo um total de 1.666 mudas por hectare. O plantio foi realizado sem adubação, após queima, marcação e coroamento manual. De junho a dezembro de 2000 foi realizada a desrama (60% da altura) em 100% das árvores e o primeiro desbaste ocorreu no mês de outubro de 2005, sendo realizado manualmente.

No período em que foram realizadas as coletas de solo o povoamento encontrava-se com 13 anos de idade, apresentando uma serapilheira de aproximadamente 8 cm de espessura. Nesta fazenda, também avaliou-se uma área de campo natural próximo ao talhão observado.

Por se tratar de uma área de reforma, o corte final da primeira rotação foi realizado no ano de 1995, também executado de modo manual, de modo que os resíduos foram enleirados na área. Portanto, a partir desse breve histórico, considera-se que a área de segunda rotação vem sendo utilizada com florestamentos de pinus há aproximadamente 30 anos.

Coleta e análise do solo

A coleta das amostras dentro de cada área de estudo foi realizada por meio da abertura de trincheiras nas entrelinhas dos plantios de 1ª e 2ª rotação e, ainda, nas suas respectivas testemunhas (áreas de campo). Desse modo, foram abertas cinco trincheiras em cada área de estudo, totalizando 20 pontos de coleta. Os pontos de coleta localizaram-se próximos para reduzir a variabilidade do terreno, buscando selecionar perfis homogêneos.

Para a determinação das propriedades químicas do solo, foram coletadas amostras com estrutura alterada nas camadas 0,00-0,05, 0,05-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Em laboratório, as amostras foram secas à sombra, destorroadas manualmente e moídas de modo que toda a massa de solo atravessasse a peneira com malha de 2,0 mm.

Após o preparo das amostras, as determinações das propriedades químicas do solo seguiram a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995), sendo o cálcio e o magnésio extraídos em KCl 1M; o fósforo e o potássio “disponíveis” obtidos pelo extrator Mehlich; o pH em água na proporção 1:1 e o pH_{SMP}; o alumínio trocável foi obtido através da titulação de NaOH (0,0116 N) em KCl 1M; o nitrogênio total e o carbono orgânico total foram determinados por oxidação via seca em Analisador Elementar; nesse caso, a divisão dos dois deu origem a relação C/N, e a matéria orgânica foi obtida pela percentagem de carbono orgânico total multiplicada por 1,724.

Análise estatística dos dados

Os dados encontrados para as propriedades químicas referentes à área de primeira rotação (RT1) foram comparados com a sua testemunha, o campo natural adjacente (CN1). Do mesmo modo, os dados relativos à segunda rotação (RT2) foram comparados com a sua respectiva testemunha (CN2). Para isso, os dados foram submetidos ao teste “t” de Student ao nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando a área de *Pinus taeda* em primeira rotação com o campo natural, na camada de 0,0 a 0,05 m, verificou-se que os teores de cálcio foram estatisticamente maiores no campo em relação ao povoamento de pínus e, nas demais camadas, não diferiram significativamente (Tabela 1). Já na área de pínus em segunda rotação, a diferença permaneceu até a profundidade de 0,20 m, onde os teores de Ca foram maiores no campo natural. Os teores de magnésio foram menores nas duas rotações de pínus avaliadas, diferindo das áreas com campo natural somente na camada superficial (0,0 a 0,05 m).

TABELA 1: Propriedades químicas do Cambissolo Húmico para as áreas e camadas em estudo, Cambará do Sul, RS, Brasil

TABLE 1: Chemical properties of Haplumbrept areas and layers for the study, Cambará do Sul, RS, Brazil

Área	Al	Ca	Mg	P	K	pH	pH _{SMP}
	cmol dm ⁻³			mg dm ⁻³			
Camada 0,0-0,05 m							
RT1	10,14 a*	0,79 b	0,68 b	5,31 a	44,80 a	4,68 b	4,09 b
CN1	8,76 b	1,39 a	1,00 a	2,99 b	44,40 a	4,83 a	4,18 a
RT2	9,85 a	0,86 b	0,28 b	5,74 a	26,00 b	4,25 b	4,05 b
CN2	5,67 b	1,78 a	0,76 a	2,54 b	96,40 a	4,86 a	4,42 a
Camada 0,05-0,20 m							
RT1	10,06 a	0,72 a	0,52 a	2,48 a	28,00 a	4,56 b	4,10 b
CN1	8,83 b	0,96 a	0,52 a	1,45 b	22,40 a	4,87 a	4,19 a
RT2	10,02 a	0,76 b	0,24 a	2,48 a	24,40 a	4,41 b	4,06 b
CN2	6,60 b	1,05 a	0,40 a	1,64 a	44,00 a	4,80 a	4,34 a
Camada 0,20-0,40 m							
RT1	9,42 a	0,72 a	0,40 a	0,79 a	17,20 a	4,87 b	4,15 a
CN1	9,48 a	0,72 a	0,36 a	0,89 a	16,40 a	5,00 a	4,21 a
RT2	8,93 a	1,08 a	0,36 a	2,54 a	41,60 a	4,69 b	4,20 a
CN2	6,69 a	0,84 a	0,32 a	0,99 a	30,80 a	4,94 a	4,36 a
Camada 0,40- 0,60 m							
RT1	9,19 a	0,67 a	0,24 a	0,64 a	13,60 a	4,94 b	4,22 a
CN1	9,21 a	0,79 a	0,32 a	0,53 a	14,80 a	5,09 a	4,19 a
RT2	10,72 a	0,74 a	0,24 a	1,16 a	22,80 a	4,70 b	4,11 a
CN2	6,71 b	0,89 a	0,28 a	0,64 a	20,00 a	5,06 a	4,36 a

RT1 = área de estudo de 1ª rotação; CN1 = campo natural adjacente à RT1; RT2 = área de estudo de 2ª rotação; CN2 = campo natural adjacente à RT2.

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si pelo teste “t” de Student em 5% de probabilidade de erro.

A conversão do campo em plantio de pínus alterou os teores de Ca e Mg, os quais foram depleciados nas camadas mais superficiais do solo. Os resultados dos atributos químicos representaram a condição natural do solo, visto que não foram realizadas adubações nas áreas avaliadas. Nesse caso, os teores de Ca encontrados no presente trabalho são considerados pela SBCS (2004) como baixos (≤ 2 cmol_c dm³). Já os teores de Mg são considerados baixos ($\leq 0,5$ cmol_c dm³), sendo alguns classificados como médios, devido à presença de valores entre 0,6 e 1,0 cmol_c dm³. Contudo, cabe ressaltar que os Cambissolos Húmicos dessa região apresentam naturalmente baixos teores de cálcio e de magnésio, devido ao seu material de origem (BRASIL, 1973).

Os menores teores de Ca e de Mg observados nas áreas com pínus estão relacionados à lixiviação e a absorção desses elementos pelo elevado número de raízes finas, presentes nas camadas mais superficiais do solo (REISSMANN, 1983; MAFRA et al., 2008); garantindo a realização das funções fisiológicas necessárias a sobrevivência da espécie. Resultado que corrobora com o reportado por Jandl et al. (2004) e Olszewska e Smal (2008).

Na área com pínus em segunda rotação, os teores de Ca foram menores até a profundidade de 0,20 m, devido ao Ca ser um elemento de baixa mobilidade, fazendo parte da estrutura das paredes

celulares e concentrando-se principalmente na casca e nas acículas mais velhas (BRUM, 1980); retornando ao solo via deposição de serapilheira, apresentando um aporte total de $28,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em povoamento de *Pinus taeda* em segunda rotação (SCHUMACHER et al., 2008) e, assim, suprimindo as demandas nutricionais da espécie através da ciclagem biológica, importante, sobretudo, nos sítios mais pobres (segunda rotação).

Na área com pinus em primeira rotação, camada 0,0 a 0,05 e 0,05 a 0,20 m, os teores de P mostraram-se estatisticamente maiores em relação ao campo natural (Tabela 1). Foi evidenciado o mesmo comportamento na área com pinus em segunda rotação, porém diferindo significativamente apenas na camada de 0,0 a 0,05 m. Quanto aos teores de K, estes não apresentaram diferenças estatísticas na área com pinus em primeira rotação, em nenhuma das camadas avaliadas. Já em segunda rotação, houve diferença somente na camada de 0,0 a 0,05 m, sendo os teores de K maiores no campo natural.

Os teores de P em geral foram muito baixos ($\leq 3 \text{ mg dm}^{-3}$), com exceção das camadas mais superficiais dos povoamentos de pinus, as quais apresentaram valores um pouco mais elevados, classificando-se como baixos, de acordo com a SBCS (2004). Este resultado já era esperado, devido a pouca disponibilidade desse nutriente no solo da região, em consequência da elevada acidez (SCHUMACHER et al., 2008). Pois valores de pH abaixo de 5,5 são geralmente associados a reduções na disponibilidade de fósforo (YOUNG, 1976 apud FEARNSIDE e FILHO, 2002).

Apesar dos teores de P serem considerados baixos, apresentaram-se maiores nas áreas com plantios de pinus em relação às áreas de campo. Isso indica que o pinus não degradou a qualidade do solo diante desse atributo já que, em segunda rotação, o fato de o maior teor permanecer apenas na camada superficial, possivelmente esteja associado ao manejo aplicado antes da implantação. Desse modo, nota-se que os maiores teores de P ocorreram juntamente com os de alumínio, evidenciando que em tais condições de acidez do solo, o Al reage com os íons fosfato, retendo o P e evitando que o mesmo seja lixiviado para as camadas subsuperficiais (PRITCHETT e FISHER, 1987). Além disso, os maiores teores de matéria orgânica presentes nestas camadas podem estar favorecendo esse resultado; bem como a ocorrência de micorrizas (MAFRA et al., 2008).

Com relação ao K, os teores encontrados foram muito variados. Conforme a SBCS (2004), foram classificados como muito baixos ($\leq 30 \text{ mg dm}^{-3}$); no entanto, houve teores entre 31 e 60 mg dm^{-3} , considerados baixos e, na camada 0,0 a 0,05 m, o teor de K foi classificado como alto (campo adjacente ao plantio de pinus em segunda rotação). Com exceção da camada 0,20 a 0,40 m da área com pinus em segunda rotação, os teores de K do solo decresceram em profundidade, apresentando-se maiores na superfície. Logo, esse comportamento está associado à maior presença dos constituintes orgânicos nas camadas superficiais; o mesmo foi relatado por outros autores como Prado e Natale (2003) e Mafra et al. (2008).

Os teores de alumínio apresentaram-se estatisticamente maiores nas duas rotações de *Pinus taeda* (Tabela 1), prevalecendo essa superioridade dos valores até a profundidade de 0,20 m, com exceção da camada 0,40 a 0,60 m da segunda rotação, a qual apresentou comportamento fora dos padrões. Os teores de Al trocável variaram entre 5,67 e $10,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo considerados elevados (BRASIL, 1973). Esses elevados teores de Al são justificados pelo baixo pH, que favorece a solubilização do Al trocável no solo. No entanto, vale ressaltar, que o Al é determinado por titulação ácido-base, onde os componentes ácidos do solo extraídos com KCl 1M são referidos como Al trocável, indistintamente de sua natureza, o que em alguns casos, pode superestimar os valores de Al, uma vez que parte dessa acidez pode ser atribuída ao hidrogênio, principalmente em solos com alto teor de matéria orgânica (TEDESCO et al., 1995).

Por conseguinte, a acidez potencial (pH_{SMP}) diferiu significativamente até a camada de 0,20 m, nas duas rotações avaliadas, apresentando valores maiores nas áreas de campo natural e, consequentemente, menor acidez (Tabela 1). Esse resultado deve-se ao fato de que os elevados teores de Al trocável e matéria orgânica ocorrem nessas camadas, principalmente nas áreas com plantios de pinus, exigindo maiores quantidades de carbonatos para sua correção (BISSANI et al., 2004), evidenciando o alto poder de tamponamento dos Cambissolos Húmicos.

A acidez ativa (pH em água) do solo, na área com pinus em primeira rotação, se diferenciou significativamente do campo natural, em todas as camadas avaliadas, nas quais o campo foi o que apresentou as maiores médias (Tabela 1). Já em segunda rotação, o povoamento de pinus apresentou novamente os valores mais baixos e estatisticamente diferentes do campo, em todas as camadas, demonstrando, inclusive, médias mais baixas em relação à área de primeira rotação. Esse resultado possivelmente reflete o fato de a queima nessa área ter sido realizada apenas na implantação do povoamento, decorrido o tempo necessário de cultivo para acumular material em decomposição e influenciar os menores valores de pH do solo; mesmo comportamento reportado por Brun (2008).

De modo geral, os valores de pH em água foram muito baixos, fato já esperado devido aos Cambissolos Húmicos serem fortemente ácidos, com pH variando de 4,5 a 5,0 ao longo do perfil (BRASIL, 1973). No entanto, a maior acidificação do solo observada nas áreas com plantios de pinus é comum em locais que apresentam essa atividade, ocorrendo devido à absorção dos nutrientes básicos e

acúmulo na biomassa das árvores (MAFRA et al., 2008). Considera-se ainda, o fato de as substâncias húmicas, presentes na camada superficial, terem a capacidade de atrair íons, cuja maior atração se dá com o íon alumínio (maior valência) que permanece por mais tempo no solo, enquanto que os outros cátions (Ca, Mg e K) tendem a ser percolados no perfil (BISSANI et al., 2004).

A acidez observada no pínus pode estar relacionada ao aporte de serapilheira formada, principalmente, por acículas (BRUN, 2008), que apresentam altos teores de alumínio (BRUM, 1980). Além disso, outra contribuição para a acidificação pode ser atribuída à entrada de ácidos orgânicos provenientes da lixiviação desse material, promovendo maior respiração no solo, nitrificação, bem como perdas de nitrato (WIESMEIER et al., 2009).

Na camada superficial (0,0 a 0,05 m), observa-se que a área de campo natural apresentou maior teor de carbono orgânico em relação à área com pínus em primeira rotação (Tabela 2); comportamento semelhante ao observado por Zinn et al. (2002). Desse modo, o fato de as raízes das gramíneas serem anualmente renovadas proporciona maior incorporação do carbono orgânico no horizonte superficial do campo (LEPSCH, 1980), pode justificar tal resultado. No entanto, em florestamentos, a MO incorporada à camada superficial do solo em pouco tempo tende a atingir quantidade em equilíbrio com as condições do ambiente (LEPSCH, 1980); existindo uma relação entre o conteúdo de carbono orgânico do solo e a idade do povoamento como afirmam Bochner et al. (2008).

TABELA 2: Nitrogênio total, carbono orgânico total, matéria orgânica e relação C/N do Cambissolo Húmico para as áreas e camadas em estudo, Cambará do Sul, RS, Brasil

TABLE 2: Total nitrogen, total organic carbon, organic matter and C/N ratio of Haplumbrept areas and layers for the study, Cambará do Sul, RS, Brazil

Área	Nitrogênio total	Carbono orgânico total	Matéria orgânica	C/N
	----- g kg ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----	----- % -----	
Camada 0,00-0,05 m				
RT1	2,28 b*	39,1 b	67,4 b	17,1 a
CN1	2,96 a	49,9 a	86,0 a	16,9 a
RT2	3,11 a	47,6 a	82,0 a	15,3 a
CN2	3,00 a	40,6 a	70,1 a	13,5 a
Camada 0,05-0,20 m				
RT1	2,17 a	37,6 a	64,8 a	17,3 a
CN1	2,10 a	37,6 a	64,8 a	17,9 a
RT2	1,79 b	27,2 b	46,9 b	15,2 a
CN2	2,14 a	32,1 a	55,4 a	15,0 a
Camada 0,20-0,40 m				
RT1	1,50 a	26,7 a	46,0 a	17,8 a
CN1	1,33 b	23,1 b	39,8 b	17,4 a
RT2	1,91 a	27,9 a	48,2 a	14,6 a
CN2	1,41 a	23,6 a	40,6 a	16,7 a
Camada 0,40- 0,60 m				
RT1	1,03 a	17,9 a	30,9 a	17,4 a
CN1	1,02 a	17,0 a	29,3 a	16,7 a
RT2	1,15 a	20,0 a	34,4 a	17,4 a
CN2	0,97 a	16,9 b	29,2 b	17,4 a

RT1 = área de estudo de 1ª rotação; CN1 = campo natural adjacente à RT1; RT2 = área de estudo de 2ª rotação; CN2 = campo natural adjacente à RT2.

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si pelo teste “t” de Student em 5% de probabilidade de erro.

Considera-se conjuntamente a composição da serapilheira depositada na superfície do solo, a qual apresenta uma decomposição e incorporação mais lenta se comparada ao material orgânico fornecido pelas gramíneas, o que contribui para os menores valores de C e N encontrados no povoamento de pínus (WIESMEIER et al., 2009).

Na área com pínus em segunda rotação, camada superficial (0,0 a 0,05 m), os teores de C e N

iguaram-se estatisticamente aos teores encontrados no campo natural, corroborando com Lepsch (1980), apresentando inclusive, valores absolutos mais elevados. Desse modo, os danos promovidos pela queima e/ou retirada da biomassa são contrabalançados pelo significativo aporte de serapilheira pelos povoamentos plantados (BRUN, 2008).

Na região, é comum a formação de uma espessa camada húmica no solo, devido às baixas temperaturas, alta umidade e elevada acidez, elevando a relação C/N e reduzindo as taxas de decomposição, o que favorece os aumentos nos teores de MO e o estoque de CO no solo, principalmente na camada superficial, como verificado na Tabela 2, em que apesar da relação C/N não diferir estatisticamente entre as áreas estudadas, observa-se que na camada de 0,0 a 0,05 m, os povoamentos de pínus mostraram maiores valores absolutos em relação às suas testemunhas. Além disso, por se tratar de uma área em segunda rotação, o sistema radicular do primeiro ciclo ainda encontra-se em decomposição, sendo importante fonte de carbono ao solo, visto que as raízes, no total do C fixado, correspondem a 19% do total da biomassa do *Pinus taeda* com apenas 5 anos de idade (BALBINOT et al., 2003).

CONCLUSÕES

As propriedades químicas do Cambissolo Húmico foram alteradas com os povoamentos de *Pinus taeda*, ocorrendo reduções nas bases trocáveis (Ca e Mg) nas camadas superficiais. Os teores de P apresentaram-se maiores nas áreas com povoamentos de pínus. O pínus também elevou os teores de Al e reduziu o pH. Os teores de C e N foram reduzidos na camada mais superficial do solo do povoamento em primeira rotação, enquanto que em segunda rotação, os níveis de C e N foram similares ao campo natural.

AGRADECIMENTO

À empresa Cambará S.A., representada pelo engenheiro florestal Vandir Francisco Zancan, por todo o apoio e auxílio prestados na realização do presente trabalho, bem como aos funcionários, Evandro Viero e Nejandro Passos. Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2010. Brasília: ABRAF, 2011. 130 p.
- BALBINOT, R. et al. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 59-68, jan./jun. 2003.
- BISSANI, C. A.; MEURER, E. J.; BOHNEN, H. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2004. p. 181-204.
- BOCHNER, J. K. et al. Matéria orgânica e agregação de um planossolo sob diferentes coberturas florestais. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 46-53, jan./mar. 2008.
- BOLDRINI, I. I. et al. Flora. In: BOLDRINI, I. I. et al. **Biodiversidade dos campos do planalto das araucárias**. Brasília: MMA, 2009. p. 39-94.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 413 p. (DNPEA. Boletim técnico, 30).
- BRUM, E. Composição química de acículas verdes e da liteira de *Pinus elliotti* Engelm. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 17-23. 1980.
- BRUN, E. J. **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *P. elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul**. 2008. 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- COSTA LIMA, V. et al. Efeito da substituição de campo natural por *Pinus* na dinâmica do carbono do solo. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 14, n. 1-2, p. 7-12, 1995.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (ed). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: American Society of Agronomy & Soil Science Society of America, 1994. p. 03-21.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FEARNSIDE, P. M.; FILHO, N. L. In: Solo e desenvolvimento na Amazônia: lições do projeto dinâmica biológica de fragmentos florestais. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2002. Disponível em: <http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/SOIL-LEport5.pdf>. Acesso em: 8.dez.2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento de recursos naturais**, vol. 33, Folha SH 22, Porto Alegre e parte das folhas SH 21 e SI 22 lagoa Mirim. Capítulo 2, Rio de Janeiro, 1986. 796p.

JANDL, R.; ALEWELL, C.; PRIETZEL, J. Calcium loss in Central European Forest soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 2, p. 588-595, mar. 2004.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ed.). **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 113-150.

LEPSCH, I. F. Influência do cultivo de Eucalyptus e Pinus nas propriedades químicas de solos sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 2, p. 103-107, mai./ago. 1980.

MAFRA, A. L. et al. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 217-224, mar./abr. 2008.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150. 2000.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

OLSZEWSKA, M.; SMAL, H. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus silvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. I. Physical and sorptive properties. **Plant Soil**, Amsterdam, v. 305, n. 1-2, p. 157-169, Apr. 2008.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Alterações na granulometria, grau de floculação e propriedades químicas e de um latossolo vermelho distrófico, sob plantio direto e reflorestamento. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 45-52, jan./jun. 2003.

PRITCHETT, W. L.; FISHER, R. F. **Properties and management of forest soils**. 2 ed. New York: John Wiley e Sons, 1987. 494 p.

REISSMANN, C. B. Morfologia dos horizontes de húmus em florestas de coníferas exóticas no sul Brasil. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 5, p. 11-16. 1983.

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS/CQFS, 2004. 400 p.

SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; WITSCHORECK, R. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L. no município de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 471-480, out./dez. 2008.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/ ASCAR-RS, 2008. 222 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos: UFRGS, 1995. 174 p.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in the cerrado region of Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, n. 1-3, p. 285-294, aug. 2002.

WIESMEIER, M. et al. Depletion of soil organic carbon and nitrogen under *Pinus taeda* plantations in Southern Brazilian grasslands (Campos). **European Journal of Soil Science**, v. 60, n. 3, p. 311-487, may./jun. 2009.

RESUMO

PALESTRAS PROFERIDAS

PINE MANAGEMENT IN THE SOUTHERN UNITED STATES

Ken McNabb¹

SUMMARY

Pine species form the ecological and economic foundation for forest management activities in the Southeastern United States. Historically known as the “South,” this region includes thirteen states ranging from Virginia to Texas where the forest products industry has been a cornerstone of economic activity for over 150 years. Four species of pine contribute significantly to the forest management activities of the South. In order of current importance these are: *Pinus taeda* L. (loblolly pine), *Pinus elliottii* var *elliottii* Engelm. (slash pine), *Pinus palustris* Mill. (longleaf pine), and *Pinus echinata* Mill. (shortleaf pine). All four species are native to the region. Southern forests contribute around 60% of the total forest product output of the United States, with pines the vast majority of this output. There are major differences between pine management in the southern United States where these species are native, and the management techniques used for an exotic in plantations of the southern hemisphere. The management of native Southern pines commonly includes natural regeneration techniques, the use of fire, chemical weed control, thinning, and highly variable product output. Fertilization and pruning are relatively uncommon. Ownership by family forest owners greatly influences silvicultural choices. Future potential threats to sustainable forest management include urbanization, fragmentation, invasive exotic pests, and “pine decline,” among others.

I. The Southern Pine Forest: History, Current Status, and Utilization

When the first European settlers arrived in the South, they found an expansive forest resource that covered the vast majority of the region. The Coastal Plain and Piedmont areas (Fig. 1) were predominately pine ecosystems, promoted by disturbances such as hurricanes and frequent burning. Hardwoods covered the river bottoms and the Appalachian-Cumberland highlands. During the 1800s many millions of hectares were cleared to make way for agriculture, particularly cotton. Then in the late 1800s and into the early 1900s the vast virgin forests were cut to build a fast-growing nation. By the time of the Great Depression of the 1930s, much of the South’s forest land was in bad shape, having been almost all cut over once or more and subject to repeated low-intensity wildfires. During the social upheavals of the 1920s and 1930s much of these abused forest lands were abandoned and allowed to heal. Many agricultural lands that were no longer suitable for cotton and other agronomic crops, re-seeded naturally and created what is known as the “South’s Second Forest.” Today there is an estimated 82 million hectares of forest land in the South (1988). Forest use exceeds 40 percent of the total landscape of the South and in many areas is 80 percent or more of land use classification Weir and Greis 2011). Forests and forest use continue to dominate the economic, social, and cultural landscape of the region.

Pine ecosystems are still a major component of the Southern forest. There are at least nine species of the genus *Pinus* which are native to the southeastern United States (Table 1). The most economically important of these species are loblolly, slash, longleaf, and shortleaf pines. The ranges of many of these species overlap across the region, with individual species distribution determined for the most part by local changes in topography, drainage, and fire frequency. The importance of fire in the establishment and management of native pine stands cannot be overemphasized. As a general rule, the pines are light intolerant species that seed in after a natural disturbance. Climate is similar across the region, although there are strong influences of latitude, with the frequency of ice storms and extreme minimum winter temperatures impacting the northern distribution limits of each species. Pine areas are most commonly found in the Coastal Plain and Piedmont regions. The former is generally characterized by sandy low-fertility soils, level terrain intersected by a number of waterways and low areas. The Piedmont tends to be heavier clay soils of moderate fertility on hilly terrain.

The Southern Pines are native to a humid subtropical to subtemperate climatic zone that is characterized by an evenly distributed rainfall and moderate temperatures. Situated mostly between 30 to 35 degrees north latitude, the Southeastern United States has a climate similar to the same latitude in the southern hemisphere, specifically southern Brazil, Uruguay, and northern Argentina. The average monthly temperatures and monthly rainfall are similar in both regions. Although the natural range of the Southern pines extends to almost 40 degrees north latitude along the Atlantic seacoast, the severity of the climate, particularly minimum low temperatures is somewhat mitigated by the ocean.

It is important to realize that the natural range of Southern pines is greatly affected by disturbance and fire. Hurricanes are common throughout the South and can cause extensive damage to forests. Tornados can also bring destruction although on a smaller scale. These disturbances were often

¹Ph.D., Auburn University, USA

followed by fire, whether natural or human initiated, which resulted in openlands where pioneer intolerant species such as pines would become established. Frequent periodic burning was a characteristic of the Southern pine forests, particularly longleaf pine. Without the constant introduction of fire into the Southern pine forests, hardwoods would soon take over the understory and in time replace the pine.

Across the South, planted pines are 19% of the total forest cover, natural pines are 15% of the forest cover. In 1950 there were virtually no forest plantations in the southeastern United States. In the last 50 years, plantation area has increased until presently there are more plantations (16 million hectares) than natural pine forests (13 million hectares). Even so, as a portion of the overall forest landscape, plantations are less than 1 out of 5 forested hectares across the region. While pine dominated landscapes are less than 35% of the total forest area, they represent the majority of forestry and harvesting activities in the South. In fact, the South dominates the timber harvest of the United States, accounting for around 60% of the total U.S. timber output. As stated by the U.S. Forest Service (Wear and Greis 2011): "If the South were compared with any other country, none would produce more timber than this one region of the United States." Table 2 provides a comparison of Southern harvests with that of Brazil. According to FAO data, Brazil's total wood harvest in 2008 was 257 million cubic meters, while that of the United States was 380 million cubic meters. The South produced 228 million cubic meters, or 60% of the total. Using these FAO data, the industrial roundwood output from the Southern U.S. was approximately twice that of Brazil. More importantly, the forests of the South have been harvested for over 300 years and continue to provide a sustainable foundation for the forest products industry. The overall standing forest biomass in the South has steadily increased over the past 50 years and is higher now since before 1900.

One of the key factors in understanding pine forest management in the South is the pattern of land ownership. Private forest land ownership is stronger in the South than in any other region of the country. Over 87% of all Southern forest lands are in private ownership (Figure 2) as opposed to 75% in the North and only 33% in the Pacific Coast. In some states, Alabama for example, the percentage of public forest land ownership falls to around 6% of the total forested area. This ownership pattern along with a strong cultural attitude towards private property rights has a profound effect on forest management practices in the South. The level of state government intervention in forest practices tends to be higher in states where a larger percentage of forests are owned by the public sector. Most of the private Southern forest ownership is in the hands of family forest owners with close to 60% of all forest land is in the hands of individual families. An additional 30% is in non-family private ownership which would be forest industry and Timber Management Organizations (TMOs). In fact there has been a major shift in this sector over the past ten years. Since the late 1990s, timber industry has systematically divested itself of its timberland holdings. Whereas the forest products industry owned around 9 million hectares and TMOs owned 0.8 million hectares at that time, by 2008 industry ownership had fallen to 3 million hectares and TMO ownership had increased to around 5.5 million hectares (Wear and Greis 2011). The vast majority of the wood harvested in the Southern United States to feed the forest products industry is harvested on private lands, mostly family forests, that are highly diverse and varying in size and management objectives.

II. Pine Silviculture and Harvesting in the Southern U.S.

Natural Regeneration

Natural regeneration systems may be employed to regenerate Southern pine stands. Stand establishment of loblolly, slash, and longleaf may be accomplished successfully using both seed tree and shelterwood techniques. Loblolly pine is a prolific seeder and only 12 - 15 trees per hectare would be sufficient to establish a new stand. However, considerable management input is required to monitor seed production and time a seed bed preparation burn so that the seed falls on a clean site. Often natural regeneration techniques result in either far too many or far too few seedlings and they are often distributed unevenly across the landscape. Natural regeneration is a viable option for family forest owners as it is relatively inexpensive and requiring little capital investment.

Plantation Establishment

Only 1 out of every 5 hectares of Southern pine forest is planted although that is expected to increase in the future as natural areas are harvested and replanted. Recent surveys of nursery production have indicated that 900 million seedlings are produced in the South each year (Enebak 2010). Using an estimate of 1,500 seedlings per hectare, this implies about 600,000 hectares planted annually in the South, or approximately 80 percent of the tree planting done in the United States. Seedlings are typically produced bare-root, with container grown stock representing only 13 percent of total nursery production in the region (Table 3). All loblolly and slash pine are produced using genetically improved seed, either 1.5 or 2nd generation orchards. Somatic embryogenesis has been used to produce planting stock for

market sales, but still constitute a minor portion of all planting in the region. Although loblolly and slash pine seedlings are by far the majority of trees planted, there have been recent effort to re-introduce the longleaf pine for ecological and restoration reasons. Longleaf is more than half of all container stock produced in the South, but only represents 8% of the total area planted.

Site preparation for planting may be done both mechanically or with herbicides, rarely are they combined. Machines are most commonly used when soil amelioration is needed and the cost is generally more expensive than using chemicals (Table 4). Across the region, a chemical site preparation averages \$U.S. 150 per hectare, while a simple sheering and roller drum chopping averages \$281 per hectare (Barlow et al. 2009). A windrowing and bedding operation will cost an average of \$430 per hectare. Site preparation herbicides are most commonly applied using a helicopter, although a variety of ground application machines are also available. Helicopters with GPS mapping systems are extremely efficient in uneven terrain, irregular boundaries, and interlaced with bodies of water where spraying is prohibited. A number of herbicide products are available for site preparation (Table 4) and the prescription process, (determining the proper chemical, application rate, application technique, and application timing) requires considerable technical skill. Invariably, chemically treated sites are burned in preparation for planting. Both mechanical and chemical site preparation are typically done using contractors.

Planting is done both mechanically and manually depending upon terrain and the amount of post-harvest residual material on the site. Mechanical planting is most often used for reforestation of agricultural sites and mechanically site prepared areas. Mechanical planting is more expensive than manual planting, \$207 per hectare for mechanical as opposed to \$126 for manual planting (Barlow et al. 2009). The planting season in the South begins in late November (late Fall) and may go until March (early Spring), with the majority of planting done in January and February when temperatures are low and there is adequate soil moisture.

Weed Control

There are three situations when herbicides may be used to control weeds in Southern Pine silviculture. These are site preparation, herbaceous weed control during the first year, and hardwood release. An effective site preparation treatment may often eliminate the need for weed control during the first year. More commonly, however, herbaceous weeds that seed into the site in the spring and summer after planting require control. These applications are made over the top of the seedling, usually with ATV (All Terrain Vehicles) with specially designed spray equipment. Obviously, crop selectivity and/or herbicide placement is crucial to this operation. Herbaceous weed control treatments average \$55 per hectare.

Hardwood species are a serious problem on many sites in the South. By four to five years after planting, root sprouts and seedlings are equal in height to the pine and may overtop them. In this case a "release" treatment is indicated. As with site preparation, the most common method is a helicopter application although ground and manual application methods are also used. Release treatments require selective chemicals such as imazapyr, 2,4,-D, tricloyr, and hexazinone, depending upon the vegetation to be controlled and soil type. Currently, chemical release treatments will average around \$123 per hectare (Barlow et al. 2009).

Once pine are about 6 to 8 years of age, fire may be used periodically to control hardwood and brush competition. Periodic burning regimes of 3 to 5 years are common and have been employed for Southern pine silviculture for the last 50- 60 years. In addition to the weed control aspects of burning, many of the Southern native ecosystems are promoted through the use of fire. Particularly in the case of the longleaf pine forests, which was the most common pine species when European settlers arrived in the region, native plant and animal species are mostly fire dependent. The impact of repeated burning is a much studied aspect of forest management in the region.

Fertilization

There has been considerable research and development in the area of forest fertilization in the southeastern U.S. during the past four decades. Beginning in the 1960s and continuing through today, collaboration between forest products industries and University Cooperatives have resulted in significant advances in tree nutrition. Even so, a combination of economic, social, and silvicultural factors have limited the widespread adoption of forest fertilization. With plantation lengths of 25 to 30 years, the economic return on investment for fertilization is a serious concern. The most common use of fertilizers in the South are applications of nitrogen and/or phosphorus at mid-rotation, and particularly in combination with thinning and hardwood weed control. In the case of a plantation, the stand will usually be between 8 to 15 years of age and going through a first thinning. Soil and needle tests are conducted to verify a low site fertility level and potential tree response. The second use of fertilizer amendments may occur at planting, although fertilization at planting is only 10 to 15% of all the area fertilized in the South

on an annual basis (Figure 3). In either case, at planting or mid-rotation, a careful analysis of site nutrition is used to calculate the potential tree response and expected economic benefit. Fox et al. (2007) reported that about 500,000 hectares of pine plantations were fertilized in 2004. And even though the number of hectares fertilized has increased dramatically since 1990, this still a relatively small area. Using Fox's estimate of 500 K ha fertilized annually, this is less than 1 % of all forested lands in the South, less than 2% of all pine lands, and around 3 % of all plantation lands. Using an estimate of 80,000 hectares fertilized at planting, this is about 13% of all areas planted. Moreover, with the decrease in industrial ownership over the past decade, it remains to be seen if the amount of fertilizer use remains the same as non-industrial owners may be less likely to invest the capital associated with fertilization.

Pruning

Currently it is rare for pines to be pruned in the South. Reportedly, some industrial plantations may be pruned when close to the mill and on high site indexes, but as a general rule pruning is not cost effective. Not only is it difficult to find the labor necessary to conduct a pruning operation at a reasonable cost (current U.S. minimum wage is \$7.25 / hour), the market does not provide a premium for pruned logs.

Harvesting and Products

Optimally, loblolly and slash pine stands are thinned twice during a rotation of 25 to 30 years. The first thinning usually occurs between 10 to 15 years of age and the second thinning at between 15 to 20 years of age, followed by a final clearcut harvest. Basal area of 30 to 40 m²/ha will indicate a need for thinning, with approximately half of the basal area removed leaving 15 to 20 m²/ha in the residual stand. The first thinning will remove every fifth row of trees, with an additional "thinning from below" done in the adjacent rows by the machine operator. The second thinning will more typically be done using an operator select, although some landowners will employ a professional forester to mark the stand prior to thinning, leaving the best trees to develop into higher product categories. The most common type of harvesting system is a feller buncher, with a rubber tired skidder taking the trees to appropriately placed landings on the harvest site, where the trees are delimbed and logs loaded on to trucks for transport.

Logs are usually merchandized at the logging deck and a variety of products may come from any individual sale. The first thinnings will obviously tend to produce the smaller products such as pulpwood, posts, chip-n-saw, and OSB logs. Later thinnings and final harvest will also produce these smaller products in addition to lumber and peeler logs (Table 5). The highest price is paid for poles, which have very demanding classifications for height, straightness, and strength.

II. Regulation

Forestry in the United States is regulated by a combination of federal, state, and local laws. Federal law takes precedence over all others, but in fact there is considerable variability between states when it comes to regulation. The use of pesticides, for example, are controlled by federal law, but it is the states that enforce the law and may impose additional restrictions on their use. As a general rule, having the states an active participant in the development of regulations is a positive component of the regulatory structure as state agencies are closer to the field situation and better understand the effect of regulations on the producer. There can be considerable variation between states, however, when it comes to areas not covered by federal law. Forest harvesting and regeneration is a good example. Most, if not all states, in the South do not have mandatory harvesting restrictions such as minimum streamside management zones or harvesting road specifications. While standards exist in every state, they are typically "voluntary" and monitored by state agencies to ensure that federal water quality standards are followed. Most, if not all states, in the South do not require regeneration after forest harvesting. In Alabama, for example it is not required by law to reforest a tract that may have been clearcut harvested. Nor does the landowner need to obtain permission from the state to harvest a tract of timber.

IV. Threats to Sustainability

As previously discussed, forestry and forest products are a major component of the economic landscape in the Southern U.S. and the long-term sustainability of this enterprise is of great importance. Although the total forested area and forest productivity in the region has increased over the last century, there are a number of threats to this resource that are serious concern. Some of these threats are well-known and documented and some are only beginning to be understood.

Urbanization

The forests of the South are spread throughout the region and are intermixed with thousands of small, medium, and large population centers. These areas are growing. Roads are widened, suburbs expand, new shopping mall built, and more houses constructed in rural areas. From 1970 to 2010 the South's population grew by 88 percent and by 2060 it is expected to grow an additional 60 % (Wear and Greis 2011). Planting of agricultural lands has compensated for forest losses due to urbanization in the past few decades, but that may be coming to a close if agricultural commodity prices remain stable or increase. Even if the total forest area holds steady, the use of forest management techniques such as prescribed burning, herbicide use, and logging equipment becomes less welcome in more urbanized settings. In addition, a more urbanized population may see recreation and aesthetics as their primary management objective as opposed to timber production.

Fragmentation

Increasing population pressures will probably cause individual ownerships to decrease in size as land is passed to succeeding generations. Invariably the land ownership parcels are split into smaller and smaller ownerships as multiple children inherit land from their parents. The net effect is to make commercial forest management a less cost-effective land use as forest ownerships become smaller.

Invasive Species

The South is fighting a number of invasive exotic plant, insect, and disease species. Many of these species have the potential to fundamentally change native Southern ecosystems. Invasive exotic plants such as Kudzu (*Pueraria montana* Lour.), Cogon grass (*Imperata cylindrica* [L.] P. Beauv.), and Japanese privet (*Ligustrum japonicum* Thunb.), along with dozens of others have invaded millions of acres of pine forests in the South. Kudzu alone is thought to affect nearly 5 million hectares (Westbrooks, R. 1998), and has been recognized as a serious pest for over 70 years. Other species that are newer arrivals seem to be even more aggressive in their ability to spread and detrimentally affect pine establishment and growth. The ultimate effect is to make forest management more difficult and more expensive.

Pine Decline

Much of the original pine forests of the South were longleaf pine. Now longleaf occupies a small area within a vast expanse of loblolly, slash, and mixed pine hardwoods. There is some concern now that this expansive planting of loblolly pine far beyond its original native conditions may lead to long-term problems. Some of the evidence for this comes from recently noticed increases in "localized forest health problems," particularly in mature loblolly pine stands with a history of low intensity management and established on previously eroded soils (Eckhardt et al. 2010). When these pockets of localized mortality have been associated with slower growth, chlorotic and thin crowns, and certain fungal pathogens, this has generally been described as "pine decline." One of the constants in the appearance of pine decline is the presence of *Leptographium* spp. fungi and the root-feeding beetles that carry the fungi. Although the exact cause of pine decline and the extent of this threat is not presently known, the frequency is sufficient to have raised an alarm. The millions of acres of loblolly pine planted "off-site," combined with family forest owners tending towards low intensity management, could indicate a potentially significant problem that must be monitored.

V. The Future

The pine forests of the South have provided an invaluable natural resource for the expansion of a national economy. After the agricultural expansion and excessive logging of the 1800s, the pine forests naturally rebounded to be the foundation of a highly productive regional forest products industry. Over the past half century, that industry has lead the world in forest products output and continues to do so today through increased forest productivity and sound forest stewardship on the part of private forest owners - both industrial and non-industrial.

There are undoubtedly changes on the horizon, however, as global and local forces affect forest management options. It is quite unknown how global climate change may affect the southern pine ecosystem - if at all. In addition, the recent emphasis and interest in biomass harvesting for energy production may profoundly affect the silvicultural options and prescriptions in the region. Increasing competition on the international forest products markets from other countries such as Brazil and Chile will also undoubtedly affect the continued economic viability of our industry. The impact of these factors is virtually impossible to predict, but will undoubtedly have an affect on the future of Southern

pine management.

There are many differences between the northern and southern hemisphere in the way we grow loblolly and slash pine. However, not only do we share interest in a common species, we also share several fundamental characteristics that affects the sustainability of our enterprise. First, science and continued research and discovery are the basis for productivity and sustainability. Research advances in both hemispheres has led to pine management systems that are increasingly productive and environmentally sustainable. Second, the world is constantly changing, in every aspect - physically, socially, and economically. All of us must adapt to changing conditions if our economic viability is to be maintained. Finally, we all function within a social contract that determines the limits of our management options. Public opinion on the issues of our day like the use of exotic species, herbicides, clearcutting, and other silvicultural techniques ultimately determines what is legally acceptable for our different conditions.

TABLE 1: Pine species native to the southeastern United States (Dorman 1976).

1. Loblolly pine	<i>Pinus taeda</i> L.
2. Slash pine	<i>Pinus elliottii</i> var <i>elliottii</i> Engelm.
3. Longleaf pine	<i>Pinus palustris</i> Mill.
4. Shortleaf pine	<i>Pinus echinata</i> Mill.
5. Virginia pine	<i>Pinus virginiana</i> Mill.
6. Sand pine	<i>Pinus clausa</i> Chapm.
7. Pitch pine	<i>Pinus rigida</i> Mill.
8. Spruce pine	<i>Pinus glabra</i> Walt.
9. Table-Mountain pine	<i>Pinus pungens</i> Lamb.

TABLE 2: The amount of wood harvested in Brazil and the southern United States (based on 2008 data from FAO 2010).

<u>Brazil</u>	<u>U.S.</u>	
-- million cubic meters --		
Wood Fuel	141	44
Industrial Roundwood	116	336
Total	257	380 (South = 228)

TABLE 3: Nursery production by species for the five major Southern pines in 2010 (Enebak 2011).

<u>SPECIES</u>	<u>NUMBER OF SEEDLINGS (millions)</u>				
	<u>bare root</u>	<u>container</u>	<u>total %</u>		
loblolly pine	581	40	620	78	
slash pine	81	3	84	11	
longleaf pine	11	55	67	8	
shortleaf pine	2	0	4	1	
<u>other pines</u>	<u>14</u>	<u>3</u>	<u>15</u>	<u>2</u>	
TOTALS	689	101	790	100	

TABLE 4: Herbicide products commonly used for preparing pine planting sites in the South.

<u>Common Name</u>	<u>Trade Name</u>
imazapyr	Arsenal, Chopper
2,4,-D	various generic compounds
triclopyr	Garlon
picloram	Tordon
hexazinone	Velpar, Pronone
sulfometuron	Oust
metsulfuron	Escort
glyphosate	Accord, Roundup

TABLE 5: Southern pine log classifications and approximate stumpage prices in Alabama.*

definition			$\$/m^3$
pulpwood		any size tree, typically 13 to 23 cm dia.	10
Chip-n-saw		20 to 30 cm dia, producing both chips and lumber	20
sawlogs		minimum size varies, typically 20 - 66 cm dia.	30
peelers (vener)		medium to large logs, 25 - 66 cm dia.	30
poles		typically 20 to 40 cm Dia., 15 classifications	60

* Summarized from Timber Mart South prices for final quarter 2010. Actual prices can vary significantly within and between states.

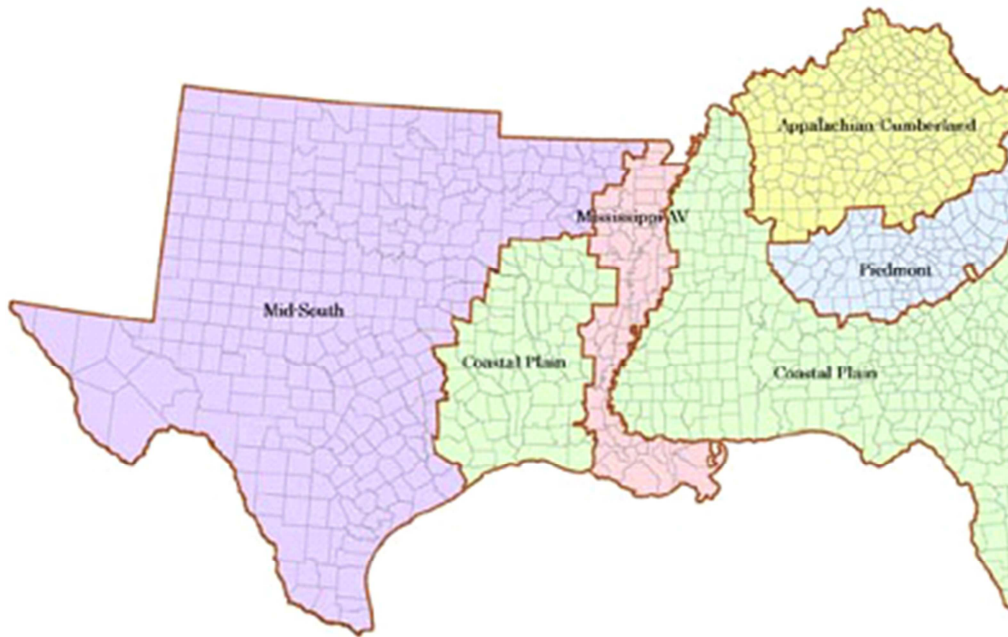


FIGURE 1: Geographic regions of the Southeastern United States (Weir and Greis, 2011)

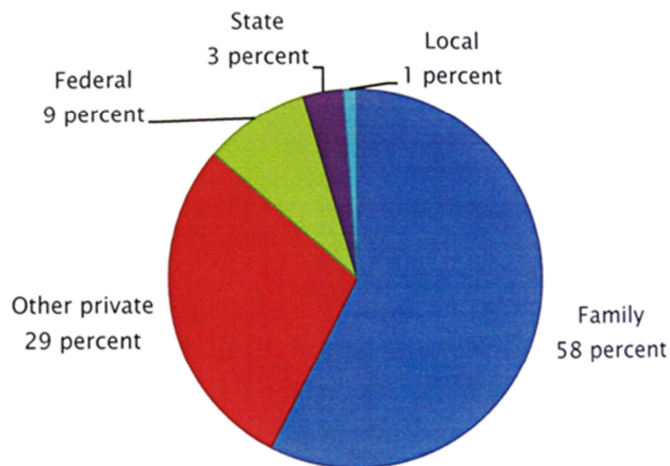


FIGURE 2: Distribution of forest ownership in the Southern United States, 2006 (Weir and Greis 2011)

LITERATURE CITED

BARLOW, R. J.; SMIDT, M. F.; MORSE, J. Z.; DUBOIS, M. R. Cost and cost trends for forestry practices in the South. *Forest Landowner*. Sept/Oct:5-12. 2009.

DORMAN, K. W. **The genetics and breeding of southern pines**. U.S. Dept. Agric., Agric.Handb. 471, 407p. 1976.

ECKHARDT, L. M.; SAYER, A. S.; IMM, D. State of pine decline in the Southeastern United States. *South. J. Appl. For* 34(3) 2010.

ENEBAK, S. Forest tree seedling production in the southern United States for the 2009 - 2010 planting season. Auburn University Southern Forest Nursery Management Cooperative Technical Note 10-01. Auburn University, Al. 2011.

FOX, R. R.; ALLEN, H. L.; ALBAUGH, T. J.; RUILAR, R.; CARLSON, C. A. Tree nutritioin and forest fertilization of pine plantations in the Southern United States. **South. J. Apl. For.** 31(1):5-11. 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2010. Yearbook of Forest Products 2008. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Viale delle Terme de Caracalla, 00153 Rome Italy.

WEIR, D. N.; GREIS, G. G. The Southern Forest Futures Project: Summary Report. USDA Forest Service Southern Research Station. May be accessed at <http://www.srs.fs.fed.usda.gov/futures/>. 2011.

WESTERBROOKS, R. Invasive plants, changing the landscape of America: Fact book. Federal Interagency Committee for the Management of Noxious and Exotic Weeds, Washington D.E. 109p. 1998.

PLANEJAMENTO DO MANEJO FLORESTAL SUSTENTADO DE FLORESTAS NATURAIS TROPICAIS

SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT PLANNING OF NATURAL TROPICAL FORESTS

Evaldo Muñoz Braz¹; Patrícia Povia de Mattos²; Evandro Orfanó Figueiredo³

RESUMO

O manejo de florestas tropicais tem evoluído ao longo dos anos. As técnicas de Exploração de Impacto Reduzido (EIR), apresentadas nos últimos anos, têm colaborado para a garantia de talhões futuros menos danificados. Entretanto, isto não é suficiente para a garantia da sustentabilidade do sistema. Alguns pontos relevantes podem ser destacados, como: a) a taxa de corte correspondente ao ciclo considerado não é avaliada ou calculada; b) ferramentas de análise e otimização que consideram a heterogeneidade da floresta são negligenciadas; c) por outro lado, existe o preconceito de aplicação da dendrocronologia, a qual supriria rapidamente informações de incremento periódico anual das espécies nativas. Face às tecnologias existentes, o manejo florestas tropicais naturais, no que diz respeito a sua execução, acha-se estagnado há vários anos. Este trabalho visa debater o potencial destas tecnologias para melhoria do manejo atual das florestas tropicais.

Palavras-chave: taxa de corte; ciclo de corte; dendrocronologia; manejo de precisão.

ABSTRACT

The management of tropical forests has improved over the years. Reduced Impact Logging (RIL), performed in recent years has contributed to guarantee that future plots are less damaged. However, this is not enough to guarantee the sustainability of the system. Some relevant points can be highlighted, such as: a) the cut rate corresponding to the cutting cycle is not considered or calculated; B) analysis and optimization tools that consider the heterogeneity of the forest are neglected; C) On the other hand, there is prejudice concerning the application of dendrochronology, which would supply rapidly information about periodic annual increment of native species. Considering these technologies available, managing natural tropical forests, regarding its implementation, is stagnated for years ago. This work aims to discuss the potential of these technologies to improve the current management of tropical forests.

Keywords: cut rate; cutting cycle; dendrochronology; precision management.

INTRODUÇÃO

O manejo das florestas naturais tropicais, nos últimos anos, tem se privilegiado do conceito de exploração de impacto reduzido, pois extrações elevadas causam um dano substancial ao povoamento, reduzindo sua capacidade produtiva. Entretanto, um ponto importante tem sido desconsiderado: a compatibilização do ciclo de corte com o ritmo de crescimento das espécies “manejadas”, pois isto tem relação direta com quanto pode ser extraído da floresta de maneira sustentável. Assim, no manejo das florestas naturais, a taxa de extração anual, raras vezes é fundamentada na associação de dados sobre a estrutura da floresta e no ritmo de crescimento das espécies (PUTZ et al., 2000), ou seja, os volumes determinados para extração são arbitrários.

Assim como este, outros temas e ferramentas potenciais, importantes para o manejo, não têm sido considerados.

Taxa de corte em florestas naturais tropicais

Deve ficar claro que o conceito “manejo de florestas” não estará completo, em qualquer plano de manejo, se não contiver uma previsão razoável da quantidade que pode recuperar dentro de um intervalo de tempo.

Do ponto de vista da legislação, a questão tende a ser tratada de maneira simplificada, como a definição de taxas de corte fixas independentemente da floresta manejada. Com isso, tem-se estimulado indiretamente a formação de instrumentos apenas burocráticos em detrimento do uso da técnica.

¹ Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Florestas, cx postal 319, 83411-000, Colombo (PR). evaldo@cnpf.embrapa.br

² Engenheira Agrônoma, Dr., Pesquisadora da Embrapa Florestas, cx postal 319, 83411-000, Colombo (PR). povoa@cnpf.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, MSc., Pesquisador da Embrapa Acre, cx postal 321, 69908-970, Rio Branco (AC), orfano@cpafac.embrapa.br

Equivocadamente tem-se considerado que apenas baixas taxas de extração podem dar garantia da sustentabilidade da floresta. Assim, a legislação brasileira, atualmente, fixa as taxas de corte (BRASIL, 2008), esquecendo-se que estas devem estar vinculadas, no mínimo, à estrutura das classes diamétricas e à disponibilidade das espécies que compõem essa taxa de corte.

Com as responsabilidades ambientais cada vez mais definidas nos dias atuais e com a disponibilidade cada vez maior de profissionais da área, é inexplicável a busca de simplificações sem amparo técnico-científico. A questão não é complicar, mas aprimorar baseado em métodos ou ferramentas já existentes.

A justificativa de que nada se sabe sobre as espécies de interesse comercial já não é argumento aceitável. Existem muitos estudos publicados baseados em parcelas permanentes que informam sobre o crescimento de grupos ecológicos de várias espécies das florestas tropicais e estas informações, levantadas por instituições de pesquisa e universidades, podem servir para a elaboração de planos de manejo.

Braz (2010) demonstrou a viabilidade da determinação de taxas de corte sustentáveis para as florestas naturais tropicais, fator até agora desconsiderado pelos planos de manejo. Foram definidos 3 grupos de espécies com diferentes intensidades de corte: 32,58% para o grupo I; 48,62% para o grupo II e 56,23% para o grupo III para o ciclo considerado de 25 anos. Ciclos maiores resultariam em intensidades maiores, assim como extrações abaixo da intensidade calculada poderiam sugerir ciclos menores. O cálculo se baseou no ajuste da estrutura remanescente com a capacidade de recuperação do volume das espécies de interesse no ciclo. As estimativas, para a área total analisada, resultaram numa intensidade de corte média inferior a 51% do volume comercial disponível das 26 espécies consideradas, para o ciclo de corte de 25 anos. É recomendável a utilização das taxas de corte dentro dos diferentes grupos ecológicos, pois cada uma terá um ritmo diferente de recuperação, sendo mais uma garantia para a sustentabilidade total do sistema. A taxa de corte sustentável tem relação direta com o potencial do volume comercial disponível. Assim, a empresa deve buscar a utilização do máximo número de espécies comerciais visando a um melhor retorno financeiro. Existe um ponto ótimo para a classe de diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) a ser mantida na floresta inequiana, acima do qual o retorno em incremento em volume será nulo. Essa determinação facilita a definição das classes que deverão permanecer e daquelas sobre as quais a taxa sustentável deve ser distribuída visando a um melhor incremento. Assim, na definição do volume remanescente, é preciso uma base de classes de DAP maiores que o limite comercial para assegurar um incremento médio anual (IMA) adequado para o próximo ciclo. Taxas de extração, mesmo baixas, se não compatibilizadas com a estrutura diamétrica da floresta que deve permanecer, podem significar manejo não sustentável. Sendo assim, essas questões devem ser introduzidas nas exigências e na engenharia dos planos de manejo pelos órgãos fiscalizadores.

Tratamentos silviculturais

Os tratamentos silviculturais, que, por sua vez, poderiam elevar o incremento periódico anual (IPA) em volume de madeira comercial, podendo reduzir o ciclo de corte, são praticamente desconsiderados (SILVA et al., 2001). Nesse caso, convém salientar que raras vezes a taxa de extração anual é fundamentada na associação de dados sobre a estrutura da floresta e no ritmo de crescimento das espécies com os aspectos econômicos (PUTZ et al., 2000). Sendo assim, o valor potencial da floresta no novo ciclo, ou seja, aquele que poderia ser obtido devido aos tratamentos, não é considerado e também o seu possível ganho futuro não é analisado.

Dendrocronologia

Brienen e Zuidema (2006) na Amazônia boliviana determinaram idades ideais de corte e distribuição das classes diamétricas para a futura exploração mostrando como a análise de anéis pode ser forte auxiliar no manejo das florestas tropicais. Schongart (2008), em várzeas inundáveis da Amazônia brasileira, propôs o conceito do manejo específico por espécie, diâmetro mínimo de corte e duração do ciclo de crescimento dando um passo na determinação de taxas de extração mais realista para o manejo de florestas naturais tropicais. Na região do Pantanal Matogrossense, Mattos et al. (2010) também usaram dendrocronologia para recuperar o crescimento de espécies nativas e propor um protocolo para o uso sustentável dessas espécies, considerando a taxa de corte sustentável. Apesar da resistência, relatos com resultados promissores ou já validados são cada vez mais frequentes (MATTOS et al., 2011). Em mais de 20 países tropicais e inúmeras espécies com anéis de crescimento anuais já foram provados (WORBES, 2002). Pela dendrocronologia é possível recuperar informações do crescimento de muitas espécies de interesse em zonas estratégicas de implementação de manejo de forma rápida, no entanto, é importante ressaltar que a seleção da espécie, local de coleta e sazonalidade climática ou de condições ambientais são critérios importantes para obter resultados promissores em estudos dendrocronológicos. Planejamento da rede de estradas e arraste

As florestas tropicais naturais têm como uma das principais características a heterogeneidade, que é a expressão da ocorrência de dezenas de espécies da flora, distribuídas em microssítios com atributos biofísicos específicos (PUTZ, 1993). Essa característica deve ser considerada no planejamento das atividades do manejo florestal. No entanto, na maioria dos planos de manejo atuais, existe uma desconexão entre essa diversidade, o planejamento de exploração e os tratamentos silviculturais previstos para essa floresta. Em geral, a distribuição da malha viária e dos talhões segue padrões sistemáticos, desconsiderando aspectos como relevo, solo, drenagem e estoque de madeira das espécies comerciais (PINARD et al., 1995). Também, é desconsiderado o ponto de equilíbrio entre a distância das estradas secundárias e a distância média de arraste, segundo o potencial da tipologia florestal (BRAZ et al., 2005). Observam-se, frequentemente, densidades inadequadas de estradas de acesso para áreas com baixo potencial madeireiro, pátios mal distribuídos para estocar essa madeira e dimensionamento de talhões que não abastecem a indústria em quantidade e qualidade adequadas. Nesses casos, além do aumento dos custos de construção e de manutenção de estradas, a floresta é danificada desnecessariamente, acelerando as modificações na sua composição e estrutura, reduzindo o estoque de madeira comercial para o próximo ciclo.

Talhão otimizado

O manejo das florestas naturais, no sentido real dessa expressão, tem atraído muito pouco os produtores, porque não lhes são oferecidas ferramentas de gestão adequadas, ou seja, ferramentas que, além de lhes garantir melhor ganho ambiental, também lhes garantam melhores formas de gestão das florestas e, finalmente, menores custos e maior produtividade. Essas ferramentas na verdade já existem, mas são pouco ou são insuficientemente usadas para o manejo das florestas naturais.

O avanço de técnicas de geo-referenciamento possibilitou o surgimento de tecnologias que facilitam as atividades de manejo, tais como tratamentos silviculturais pontuais, planejamento de estradas, pátios e rede de arraste em condições otimizadas, rastreamento da exploração e suporte a fiscalização e monitoramento (BRAZ et al, 2005), configurando assim um manejo de precisão. De acordo com esta tecnologia, O Modelo Digital de Exploração Florestal – MODEFLORA é um processo, que busca unir com maior precisão o sistema de informações geográficas, o inventário florestal com uso das tecnologias atualmente disponíveis do Sistema Global de Navegação por Satélites – GNSS, e imagens de sensores remotos (radar e satélites), tornando possível a integração do planejamento florestal georreferenciado e as operações de exploração florestal rastreadas por satélite (FIGUEIREDO et al., 2008). Além desta otimização e redução do dano ambiental a apenas 3-4% contra 15% de outros sistemas, o processo Modeflora pode auxiliar na composição de talhões otimizados facilitando manejo e tratamentos silviculturais para grupos de espécies selecionados de acordo com sua abundância, distribuição e interesse econômico. O volume de madeira de um povoamento natural varia em função da capacidade produtiva do solo e da distribuição irregular das espécies. Por isso, no planejamento dos talhões em cada ano, devem-se relacionar as produções volumétricas ou densidade de espécies com compartimentos de tamanho variado. Assim, os sítios de alta produtividade devem ter áreas menores e os de baixa, áreas maiores. Isto nos indica que devemos buscar o planejamento visando o fluxo constante (de acordo com o mercado e a capacidade instalada da empresa), almejando talhões otimizados, apesar da heterogeneidade da floresta. Neste momento, novos caminhos para o manejo das florestas naturais podem ser visualizados. Com a Análise Multivariada (associando-a ao SIG), podem-se agrupar talhões/compartimentos semelhantes do ponto de vista econômico ou separar tipologias florestais diferentes quando se considera as espécies, o volume, e outros fatores. Isto também implicará na introdução do conceito de ciclos diferenciados e manejo por espécie ou grupo de espécies com crescimento semelhante. Análises inicialmente desenvolvidas para identificação de padrões de distribuição de espécies como TWINSPAN (“*Two-way Species indicator analysis*”), podem auxiliar no planejamento de talhões. A Programação por Metas, já mencionada, pode “forçar” a renda ao valor médio da floresta, facilitando a organização anual de “novos” talhões compostos (BRAZ et al, 2005), tornando-os portanto homogêneos do ponto de vista produtivo (sempre um problema na floresta tropical) possibilitando a maximização da rentabilidade do talhão. Junto com estes conceitos deve ser definido qual o melhor sistema de extração a ser utilizado considerando as condições de relevo, equipamento disponível, e potencial florestal, mediante o procedimento de análise de modelos.

Controle das operações

Segundo Lopes e Machado (2003), alguns dos principais objetivos do controle das operações são assegurar o plano de abastecimento da indústria, fornecer informações para fins gerenciais e operacionais e alimentar o sistema de controle de custos e orçamento da empresa. O controle deve proporcionar informações ágeis para, se necessário, realizar correção ou reformulação parcial imediata dos critérios de

planejamento. Os custos de exploração devem ser calculados mediante projeções no planejamento (identificação de índices técnicos) e depois verificados através de sistemas adequados de controle. É importante lembrar que a minimização dos custos (dentro de um compromisso com a sustentabilidade do manejo florestal) é objetivo fundamental do sistema de exploração utilizado. A Embrapa Amazônia Oriental desenvolveu o sistema MEOF (Monitoramento Econômico das Operações Florestais) que pode auxiliar a gestão das florestas naturais identificando pontos de estrangulamento na produção (POKORNY et al., 2008).

A análise da viabilidade econômica será fundamental para identificação do nível de implementação de tratamentos silviculturais que podem ser executados sem que inviabilizem o manejo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aprimoramentos e melhorias no manejo das florestas tropicais podem e devem ser implementados imediatamente com basenas novas oportunidades tecnológicas. Já estão disponíveis procedimentos e conceitos que tardam a ser prontamente assimilados devido à resistência a inovações e ao pensamento que o manejo deve ser extremamente simplificado. Redução de danos, redução de custos, otimização das operações, sustentabilidade das taxas de corte, dentre outros, seriam os ganhos imediatos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Instrução normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 185, 24 set. 2008. Seção 1, p. 75-83.
- BRAZ, E. M. et al. Management of precision: a new step aiming at tropical natural Forest sustainability. *International Forestry Review*. Brisbane: v. 7, n. 5, p.1-80, Aug. 2005.
- BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação. Santa Maria. 2010. 236p.
- BRIENEN, R. J. W; ZUIDEMA, P. A. The use of the tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. *Forest Ecology and Management*, 226. January 2006. p.256-267.
- FIGUEIREDO, E. O. et. al. **MODEFLORA: Manejo digital de exploração florestal**. Embrapa Acre/Embrapa Florestas. Rio Branco. 2008. 320p.
- LOPES, E. S., MACHADO, C. C. Desafios do planejamento da colheita florestal no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 6., 2003, Belo Horizonte. Anais... Viçosa: UFV/SIF, 2003. p. 44-68.
- MATTOS, P. P. de et al. **A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais**. Colombo: Embrapa Florestas; Corumbá : Embrapa Pantanal, 2011. 37 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 218); (Embrapa Pantanal. Documentos, 112).
- MATTOS, P. P. de et al. Sustainable management of natural forests in Pantanal Region, Brazil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 321-333, abr./jun. 2010.
- POKORNY, B. et al. **MEOF - Ferramenta para monitoramento econômico de operações florestais: manual do usuário**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 112 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 316).
- PUTZ, F. E. **Considerations of ecological foundation of natural forest management in the American Tropics**. Durham: Center for Tropical Conservation, Duke University, 1993.
- PUTZ, F. E.; DYKSTRA, D. P.; HEINRICH, R. Why poor logging practices persist in the tropics. *Conservation Biology*, Malden, v. 14, n. 4, p. 951-956, Aug. 2000.
- PINARD, M. A. et al. Creating timber harvest guidelines for a reduced-impact logging project in Malaysia. *Journal of Forestry*, Bethesda, v. 93, n. 10, p. 41-45. Oct. 1995.
- SCHONGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian varzea floodplains. *Forest Ecology and Management*, v. 256, p. 46-58, 2008.
- SILVA, J. N. M. et al. Crescimento, mortalidade e recrutamento em florestas de terra firme da Amazônia Oriental: observações nas regiões do Tapajós e Jari. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. C. (Ed.). *A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa-DFID*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p. 291-305.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics ±a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 217-231, 2002.

**TRANSFORMAÇÃO DE SISTEMAS EQUIÂNEOS PUROS EM MISTOS VOLTADOS PARA A
PRODUÇÃO DE MADEIRAS NOBRES**

**(CULTIVO DE MADERAS DECORATIVAS EN PLANTACIONES MIXTAS EN MISIONES, NE
ARGENTINA)**

**TRANSFORMATION OF PURE EVEN-AGED IN MIXED UNEVEN-AGED STANDS FOR
PRODUCTION OF NOBLE WOOD**

**(PRODUCTION OF DECORATIVE WOOD IN MIXED PLANTATIONS IN MISIONES,
NORTHEAST ARGENTINA)**

Víctor R. Pérez¹; Hermann Hampel²

RESUMEN

Danzer Forestación S. A. (ahora Garruchos Forestación S. A.) inició un proyecto de forestación en la Provincia de Misiones, Argentina, en el año 1993, para cultivar especies latifoliadas de alto valor para la elaboración de chapas decorativas. Aparte de tierras de uso ganadero y ex – agrícola, en parte de los campos había plantaciones de Pino (*P. elliotii* y algo de *P. taeda*) con las tres situaciones siguientes: a) Pinares adultos (15 -18 años) con grandes atrasos de raleo; b) Regeneración natural de Pino de alta densidad y edades diferentes (2 – 10 años); c) Campo abierto; Pino cosechado por dueños anteriores; sin regeneración, capuera inicial. En las situaciones a) y b), el tratamiento “tradicional” en el nordeste de Argentina es la eliminación total de la cobertura anterior para luego empezar desde “0”. En este emprendimiento, se buscaron alternativas ya que se consideró que una cobertura de Pinos podía facilitar el cultivo de especies sensibles a heladas, y la regeneración de Pino permitiría mejorar la formación de fuste de especies propensas a ramificación intensa o fuste corto o tortuoso. En los casos a) y b) se bajaron las densidades iniciales a través de una combinación de raleos sistemáticos y selectivos y se implantaron especies latifoliadas con distintos esquemas. En el caso c) se buscó aumentar la seguridad de la producción por medio de plantaciones mixtas coetáneas. Las experiencias durante más de 15 años fueron alentadoras, por lo tanto, el método fue extrapolado a plantaciones jóvenes de Pino y *Grevillea robusta* como anfitrión, brindando esta última las mejores condiciones de crecimiento a *Toona ciliata* y nativas. En plantaciones mixtas de *Paulownia sp.* con Pino o *Grevillea*, se obtuvieron fustes más largos que en plantaciones puras, además con menores costos. En un ensayo de manejo instalado en plantación joven coetánea de *Melia azedarach* y *Grevillea robusta*, la mejor intensidad de raleo estaría entre 35 y 45% de la densidad, que permite alcanzar mayor eficiencia en la combinación del crecimiento del diámetro y área basal. En todos los casos es una silvicultura compleja que requiere una calificada atención técnica.

SUMMARY

Danzer Forestación S. A. (now Garruchos Forestación S. A.) started a forest project in the NE-Argentine Misiones province in 1993, aiming to grow high-value hardwoods for decorative veneers. Besides of grazing and former agricultural use, part of the land had been covered with Pine plantations (*P. elliotii* and some *P. taeda*) and presented the three following situations: Mature Pine stands (15-18 years) with heavy delays of thinning; Natural regeneration of pine with high densities and different ages (2-10 years); Open land; Pines harvested by former owners; without regeneration, initial invasion of bushes. In the Argentine Northeast, the “traditional” management for situations a) and b) would be the complete elimination of the previous vegetation in order to start over again from “0”. In this project, however, alternatives were sought, as the shelter of pines was considered helpful for frost protection of sensitive species and the natural regeneration of pine a favorable for stem formation of species with tendency of heavy branching or to form short or crooked boles. In the cases a) and b), initial densities were reduced by combined systematic and selective thinning and hardwoods planted in different schemes. In case c) it was tried to enhance production security by even-aged mixed plantations. The experiences of more than 15 years are encouraging, thus the method was extrapolated to young plantations of Pines and *Grevillea robusta* as hosts, offering the latter best growth conditions to *Toona ciliata* and native species. In mixed plantations of *Paulownia sp.* with Pine or *Grevillea*, larger bole lengths were obtained than in monocultures and with less silvicultural expenses. In a management trial installed in young even-aged plantation of *Melia azedarach* with *Grevillea robusta*, best thinning intensity would be between 35 and

¹ Ing Ftal, MSc. Docente e investigador de la Universidad Nacional de Formosa Dirección: Av. Gutnisky 3.200 – C.P. 3600 Formosa, Argentina. Correo: forestales@arnet.com.ar

² Dr. Recursos Naturales, Técnico Garruchos Forestación S. A. Dirección: C. C. 449, N3300WAI Posadas, Misiones, Argentina. Correo: hermannhampel@hotmail.com

45 %, as it permits mayor efficiency of the combined growth of diameter and basal areas. In all cases, it is a complex silviculture that requires qualified technical attention.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de Danzer Forestación S. A. ha sido el cultivo de especies latifoliadas de alto valor para la elaboración de chapas decorativas. Además de campos abiertos en la zona de Posadas, Misiones, también se adquirieron rodales adultos de Pino con raleo atrasado y superficies con regeneración natural de Pino. Con la producción de madera de valor de latifoliadas como objetivo principal del emprendimiento de la empresa, las reflexiones acerca del manejo óptimo de estas superficies no se concentraron en como maximizar la producción de volumen. La pregunta clave era si estos ambientes (plantaciones viejas o jóvenes, regeneración de Pino) podrían ser favorables para el cultivo de algunas de las especies de alto valor que se están implantando.

Pinares adultos

Considerando que en el sur de Misiones pueden ocurrir heladas leves (y no tan leves, p. ej. julio 2000, invierno 2011) entre junio y septiembre, y que una de las especies previstas para cultivar, *Toona ciliata* (Toona), es susceptible a heladas (en especial en su juventud), se descartó la opción tala rasa en el caso de los Pinos adultos y se procuró transformarlos en rodales estables con cobertura moderada para la protección de helada de las Toonas (y otras especies) a implantar bajo su dosel.

Regeneración natural de Pino

En un principio se consideró como un obstáculo, pero luego de evaluar nuevamente el tema, se supuso que podría ser beneficioso para la implantación de varias especies por los siguientes motivos:

1. Microclima favorable: menos viento, más humedad, mejores condiciones de desarrollo inicial.
2. Mejora en la conducción: alta densidad a pesar de implantación de pocas plantas por hectárea; fustes más largos y rectos con menor ramificación por competencia lateral.
3. Menor cuidado: por la presencia de muchas plantas de Pino se origina menor enmalezamiento.
4. Mayor seguridad: en función del éxito (o no) de las especies interplantadas (varias de ellas en forma experimental), co-producción de madera de Pino en vez de re-plantación de ejemplares faltantes o extracción paulatina en raleos consecutivos favoreciendo la especie latifoliada.

Luego de observaciones preliminares confirmando en su tendencia los supuestos mencionados, se empezó a preparar para interplantación todas las superficies restantes de regeneración de Pino.

Plantaciones mixtas

Si bien no son “transformaciones” según las definiciones comunes, igualmente se incluyeron en este documento porque ambas, técnicamente, tienen fuertes coincidencias. En la planificación inicial de los bosques mixtos se conjeturó que a través de plantaciones con varias especies se podría aumentar la seguridad de producción (en especial, tratándose de especies con alto riesgo de enfermedades o experimentos con especies con escasa experiencia), y posiblemente, hasta mejorar algunos aspectos silviculturales y productivos.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Plantación bajo cubierta

En Centro-Europa, la plantación (o siembra o regeneración natural) bajo cubierta se usa entre otros objetivos, para especies que no soportan los extremos climáticos a cielo abierto y es el método estándar en la regeneración de *Fagus sylvatica* (BURSCHEL, HUSS, 1997). También, se transforman pinares (de *Pinus sylvatica*) en bosques mixtos de latifoliadas a través de plantaciones (o siembras) bajo Pino.

En zonas tropicales y subtropicales hubo muchos intentos de enriquecimiento de bosques nativos con especies nativas y/o exóticas (LAMPRECHT, 1986; OTTONE, 1993; WADSWORTH, 1997; MAYHEW, NEWTON, 1999) pero pocas citas de plantaciones bajo el dosel de otra especie implantada. Una de ellas es que *Araucaria cunninghamia* no prosperó en suelos pobres en Australia a cielo abierto. Al plantarse bajo *Pinus taeda* (en los mismos suelos) se logró un buen desarrollo (RICHARDS, 1961; BEVEGE AND RICHARDS, 1970; loc. cit. WADSWORTH, 1997)

En Misiones y Norte de Corrientes, Argentina, ya existen varios ejemplos exitosos de implantación de *Toona* bajo *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* y *Araucaria angustifolia*.

Manejo de Regeneración natural

En Centro-Europa, el uso de la regeneración natural se prefiere a la plantación, ya que generalmente es mucho menos costoso (BURSCHEL, HUSS, 1997). Además, se considera como preferible usar material genético comprobado exitosamente en un lugar a usar plantas con posibles “avances” o “mejoras” genéticas de otra zona (que son escasos, ya que debido a los turnos largos de 100 años, hay pocos huertos semilleros, jardines clonales etc.). Se supone que con los raleos adecuados en el rodal madre ya hubo cierta selección que se profundizará con los raleos sucesivos en la regeneración natural. Muchas veces, no solamente se usa la regeneración que se instala espontáneamente, sino que se efectúan varios trabajos silvícolas (raleos para mejor diseminación, escarificación del suelo) a fin de fomentar la instalación de regeneración natural (BURSCHEL, HUSS, 1997).

También para zonas tropicales y subtropicales de Latino-América, WADSWORTH (1997) sugiere usar la regeneración natural de los mejores árboles de plantaciones existentes, ya que de este modo se puede lograr un mejoramiento de hasta 50 % y más.

Para Argentina, COZZO (1995) menciona que con varias especies hubo una “naturalización perfecta” que brinda un buen potencial para manejar la regeneración natural.

En trabajos de BRASSIOLO (1992) y CABRELLI (1999) se investigaron con éxito distintas técnicas de manejo de regeneración natural de *Pinus elliottii*.

Hasta la fecha, en el nordeste de Argentina, la regeneración natural de Pino se considera generalmente como estorbo que debe eliminarse (aunque sea costoso), para luego plantar (Pino o eucalipto) de genética más avanzada.

Bosques mixtos

El manejo de bosques productivos mixtos y/o disetáneos tiene una larga trayectoria en Centro-Europa. GAYER (1886) describe ampliamente los beneficios de las mismas, y hasta hoy, los bosques mixtos se consideran como ventajosos en aspectos productivos, ecológicos y estéticos (BURSCHEL, HUSS, 1997). Por ejemplo, la producción de madera de roble (*Quercus robur* y *Q. petraea*) de alta calidad, en la mayoría de los casos se logra en bosques mixtos (de regeneración natural, siembra y/o plantación). Las especies “auxiliares” umbrófitas como *Fagus sylvatica*, *Tilia cordata* o *Carpinus betulus* forman un segundo dosel que cubre los fustes de los robles y evita la formación de brotes epicórmicos (cuya aparición en algún momento del turno de hasta 250 años, llevaría a una desvalorización parcial o total de los fustes de dicha especie).

Mientras tanto, la gran mayoría de las plantaciones en zonas subtropicales y tropicales se realiza como cultivos monoespecíficos (EVANS, 1996). En una amplia discusión acerca de plantaciones mixtas versus plantaciones puras, WADSWORTH (1997) cita los trabajos de LAURIE (1941) y WAKELEY (1954) que describen varias posibles bondades de las plantaciones mixtas como: mantener mejor la calidad de sitio, menor riesgo de catástrofes, mejora de forma y mayor valor de alguna de las especie en el momento de corte. Sin embargo, WADSWORTH (1997) también menciona, que a veces el “apoyo” para las plantaciones mixtas es más “emocional que intelectual” y que en muchos casos es preferible plantar la especie del mayor valor como pura y no bajar el rendimiento económico agregando especies de menor apreciación en el mercado. Hasta el posible beneficio de menor riesgo de enfermedades sería relativo, ya que, según PEACE (1957, loc. cit. WADSWORTH, 1997) al mezclar 2 a 5 especies, también el riesgo que alguna de estas se enfermara es 2 a 5 veces más grande que en plantaciones de una sola especie (aunque el efecto será más desastroso en el último caso). Además se complica el manejo (EVANS, 1996; WADSWORTH, 1997). No obstante se aconsejan explícitamente plantaciones mixtas para algunas especies subtropicales, p. ej. *Acacia melanoxylon* con *Pinus* o *Eucalyptus* como “tutores” (loc. cit. HICKEY, 1988 en ANONYMOUS, 2000). También hay ejemplos exitosos de plantaciones con *Swietenia macrophylla* (varios autores citados en MAYHEW, NEWTON, 1999).

Según OTTONE (1993), las plantaciones mixtas permiten un mejor aprovechamiento del suelo y se disminuye el riesgo de plagas. Sin embargo, es “difícil” realizar estas plantaciones, ya que exigen un profundo conocimiento de las aptitudes biológicas y forestales de las especies y en Argentina han existido “pocas y pequeñas experiencias sin mayor trascendencia por el momento”. Algunas excepciones en Argentina conocidas por el autor son las siguientes: 1) mezclas de *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ponderosa* y *Pinus jeffreyi* en la pre-cordillera andina; 2) pequeñas plantaciones mixtas de colonos con distintas combinaciones de *Araucaria angustifolia*, *Paulownia* sp., *Toona ciliata*, *Grevillea robusta* y *Pinus* sp. en Misiones. 3) plantaciones mixtas involuntarias de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* por mezcla de semillas.

Para forestadores en Chile, LOEWE y GONZÁLEZ (2006) dan un gran número de ejemplos con

descripciones detalladas, resultados y esquemas de mezclas de hasta cinco y más especies y mencionan como bondades mayor sustentabilidad ambiental, mejores fustes de la especie principal, reducción de riesgos, mejor estética y simplificación de algunas tareas silvícolas. Como desventajas enuncian mayores costos de implantación, decisiones más complejas y una investigación todavía muy incipiente.

FASSOLA *et al.* (2010), hacen un análisis de los antecedentes y las potencialidades de los bosques mixtos en el nordeste de la Argentina. En este sentido destacan las experiencias realizadas en Misiones con especies de maderas nobles como las de *Melia azedarach* (paraíso), *Grevillea robusta* y *Toona ciliata*. Asimismo, señalan como fuerte atractivo para introducir algunas de éstas, en cultivos leñosos mixtos, el importante diferencial de precio entre madera aserrada de Pino y la procedente de las especies nombradas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Plantación bajo Pino adulto

Pinares de aproximadamente 15 años con altas densidades se preparan para la subplantación con *Toona ciliata* (y especies nativas) a través de 2 o 3 raleos, bajando la densidad inicial de 500 - 1000 a 100 - 200 árboles/ha, aproximadamente. Preferentemente, uno de los raleos es sistemático, ya que la tala de líneas enteras de Pino facilitará el futuro apeo de los mismos sin causar demasiado daño a las Toonas subplantadas. La Toona se planta en densidades de 500 a 600 árboles/ha y con distanciamientos de 4 x 5 a 2,5 x 7,5 m. A partir del 2do año de plantación de Toona, cuando éstas alcanzan alturas de 3 - 5 m y ya no son tan susceptibles a las heladas, se realizan raleos moderados en el estrato de Pinos (extracción del 30 - 50% de Pinos restantes), extremando las precauciones para causar el menor daño posible al cultivo nuevo.

A los 8 años (de implantación de Toona) se pretende llegar a una densidad de 30 - 40 Pinos/ha. En Gráfico 5.1 se presentan diversos esquemas. En esta modalidad de protección de dosel de Pino también se tiene experiencia a nivel de ensayo, del cultivo de especies nativas valiosas, como ser “peterebí” *Cordia trichotoma*, “guatambú” *Balfourodendron riedelianum* y “timbó” *Enterolobium contortisiliquum*.

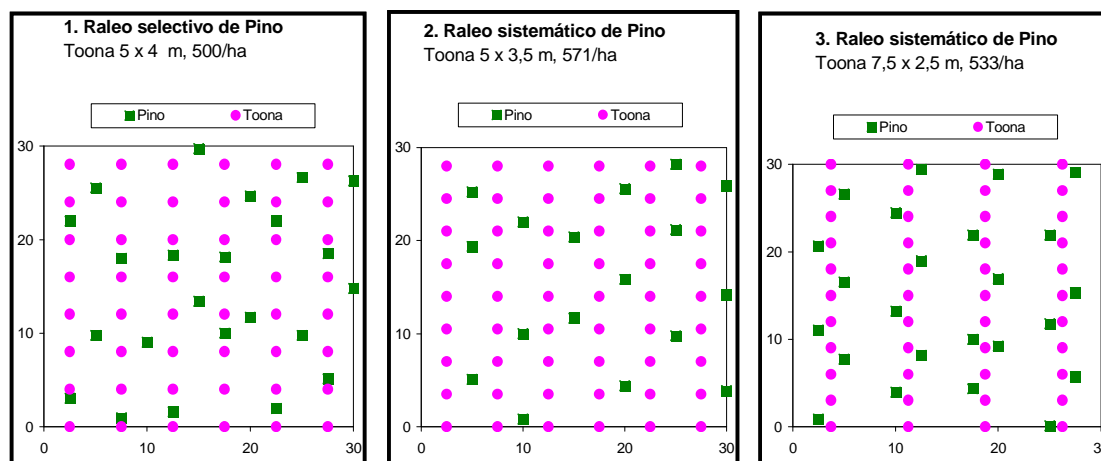


GRÁFICO 5.1: Distintos esquemas de raleo de Pino y subplantación de Toona

Interplantación en regeneración de Pino

Los métodos aplicados se detallan en Gráfico 5.2 y Tabla 5.2.

Se trata de una cobertura de regeneración natural de *Pinus elliottii* de 2 - 5 años de edad y con densidades de hasta 50.000 ejemplares/ha. El área se preparó para la interplantación con especies sensibles a heladas, y/o tendencia a formar fustes curvos y ramas gruesas a cielo abierto y/o poca experiencia de cultivo.

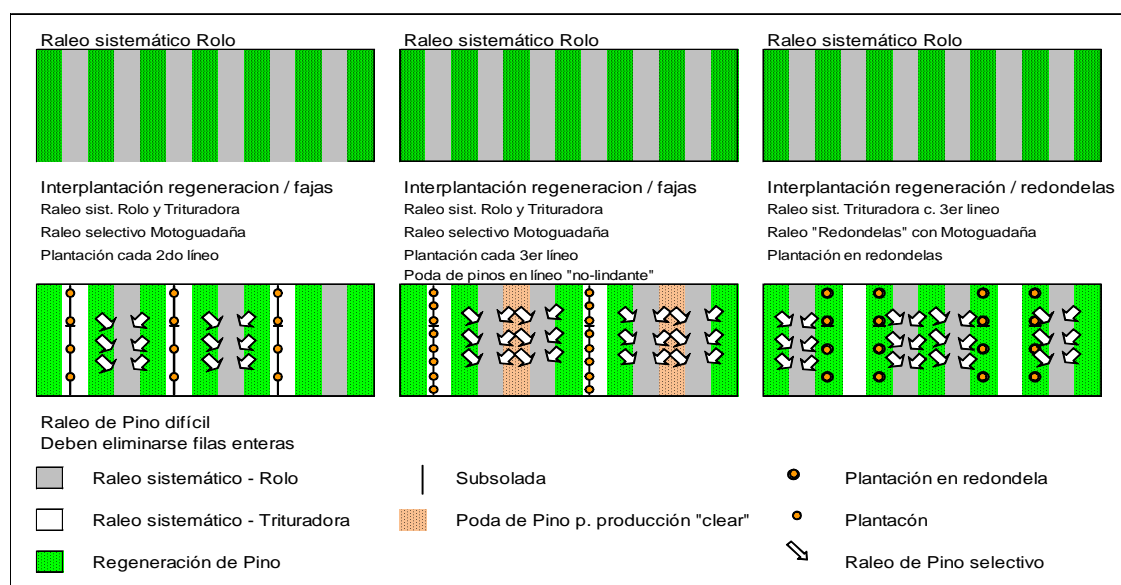


GRÁFICO 5.2: Esquemas de manejo de regeneración de Pino e interplantación

TABLA. 5.2: Interplantación en regeneración de Pino

	A "Rolo-Trituradora, plantación en cada 2 ^{da} entrelínea"	B "Trituradora, plantación en cada 3 ^{ra} entrelínea"	C "Rolo-Trituradora, plantación en redondela"
1	Raleo sistemático con rolo	Raleo sistemático con rolo	Raleo sistemático con rolo
	Ancho de trabajo aprox. 3 m, dejando filas de 0,5 – 1 m de ancho de Pino		
2	Inicio control de hormigas	Inicio control de hormigas	Inicio control de hormigas
3	Raleo selectivo con motoguadaña de intensidad variable 1000 árboles/ha – solamente apertura de redondelas (quedan aprox. 10.000)		
4	Trituración (cada 2da fila)	Trituración (cada 3 ^{er} fila)	Trituración (cada 3er fila)
5	Subsolado	Subsolado	
6	Herbicida en fajas	Herbicida en fajas	Herbicida en redondela
7	Plantación entre filas de Pino (cada 2da entrefila)	Plantación entre filas de Pino (cada 3ra entrefila)	Plantación en filas de Pino
8	(Poda selectiva de Pino)	Poda semi - sistemática de Pino en línea "no-lindante"	(Poda selectiva de Pino)

Plantaciones mixtas

Se realizaron mezclas con dos o más especies, probando distintos esquemas. En la mayoría de las plantaciones mixtas, se combinaron una o varias especies con poca experiencia o mayor riesgo de enfermedades con otra(s) especie(s) de mayor experiencia o consideradas como más seguras. Ya que uno de los motivos de la instalación de plantaciones mixtas era contar con "reemplazantes vecinos" en el caso de presentarse problemas con algunas de las especies, se prefirieron mezclas "en línea" o "individuales (alternados)" a mezclas "en grupos" o "en bloques".

DORDEL (2009) instaló ensayos con distintas intensidades de raleo (0, 25, 50 y 75 %) en plantaciones de *Pinus taeda*, *Pinus elliottii x caribaea* y *Grevillea robusta* de 6 años de edad e investigó su efecto sobre interplantación con *Toona ciliata* (de 1 año de edad).

FASSOLA *et al.* (2010b), instalaron un ensayo para identificar y cuantificar el efecto facilitador de *Grevillea robusta* sobre el desarrollo de *Toona ciliata*. A las edades de 2, 3 y 4 años de *Grevillea* (rango DAP: 6,1-13,1 cm; rango H: 4,2-8,8 m, respectivamente), se realizaron tres intensidades de raleo (25, 50 y 75% de la densidad de *Grevillea*), interplantando inmediatamente con *Toona*. Los controles de sobrevivencia y crecimiento de diámetro y altura de la *Toona* se realizó a los dos años de plantado esta especie.

En los últimos cinco años se han instalado diversos ensayos de intensidades de raleos en plantaciones mixtas de *Melia azedarach* (Paraíso) y *Grevillea robusta* (Grevillea), con el objetivo de evaluar sus efectos en el crecimiento del diámetro y área basal, de cada especie componente y del bosque mixto en su conjunto. En este contexto, PÉREZ y HAMPEL (2011), informan que en la forestación del campo denominado Nofal, se instaló un ensayo a la edad 6 años. La densidad inicial fue de 1111 pl/ha, con 12.8% de fallas, plantado en la modalidad de especies alternadas. Se utilizó diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y tres réplicas: T0 = sin raleo. T1 = raleo tradicional ejecutado en Danzer Forestación (45% de la densidad). T2 = intensidad media de raleo (35% de la densidad), quedando en la unidad de observación igual cantidad de plantas de cada especie. T3 = intensidad media de raleo (35% de la densidad). Debido a que es raleo libre, quedan en la unidad de observación diferente cantidad de plantas de cada especie. T4 = intensidad media de raleo (55% de la densidad), quedando en la unidad de observación igual cantidad de plantas de cada especie. T5 = intensidad media de raleo (55% de la densidad), quedando en la unidad de observación distinta cantidad de plantas de cada especie (raleo libre).

RESULTADOS

Plantación bajo Pino y Grevillea

Comparado con plantaciones de Toona a cielo abierto, se hicieron las siguientes observaciones:

1. Mayor seguridad de producción, menos riesgo de daño por heladas.
2. Menor desarrollo en diámetro, pocas diferencias en crecimiento en altura; árboles más delgados y cilíndricos, pero también algo inestable.
3. Menos ramas y de menor diámetro.
4. Formación de ramas adventicias en el caso de raleos demasiado bruscos del Pino adulto.
5. Mayores costos en el aprovechamiento del Pino (comparado con tala rasa del mismo y plantación de Toona a cielo abierto).

Hasta la fecha no hubo mayores pérdidas de Toona bajo Pino por heladas (a cielo abierto las plantaciones debieron limitarse a los sitios con menos heladas (topes de lomas).

En las heladas fuertes de julio 2000, se “quemaron” las partes aéreas de todas las plantas a cielo abierto recién plantadas y de un año de edad pero también la mayoría de las plantas de esas edades bajo Pino (solamente en lugares de un dosel de Pino muy denso no fueron afectados). Sin embargo, la mortandad bajo cubierta así como a cielo abierto parecería escasa, ya que en la gran mayoría de los ejemplares se observaron rebrotes vigorosos (con la necesidad de conducirlos).

Con respecto al diseño de raleo de Pino y subplantación de Toona, se comprobaron como ventajosos raleos sistemáticos de Pino y distancias mayores entre líneas de plantación de Toona (ver gráfico 5.2, derecha).

GROSSKLAUS (2009), informa las diferencias de crecimiento inicial de la *Toona ciliata* cuando en la plantación dispone de cobertura de protección de plantas de mayor edad de Pino (*Pinus elliottii*) o Grevillea (*Grevillea robusta*). El crecimiento acumulado en 2 años, del diámetro y altura total, fue 1,96 cm y 1,90 m, en plantación bajo Pino, y 3,04 cm y 3,16 m, en plantación bajo Grevillea, respectivamente.

Los resultados de DORDEL (2009) también indican Grevillea como mejor “especie anfitrión”, ya que a los 2 años de instalación del ensayo, la altura promedio de Toona en TODAS las intensidades de raleo de Grevillea supera ampliamente las alturas de Toona incluso en los “mejores” tratamientos en *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* x *caribaea*.

CRECHiet al. (2010), informan que a la edad de 12 años, la sobrevivencia de *Cordia trichotoma* (peterebí), *Balfourodendron riedelianum* (guatambú) y *Enterolobium contortisiliquum* (timbó) bajo dosel de *Pinus elliottii* fue superior al 70%. El rango de diámetro (DAP) osciló entre 6,5 (peterebí) y 12,5 cm (timbó), siendo menor o igual bajo cubierta de Pino respecto de su cultivo a cielo abierto. En tanto que la altura bajo Pino fue mayor, variando entre 4,3 (peterebí) y 6,8 m (timbó).

Interplantación en regeneración de Pino

Inmediatamente luego de los raleos, se deben realizar controles de hormiga, ya que al bajar drásticamente la cantidad de árboles, las hormigas presentes (que antes no causaron mayores daños notables) se concentran en los pocos ejemplares restantes.

Con respecto a la interplantación, se obtuvieron los siguientes resultados preliminares:

Forma: Se observó mejor forma con fustes más altos y más cilíndricos en las fajas de regeneración de Pino, comparado con plantaciones a cielo abierto.

Mantenimiento: Los costos de mantenimiento fueron menores en la regeneración de Pino que en plantaciones a cielo abierto, ya que la regeneración de Pino frena el enmalezamiento y disminuye la frecuencia de desbrotes.

Protección: Si bien con las heladas intensas de julio 2000, la regeneración natural de Pino no pudo proteger lo suficiente a muchas especies sensibles a este fenómeno, los daños fueron inferiores

que a cielo abierto. Se piensa que en años “normales” la regeneración de Pino brinda una protección adecuada también para especies sensibles.

GROSSKLAUS (2009), comunica las diferencias de crecimiento inicial de *Toona ciliata* asociado a plantas de Pino (*Pinus elliottii*), cuando se encuentra interplantado en regeneración natural o cuando dispone de cobertura de protección de plantas grandes de esa conífera. El crecimiento acumulado en 2 años, del diámetro y altura total, fue 1,96 cm y 1,90 m, en plantación bajo Pino, y 3,18 cm y 2,52 m, en interplantación en ambiente de regeneración natural.

Plantaciones mixtas

Si bien la mayoría de las plantaciones mixtas son de fecha muy reciente, y aún no existen respuestas concluyentes acerca de la aptitud de las distintas combinaciones practicadas, ya se disponen algunos resultados relacionados a la silvicultura de establecimiento y manejo (raleos) de las mismas. Por ejemplo, se pudo constatar un leve aumento de costo en especial en las variantes 2, 3 y 4, ya que los plantadores recorren distancias algo más largas (aunque pueden caminar en diagonal) o tienen que llevar más que una especie. Lo mismo se repite con trabajos culturales a efectuar solamente en una de las dos especies. También aparecen limitantes en la selección del método de limpieza, ya que p.e. si una de las especies tuviera un sistema radicular muy superficial (p.e. *Melia azedarach*) y la otra muy sensible a la aplicación de herbicidas (p.e. *Grevillea robusta*), no se podrá efectuar limpieza con rastra y se deben extremar las precauciones en la aplicación de herbicida.

GROSSKLAUS (2009), reporta valores de crecimiento iniciales de *Toona ciliata* cuando se la cultiva en un esquema de plantación mixta, en macizo a cielo abierto, con dos especies distintas. El crecimiento acumulado en 2 años, del diámetro y altura total, fue 2,90 cm y 1,00 m, en plantación mixta con *Grevillea robusta*, y 4,22 cm y 1,95 m, en plantación mixta con *Pinus elliottii*.

FASSOLA et al. (2010b), informan que la sobrevivencia de *Toona* varió entre 19 y 60%. Los valores más bajos de fallas se dieron al interplantarla en forestación de *Grevillea* de tres años, y al efectuar menor intensidad de raleo de *Grevillea*. Atribuyeron la mortalidad a condiciones de estrés hídrico posteriores a la implantación. Al segundo año de control, los mayores valores de diámetro y altura de *Toona* se registraron en la interplantación de 2 y 4 años de *Grevillea*, en rangos de 3,0-3,4 cm y 4,1.6,2 m, respectivamente. Señalaron que a intensidades bajas a moderadas de *Grevillea* el crecimiento de *Toona* fue mayor.

PÉREZ y HAMPEL (2011), presentan los primeros resultados de sus investigaciones, a través de los Gráficos 6.3a y 6.3b. En ellos se exponen sintéticamente los crecimientos del DAP y área basal, dos años después de instalado el ensayo de intensidades de raleo en un rodal mixto en el campo “Nofal”.

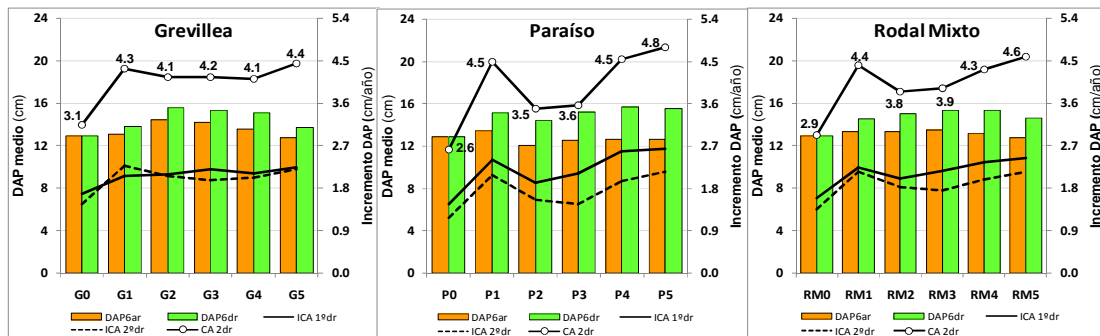


Gráfico 6.3a. Incrementos del diámetro (DAP), anuales y periódico durante dos años en rodal mixto, representados de manera conjunta y por cada especie componente

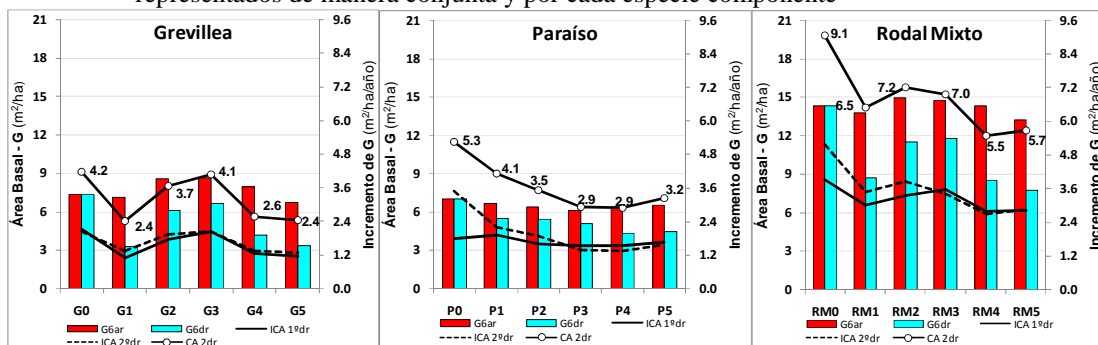


GRÁFICO 6.3b. Incrementos del área basal (G), anuales y periódico durante dos años en rodal mixto, representados de manera conjunta y por especie componente

DISCUSIÓN

Los métodos presentados en este trabajo difieren de los “métodos clásicos regionales de instalar plantaciones”. Al no formar parte de rutinas de aplicación masiva, exigen una silvicultura de “mayor atención técnica”. Sin embargo se las considera como alternativas interesantes, en especial si contribuyen a crear condiciones más favorables para el cultivo de las especies deseadas.

Plantación bajo Pino

La plantación de Toona bajo cubierta de Pino requiere mucho cuidado en el momento de los raleos sucesivos de Pino que se efectúan a medida que la Toona ya no requiere tanta protección. Cuanto más grande es el Pino, mayor el riesgo, pero también aumenta el rendimiento económico de la componente Pino. Es la alternativa más conveniente para el cultivo de Toona en zonas con alto riesgo de heladas.

Con el mayor distanciamiento entre líneas de plantación (y menor distancia en las líneas) de Toona el esquema de plantación se aleja de una “equidistribución”, debiéndose efectuar raleos precomerciales a edades prematuras. Sin embargo, se estima que este inconveniente será ampliamente compensado al alivianarse la extracción de los Pinos en raleos posteriores y por una disminución de daños en Toona.

En situaciones con microclima más benigno, plantaciones a cielo abierto son una alternativa interesante, ya que el crecimiento de Toona será mayor y el manejo más fácil.

Interplantación en regeneración de Pino

El manejo de regeneración de Pino se practica poco en la región, ya que difiere con los esquemas tradicionales de producción y no aprovecharía los “avances de mejoramiento genético” logrados en los últimos años. Pese a ello, cabe destacar que también con el manejo de la regeneración se ejerce una selección fuerte sobre material con aptitud comprobada en un lugar. Esta selección se podría incluso intensificar al reemplazar el raleo sistemático con una eliminación indiscriminada de más del 70% de los ejemplares (raleo en fajas con rolo o trituradora) por un raleo totalmente selectivo pero más costoso.

Además, se presenta como alternativa económica interesante comparada con plantaciones nuevas, ya que con 1 - 2 horas de skidder con rolo (USD 50/hora) y aproximadamente, 1 jornal de operario con motoguadaña o motosierra (USD 100/día), se logra establecer una “plantación de 3 años”, por alrededor de USD 200/ha. El costo comparativo de “eliminación de la regeneración” + “preparación de sitio” + “plantación de Pino (mejorado)” + “cuidados durante 3 años”, es del orden de los USD 2.000/ha.

La interplantación parece promisoría para los siguientes grupos de especies:

1. Sensibles a heladas y/o con tendencia de fustes malformados a cielo abierto (*Toona ciliata*; *Enterolobium contortisiliquum*). Que tengan la capacidad para “escapar” del Pino gracias a su crecimiento rápido, ya que es baja la intensidad y frecuencia de intervenciones para “manejo de competencia”. En el sistema se dejan las plantas de Pino hasta que alcancen diámetros comerciales.

2. Con necesidad de protección durante mucho tiempo y/o capacidad de permanecer bajo cubierta por varios años (p.e *Aspidoserma australe*). Permiten baja frecuencia e intensidad de raleos de Pino y su uso comercial.

3. De experimentación y sin antecedentes suficientes (es el caso de muchas nativas). En el caso de no prosperar, aún se podría continuar manejando los Pinos en vez de realizar reposición de plantas.

Según las primeras experiencias se considera oportuno preparar solamente cada segunda o tercera línea entre Pinos para la interplantación, ya que de este modo no solamente se reducirán los costos de plantación, sino también se facilitan los raleos posteriores de Pino.

Dándose un desarrollo exitoso de las especies interplantadas (de mayor valor), los Pinos se eliminarán sucesivamente en los distintos raleos. En los casos donde no prosperan los ejemplares interplantados, se mantienen los Pinos y se pueden podar ejemplares de buen porte. En este caso, el rol del Pino cambia de “vegetación matriz” y “bosque auxiliar” a una función de “árbol seguro”.

El hecho de trabajar con “genética vieja” no se considera como inconveniente. Al contrario, un crecimiento algo menor del Pino puede hacerlo “más compatible” con las especies interplantadas y atenuar una potencial dominancia del Pino (costoso en corregir).

Plantaciones mixtas

Queda por demostrarse si los esfuerzos adicionales de las plantaciones mixtas se recompensan por mayor seguridad, crecimiento, flexibilidad comercial, cuidado de suelo, etc. Como se mencionó en la

revisión bibliográfica, la mayoría de los trabajos expresan que las zonas subtropicales son favorables para plantaciones puras y relativiza las posibles bondades de las plantaciones mixtas. En el caso presente, la amenaza latente de las plantaciones de *Melia azedarach* por un decaimiento (*Melia's Yellow*, causado por fitoplasma) llevó a la decisión de iniciar plantaciones mixtas con *Grevillea robusta*, ya que aparte de la minimización de riesgos se supuso que características complementarias de las especies (*Melia azedarach*: raíz superficial, copa globosa; *Grevillea robusta*: raíz más profunda, copa cónica) podrían llegar a aumentar la producción. El concepto de las plantaciones mixtas se extendió a otras especies y se siguen comparando los resultados con plantaciones puras de las especies respectivas.

La interplantación de *Toona* con *Grevillea robusta* joven resultó positiva. Los resultados señalan que al efectuarse un reemplazo del 25-50% con *Toona*, se obtienen buenos crecimientos y protección de ésta. Es decir, estas densidades habrían propiciado un efecto facilitador en el desarrollo de la *Toona ciliata*.

Al evaluarse el crecimiento diamétrico de la componente "Grevillea", en el ensayo realizado en rodal de campo "Nofal", se destaca la llamativa homogeneidad de las respuestas de las parcelas, salvo el menor incremento registrado en la parcela testigo (G0). En el caso del "Paraíso" merece señalarse que: a) En todas las parcelas el incremento diamétrico durante el primer año posterior al raleo fue superior al registrado durante el segundo año de control. b) Se aprecia la sensibilidad de la especie a la intensidad del raleo y consecuente apertura del bosque. En las parcelas con mayor intensidad de raleo (55% de la densidad existente al 6º año del rodal, en modalidades de raleo controlado y libre – P4 y P5, respectivamente) los incrementos diametrales fueron los más altos. Entre ellas, las respuestas son similares. Esta capacidad de la especie para aprovechar la drástica reducción de la competencia forestal en rodal mixto ya fue informado por PÉREZ y HAMPEL (2010), en un ensayo de raleo en bosque mixto (densidad inicial 833 pl/ha), realizado a la edad de 6,5 años.

En la evaluación conjunta de ambas especies, como rodal mixto, se aprecia que las formas y tendencia de las líneas de representación del incremento diamétrico están fuertemente influenciadas por las respuestas del "Paraíso".

CONCLUSIONES

La plantación bajo cubierta de Pino, entre regeneración de Pino y la instalación de cultivos forestales mixtos son métodos con pocos antecedentes regionales. Sin embargo, los primeros resultados preliminares señalan que son promisorios para el cultivo de especies sensibles a heladas y/o propensas a formas no-deseables (en plantaciones a cielo abierto) o de poca experiencia en la zona. Todavía faltan experiencias acerca del manejo en etapas más avanzadas del ciclo y cabe destacar que se trata de silvicultura exigente con respecto a la intensidad de la atención técnica.

Hasta el presente, la especie *Grevillea robusta* demostró tener condiciones para acompañar y contener a especies más delicadas o sensibles en sistemas de plantación mixta o interplantación.

En plantación joven, mixta de *Melia azedarach* y *Grevillea robusta*, la mejor intensidad de raleo estaría entre 35 y 45% de la densidad, que permite alcanzar mayor eficiencia en la combinación del crecimiento del DAP y área basal. Las investigaciones sobre plantaciones mistas continuarán, examinándose dichas variables y otras, e introduciendo nuevas fuentes de experimentación, a fin de profundizar y precisar el conocimiento con relación a las interacciones interespecíficas.

BIBLIOGRAFÍA

- ANONYMOUS **The Forestry Compendium**. CABI Publishing, London, 1 CD. 2000.
- BRASSIOLO, M. M. **Avaliação da Regeneração Natural de *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii* na Floresta Nacional de Capão Bonito, Sp.** Universidad Curitiba, 112 p. 1988.
- BURSCHEL, P.; HUSS, J. **Grundriss des Waldbaus**. Parey-Verlag, Berlin, 487 p. 1997.
- CABRELLI, D. Resumen (inédito) de las actividades de investigación del Grupo de Regeneración Natural de Pinos Subtropicales (GRNPS); Cátedra de Dasonomía, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 8 p. 1999.
- COZZO, D. **Silvicultura de Plantaciones Maderables**. orientación Gráfica Editora S. R. L., Buenos Aires, 905 p. 2 tomos. 1995.
- CRECHI, E.; HENNIG, A.; DOMEQ, C.; KELLER, A.; FASSOLA, H.; HAMPEL, H.; EIBL, B. Crecimiento de 3 especies latifoliadas nativas bajo dosel de Pino y a cielo abierto hasta los 12 años de edad. Jornada de Silvicultura de Bosques Mixtos. Misiones, Argentina. 3 p. 2010.
- DORDEL, J. **Effects of Nurse Tree Species on Growth Environment and Physiology of underplanted *Toona ciliata* Roemer in Subtropical Argentinean Plantations**. PhD-thesis University of British

Columbia, Vancouver, 130 p. 2009.

EVANS, J. **Plantation Forestry in the Tropics**. Clarendon Press, Oxford, 403 p. 1996.

FASSOLA, H.; CRECHI, E.; HAMPEL, H.; HENNIG, A.; KELLER, A.; PEREZ, V.R. Antecedentes y potencialidades de los bosques mixtos en el NE Argentino. Jornada de Silvicultura de Bosques Mixtos. Misiones, Argentina. 8 p. 2010a.

FASSOLA, H.; CRECHI, E.; KELLER, A.; DOMEQ, C.; HAMPEL, H.; HENNIG, A.; PACHAS, A. Efecto facilitador de *Grevillea robusta* sobre *Toona ciliata* en bosques mixtos juveniles en el sur de la provincia de Misiones. Jornada de Silvicultura de Bosques Mixtos. Misiones, Argentina. 6 p. 2010b.

GAYER, K. **Der gemischte Wald**. Parey-Verlag, Berlin, 168 p. 1886.

GROSSKLAUS, L.E. Estudio del comportamiento y crecimiento de *Toona ciliata* en plantaciones mixtas. Tesina de Carrera Ingeniería Forestal (UNaF). Dir. V.R. Pérez. Codir. H. Hampel. 95 p. 2009.

LAMPRECHT, H. **Waldbau in den Tropen**. Parey-Verlag, Hamburg, Berlin, 318 p. 1986.

LOEWE, M. V.; GONZÁLEZ, O. M. Plantaciones mixtas. Un modelo productivo con potencial para Chile. Instituto Forestal, 299 p. 2006.

MAYHEW, J.E.; NEWTON, A.C. **The Silviculture of Mahogany**. CABI Publishing, Willingford, 226 p. 1998.

OTTONE, J. R. **Árboles Forestales**. Editorial AGRO VET S.A., Buenos Aires, 571 p. 1993.

PÉREZ, V.R.; HAMPEL, H. Efectos del raleo en el crecimiento del diámetro y área basal en plantación mixta de *Melia azedarach* L. y *Grevillea robusta* A. Cunn. XIV Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, Universidad Nacional de Misiones. Argentina. 9 pp. 2010.

PEREZ, V.R.; HAMPEL, H. Manejo de la densidad en rodal mixto de *Melia azedarach* y *Grevillea robusta* y sus efectos en el crecimiento del diámetro y área basal. XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos (Argentina). 11 p. 2011.

WADSWORTH, F.H. Forest Production for Tropical America. Agriculture Handbook 710, Forest Service, United States Department of Agriculture, 563 p. 1997.