



AMOSTRAGEM DE ÁRVORES PARA ESTUDOS TECNOLÓGICOS DA MADEIRA PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE: TAMANHO DA AMOSTRA, NÚMERO MÍNIMO DE REPETIÇÕES E VARIABILIDADE DAS PROPRIEDADES PARA UM CLONE DE EUCALYPTUS SALIGNA SMITH

TREES AND WOOD SAMPLING FOR KRAFT PULPING STUDIES ON EUCALYPTUS: SAMPLE, SIZE, NUMBER OF REPLICATIONS AND VARIABILITY OF WOOD AND PULPING CHARACTERISTICS IN AN EUCALYPTUS SALIGNA SMITH CLONAL FOREST

Dorotéia Maria Martins Flores
Gabriel Valin Cardoso
Celso Edmundo Bochetti Foelkel
Sonia Maria Bitencourt Frizzo

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
Português / Portuguese



AMOSTRAGEM DE ÁRVORES PARA ESTUDOS TECNOLÓGICOS DA MADEIRA PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE: Tamanho da amostra, número mínimo de repetições e variabilidade das propriedades para um clone de *Eucalyptus saligna* Smith

Dorotéia Maria Martins Flores

Gabriel Valin Cardoso

Celso Edmundo Bochetti Foelkel

Sonia Maria Bitencourt Frizzo

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS-Brasil

RESUMO

Esse trabalho objetivou conhecer a variabilidade entre árvores clonais de *Eucalyptus saligna* plantadas em um mesmo sítio, estudar a densidade básica e a composição química da madeira e a sua conversão em celulose kraft. Procurou-se também definir o número mínimo de árvores a amostrar (tamanho da amostra) e o número de repetições a adotar para garantir qualidade e confiabilidade nas decisões. Com base nos resultados obtidos, chegaram-se às seguintes conclusões: apesar de ser um povoamento monoclonal de mesmo sítio, mesma idade, mesmo genoma, foram notadas variações significativas entre árvores para algumas propriedades; o *Eucalyptus saligna* apresentou baixa e homogênea densidade básica, de forma que 7 árvores, a 95% de significância, mostraram-se suficientes para estimá-la; para rendimentos em conversão à celulose são necessárias 13 a 14 árvores para serem representativas da população; para as determinações de densidade básica recomenda-se repetir 3 vezes a análise para cada material/árvore para melhor precisão e confiabilidade do valor médio; para conversão à celulose, o número de cozimentos a serem repetidos por tipo de material deve ser cinco; para real representatividade da amostragem, o número de árvores a amostrar é função da característica avaliada, do número de repetições com que se analisa essa característica, com o nível de significância e com a precisão/erro que se deseja cometer. O trabalho sugere ao final uma metodologia rotineira para amostragem de árvores e madeira para os estudos de melhoramento da qualidade da madeira de eucaliptos para produção de celulose.

Palavras-chave: Madeira, melhoramento, *Eucalyptus saligna*, amostragem, celulose kraft.

TREES AND WOOD SAMPLING FOR KRAFT PULPING STUDIES ON *Eucalyptus*: Sample size, number of replications and variability of wood and pulping characteristics in an *Eucalyptus saligna* Smith clonal forest

SUMMARY

The objectives of this study were the understanding of clonal trees variability and to propose a sampling procedure for trees and wood. The evaluated species was *Eucalyptus saligna* planted in a monoclonal forest. All trees were at the same site, same age and had the same genoma. The evaluated properties were: wood basic density, wood chemical composition and kraft pulping properties. Based on the variability among trees, it was possible to estimate the required number of trees to be sampled for each characteristic. Based on the within-procedure variability, it was possible to suggest the number of replications to guarantee more reliable averages. Sample size is dependent on the evaluated property under consideration, with the number of replications, and with the levels of significance and accuracy. The following main conclusions could be drawn: significant variability could be noticed for some properties, what leads, in these cases, to the need of a large number of trees to represent the population; wood basic density was found to be homogeneous and below the standards for the *Eucalyptus saligna* wood; at 95% significance level, the sample size for wood basic density was 7 trees; for pulping evaluation, a sample size of 13-14 trees is recommended at the same level of significance; for wood density the suggested number of replications/material is three; for kraft pulping studies, five cooks of each material/sample is recommended. At the end, the authors have a suggestion about trees and wood sampling procedures to studies oriented to *Eucalyptus* wood quality breeding for kraft pulping.

Key words: Wood, breeding, *Eucalyptus saligna*, sampling, kraft pulping.

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas na pesquisa tecnológica é a seleção de uma amostra representativa da população a testar para garantir qualidade nas decisões. O tamanho da amostra depende da variabilidade da propriedade avaliada, do número de repetições com que se analisa essa propriedade, com o nível de significância e com a precisão/erro que se deseja cometer.

O objetivo dessa pesquisa foi estudar essas possíveis causas de erros na amostragem de árvores de *Eucalyptus saligna* para produção de celulose.

É sabido que a moderna ciência florestal se alicerça em programas de melhoramento da madeira para fins tecnológicos. Por outro lado, o que assusta e causa preocupação, é que a

amostragem das árvores e da madeira tem sido feita de forma empírica, pouca científica e com base em pouquíssimos indivíduos. Além disso, frente à complexidade e ao tempo consumido pelos ensaios, a maioria dos pesquisadores opta por adotar poucas repetições para avaliar os tratamentos em teste. Por isto, são muito grandes as chances de se cometerem erros graves nas decisões de seleção de árvores superiores ou clones superiores frente às características desejadas pelo programa de melhoramento da qualidade da madeira.

Os dois principais tipos de erros que resultam da pesquisa mal realizada são: aceitar como bons e selecionar materiais inferiores para continuar o programa de melhoramento florestal; rejeitar materiais superiores por insuficiência na qualidade das decisões. Desses dois tipos de erros, o mais perigoso é o primeiro. Além de ser oneroso, ao longo prazo, é dramático para a empresa florestal. Rejeitar materiais superiores também é uma lástima, mas não é tão grave, caso outros materiais superiores tenham sido selecionados com grande chance de sucesso e acerto.

O pesquisador florestal sempre se vê envolvido com esses dois tipos de erros e a tendência é dele se inclinar a cometer o erro mais grave. Trabalhando com populações muito grandes, o pesquisador se encanta com a possibilidade de testar muitos indivíduos e cometer pecados estatísticos sérios para avaliá-los.

Muitas empresas florestais têm buscado seus programas de melhoramento em seleção de clones e propagação vegetativa desses clones superiores. Um mesmo genoma selecionado é multiplicado milhares ou milhões de vezes. Qualquer erro na sua seleção e o dano econômico ou qualitativo tem progressão epidêmica.

Muitos pesquisadores acreditam que clones são indivíduos com mesmo genoma e quando plantados em um mesmo sítio, devam mostrar baixa variabilidade entre árvores. Cometem às vezes o exagero de analisar uma única árvore de um povoamento clonal para decidir sobre a aceitação ou não do clone para plantio comercial. Pior ainda quando, além de se amostrar uma única árvore, analisam-se suas características tecnológicas e dendrométricas tendo por base uma única determinação (ou "repetição" única).

A expressão de uma determinada característica de uma árvore, de uma madeira ou da celulose obtida dela é função do genoma (carga genética) e do ambiente que afetou a manifestação desse genoma. O problema é que muitos dos pesquisadores vêm o ambiente com uma visão limitada de sítio/clima/solo. Esquecem que existem inúmeras outras interferências ambientais como a qualidade das mudas, a forma como foram plantadas, a competição com as plantas invasoras, o ataque diferenciado de insetos, o pisoteio por animais, a quantidade de água disponibilizada, a incidência de ventos, a face do solo exposta ao sol, a declividade do terreno, entre outros.

O presente trabalho foi realizado para conhecer a variabilidade entre árvores clonais de *Eucalyptus saligna* plantadas em um mesmo sítio, estudando a densidade básica, a composição química da madeira e as propriedades da celulose kraft, além de complementar estudos anteriores (FLORES, et al., 1998; FLORES, 1999). A partir dessas variabilidades, procurou-se determinar o tamanho das amostras e o número mínimo de repetições nas avaliações tecnológicas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Variabilidade das propriedades da madeira e celulose e dimensionamento do tamanho da amostra

No Brasil e no Rio Grande do Sul, a indústria de celulose tem usado com sucesso o gênero *Eucalyptus* como principal fonte de matéria-prima para produção de celulose, devido à sua capacidade de adaptação edafoclimática, seu rápido crescimento e a qualidade dos produtos obtidos (VALERA & KAGEYAMA, 1988; KIKUTI & NAMIKAWA, 1990).

Conforme WEHR (1991), as variações existentes nas diferentes espécies de *Eucalyptus* e em diversas regiões do Brasil são devidas, principalmente, a distintas procedências de sementes, clima, solo, técnicas de manejo florestal, entre outras causas. Assim, as indústrias de celulose, ao utilizarem madeiras com diferentes qualidades, precisam conhecer as implicações destas variações em seus processos de produção. As variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies. Por outro lado, dentro da mesma espécie elas também ocorrem, em função da idade, fatores genéticos e ambientais (TRUGILHO et al., 1996).

Existe uma série de variáveis dentro do gênero que influenciam na produção de celulose tais como: espécie, idade, forma da árvore, qualidade silvicultural e qualidade da madeira, mas os principais determinantes destas madeiras para produção de celulose são a densidade básica (Db) e os extrativos químicos, que influenciam diretamente nos processos químicos e semi-químicos (MEZZOMO, 1995). Para BUSNARDO et al. (1987) a densidade da madeira é uma característica bastante complexa, resultante da combinação de diversos fatores, tais como anatômicos, físicos e químicos. A respeito de variabilidade da densidade básica, deve-se considerar as variações existentes entre gêneros, entre espécies pertencentes ao mesmo gênero, bem como entre e dentro de árvores de um povoamento de mesma espécie.

A densidade básica da madeira é influenciada por diversos fatores, tais como: espessura da parede celular, quantidade de vasos e de parênquima, dimensões da fibra, teor de extrativos, origem de semente, condições edafoclimáticas, sistema de implantação e condição da floresta. Ela varia significativamente em função da taxa de crescimento, local de origem, espaçamento, com a idade, procedência, entre gêneros, espécie, entre árvores da mesma espécie e ainda dentro da mesma árvore no sentido base-topo e medula-casca (FOELKEL et al., 1975; FERREIRA & KAGEYAMA, 1978; ROCHA et al., 1983; TOMAZELLO FILHO, 1985; SOUZA et al., 1986; BUSNARDO et al., 1987; KIBBLEWHITE et al., 1998).

Segundo FERREIRA & KAGEYAMA (1978), as indústrias que utilizam a madeira de eucalipto como matéria-prima sempre necessitam de informações básicas quanto às suas qualidades. Por isto, o estudo da variabilidade da densidade é altamente importante para a determinação da adequação da madeira à finalidade desejada.

A utilização de clones para a formação de florestas possibilita maior homogeneização da matéria-prima, a ser utilizada pela indústria. Os clones significam também uma forma rápida e eficiente de se obter ganhos genéticos e econômicos (FOELKEL & ASSIS, 1995).

Há por parte dos pesquisadores, uma preocupação em quantificar o número de árvores a amostrar para representar uma determinada população florestal em função da característica tecnológica da madeira e da celulose (FONSECA et al., 1996). É critério da indústria a seleção das propriedades, visando a qualidade da polpa a ser produzida para atender às exigências do mercado consumidor.

2.2. Erros metodológicos, precisão das determinações e números de repetições a adotar

Toda vez que uma determinada propriedade ou característica é medida, existem diversas possibilidades de erros (GUENTHER, 1965). A partir dessas constatações, toda uma ciência conhecida como confiabilidade metrológica foi desenvolvida. Alguns desses erros se devem à própria variação na metodologia; outros são erros sistemáticos cometidos pelo analista ou pelo equipamento de ensaio; outros são devidos às variações nas condições ambientais do local de ensaio; etc. Para minimizar o efeito desses erros nas decisões experimentais, o pesquisador trabalha com repetições, valores médios e medidas de dispersão, como desvio padrão, coeficiente de variação, variância, etc. (RAMSDELL, 1981).

Em geral, o pesquisador desconhece a dimensão do erro metodológico ou não está consciente que ele existe. Por este motivo, acaba por acreditar que está a lançá-lo como erro do acaso ao aplicar as análises estatísticas de comparação entre médias. É muito comum existirem erros metodológicos tão expressivos, que acabam interferindo na significância dos tratamentos em estudo. São comuns erros tais como:

- a) não usar aleatoriedade nos ensaios;
- b) mudar o analista ou se trabalhar com diversos analistas sem procurar “aferi-los”;
- c) executar análises e amostras em blocos e analisá-las como se fossem inteiramente casualizadas;
- d) realizar as avaliações de todas as repetições de um único tratamento de uma vez só;
- e) usar ANOVA em tratamentos com variâncias completamente diferentes;
- f) executar as avaliações de forma sazonal, ou melhorar explicando, em um determinado período de tempo analisar um tratamento, em outro período, com outras características ambientais, avaliar outro tratamento, etc.

Observar que as chances de erros nas decisões são inúmeras para um pesquisador desatento ou tenha feito um planejamento experimental inadequado (GUENTHER, 1965; FREESE, 1967; RAMSDELL, 1981). É por este motivo que o conhecimento adequado da variabilidade da metodologia de ensaio é essencial para se saber o número de repetições a adotar e se garantir confiabilidade, precisão e certeza nos resultados e nas decisões que emergem das pesquisas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A espécie estudada é proveniente de um mesmo povoamento clonal de *Eucalyptus saligna* Smith, com 92 meses de idade, plantado no horto florestal Barba Negra, localizado no município Barra do Ribeiro – RS. As análises foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Maria, e nos laboratórios do Centro Tecnológico da empresa RIOCELL S.A.

3.1. Variabilidade entre árvores e determinação do número de árvores a amostrar

Para amostragem, foi escolhido um talhão monoclonal de *Eucalyptus saligna*. Dentro deste, foi delimitada a parcela contendo 15 linhas e 15 árvores por linha, com espaçamento por árvore de 9 m², evitando-se linha de bordadura. Após, foram marcados os indivíduos dentro da parcela, onde numeraram-se as linhas de 1 a 15 e dentro das linhas sortearam-se aleatoriamente os indivíduos a serem amostrados. Para cada linha sorteou-se uma árvore, tendo sido, no total, 15 árvores amostradas. Após a derrubada das árvores, foram retirados dois discos por posição no tronco, com espessura de 2,0 - 2,5 cm, nas seguintes posições: a 50 cm da base, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, sendo este último com diâmetro mínimo de 6 cm (com casca). Para a retirada dos discos utilizou-se plástico a fim de evitar o contato dos mesmos com o solo, e assim, possíveis contaminações. Estes discos foram identificados e numerados conforme a árvore e posição da mesma. As medições do diâmetro do cerne, albarno e casca foram feitas com os discos ainda úmidos sendo após secos ao ar. De cada árvore foram separados os primeiros discos por altura, de onde foram retiradas três cunhas com 45 graus em cada posição; duas opostas, para a determinação da densidade básica, e a terceira para as análises químicas da madeira. O segundo disco por altura foi destinado para os cozimentos (processo kraft) e produção de celulose.

Para a determinação da densidade básica da madeira, selecionou-se um disco por altura, e deste retiraram-se duas cunhas opostas, fracionadas em cerne e albarno para a obtenção da densidade básica, pelo método de imersão, segundo VITAL (1984). Foram feitas as determinações da densidade básica média da árvore sem casca, do albarno e do cerne, segundo a metodologia RIOCELL (1983).

Para o estudo das análises químicas da madeira, selecionou-se uma cunha por posição sendo transformada manualmente em cavacos e posteriormente moída, sendo as serragens resultantes por árvore, misturadas e classificadas através de peneiras vibratórias, em partículas com granulometria de 40/60 mesh, de acordo com a metodologia da Technical Association of Pulp and Paper Industry (TAPPI 264 om-88). Foram adotadas três repetições por material representativo de cada árvore, sendo que as determinações realizadas sobre a serragem foram as seguintes: teor de extrativos em diclorometano - International Organization for Standardization (ISO 624: 1974), teor de lignina - TAPPI 222 om-88 e ISO 624:1974, teor de cinzas - TAPPI 211 om-93.

Para o processo de cozimento kraft foram utilizados os segundos discos por posições. Estes discos foram fracionados em quatro quadrantes, sendo que para o cozimento foram utilizados um quadrante por posição, por árvore. Cada quadrante coletado a cada altura foi transformado manualmente em cavacos. Os cavacos foram misturados de forma que para os cozimentos, os materiais continham cavacos de um quadrante por altura para ser representativo da árvore toda. A seguir, foram acondicionados em sacos plásticos, identificados conforme a árvore e o quadrante, possibilitando assim a realização de no mínimo três cozimentos por árvore. Os cozimentos foram realizados em autoclave laboratorial com sistema de células (Modelo–AU/E–20), de acordo com a metodologia RIOCELL (1997). As condições dos cozimentos foram: álcali ativo 18,5% base NaOH, sulfididade 20%, relação licor/madeira 4:1, temperatura máxima 170°C, tempo até a temperatura máxima 90 minutos, tempo à temperatura máxima 60 minutos.

Ao final do período de cozimento, após retiradas as células, foi coletado o licor negro para as análises. A polpa em seguida sofreu uma depuração e lavagem. Foram adotadas as seguintes metodologias para análises dos licores de cozimento: pH de acordo técnica potenciométrica (ADAD, 1982), álcali ativo consumido base madeira de acordo com TAPPI 625 om-85 e para análises da celulose: rendimentos bruto e depurado (RIOCELL, 1997), determinação da alvura (ISO 2470: 1977), determinação do número kappa (ISO 302: 1981), determinação da solubilidade em NaOH_{5%} (ISO 692: 1982), determinação da viscosidade (ISO 5351 – 1: 1981). Todas as análises das polpas foram realizadas nas celuloses não branqueadas.

Para a determinação do número mínimo e estimado de árvores, foi utilizada a fórmula adaptada e expressa por $N = [(t_{1-\alpha/2} \cdot DP) \div (IC \div 2)]^2$, onde: N = Número mínimo e estimado de árvores a amostrar no povoamento para cada tipo de análise; t = valor estatístico “t” de Student, considerando a amostra de 15 árvores no estabelecimento do intervalo de confiança, $t_{90\%} = 1,761$; $t_{95\%} = 2,145$; DP = Desvio padrão; IC = Amplitude do intervalo de confiança, com valor pré-estabelecido, em função do conhecimento tecnológico e do nível de precisão desejado (GUENTHER, 1965; FREESE, 1967).

3.2. Erro metodológico e estimativa do número de repetições

A amostragem foi feita no mesmo talhão monoclonal de *Eucalyptus saligna*. Dentro desse, foi escolhida uma única árvore com boas características silviculturais (forma, sanidade, retidão do fuste, etc) e com diâmetro à altura do peito com casca próximo à média das 15 árvores colhidas para a fase anterior da pesquisa (cerca de 22 cm). Essa árvore foi abatida e seccionada em discos colhidos às mesmas alturas pré-estabelecidas de 50 cm da base, 25%, 50%, 75%, 100% da altura comercial. Os discos foram colhidos da mesma forma que no item 3.1, exceto que de cada altura eram retirados 30 discos. Dessa forma, era possível se constituir 10 árvores “hipotéticas”, com 15 discos colhidos por “árvore”, sendo 3 a uma das cada alturas. Chamou-se cada árvore hipotética de uma repetição para a mesma árvore real. Um único analista executou todas as medições das propriedades analisadas, não se alterando equipamentos ou formas/procedimentos analíticos.

Para cada repetição, foram analisadas as densidades básicas da madeira (árvore comercial integral, cerne da árvore comercial integral e alburno da árvore comercial integral). Igualmente, para cada repetição produziu-se celulose kraft. Ao término dos cozimentos analisaram-se rendimentos em conversão, número kappa, alvura, viscosidade intrínseca, solubilidade em NaOH_{5%} e análises dos licores residuais. As únicas diferenças em relação à fase anterior eram a quantidade de cavacos por cozimento e o modelo de autoclave Regmed. Ao invés de um quadrante por disco a cada altura pré-fixada, foram utilizados dois discos por altura. Significa que cada cozimento (ou repetição) era feito pela designificação de 10 discos, perfazendo algo como 2 kg de amostra seca de cavacos manuais. A autoclave utilizada era Regmed, mas do modelo sem células, com um volume útil para o cozimento de 20 litros. As condições de cozimento foram as mesmas adotadas para o item 3.1

Não foram feitas determinações da composição química da madeira (teor de lignina, extrativos em DCM e cinzas) como no item anterior.

O número total de repetições foi de dez. Logo, a mesma árvore foi avaliada dez vezes no que diz respeito às densidades básicas da madeira e propriedades da celulose e licores residuais do cozimento. Para cada propriedade analisada determinaram-se média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação.

Para a determinação do número de repetições foi utilizada a mesma fórmula adaptada a partir de GUENTHER (1965) e FREESE (1967) e expressa por: $n = [(t_{1-\alpha/2} \cdot DP) \div (IC \div 2)]^2$, onde: n = Número de repetições a adotar; t = valor estatístico “t” de Student, considerando a amostra de 10 “árvores hipotéticas”, $t_{90\%} = 1,833$; $t_{95\%} = 2,262$; GI = Graus de liberdade, igual a 9; DP = Desvio padrão; IC = Amplitude do intervalo de confiança ou amplitude máxima para que a média verdadeira esteja contida na mesma, tendo em vista o nível de significância adotado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variabilidade das propriedades tecnológicas da madeira/celulose e estimativa do número mínimo de árvores a amostrar (tamanho da amostra)

Em razão da ocorrência de variações entre árvores para as características silviculturais e propriedades da madeira e da polpa, o número de árvores a serem amostradas para representar uma população é de extrema importância. O número de árvores variou em função da característica avaliada, variabilidade da propriedade e do intervalo de confiança pré-estabelecido (IC), do número de repetições adotado e do nível de significância desejado.

A Tabela 1, refere-se à média geral, coeficiente de variação (CV), desvio padrão (DP), intervalo de confiança (IC) e número mínimo e estimado de árvores a amostrar ($N_{90\%}$ e $N_{95\%}$) para densidade básica da árvore integral sem casca, cerne e alburno para espécie estudada.

TABELA 1 – Média geral, coeficiente de variação (CV), desvio padrão (DP), intervalo de confiança (IC) e número mínimo e estimado de árvores a amostrar ($N_{90\%}$ e $N_{95\%}$) para densidade básica.

<i>Variáveis</i>	<i>Média geral (g/cm³)</i>	<i>CV (%)</i>	<i>DP</i>	<i>IC</i>	<i>N_{90%}</i>	<i>N_{95%}</i>
Db da árvore integral sem casca	0,404	2,29	0,009	±0,01	5	7
Db do alburno integral na árvore	0,404	2,75	0,011	±0,01	6	8
Db do cerne integral na árvore	0,404	2,92	0,012	±0,01	6	9

Observa-se que os resultados médios encontrados para densidade básica da madeira, alburno e cerne, foram de 0,404 g/cm³ para ambas as variáveis. Este resultado é inferior ao normalmente verificado por outros autores, ficando abaixo da faixa (450 a 550 kg/cm³) sugerida por FOELKEL (1978). Segundo GONZAGA (1983) e SOUZA et al. (1986), esta característica não impede a madeira de ter um bom potencial celulósico, pois consome menos álcali no cozimento, apresentando condições mais fáceis de branqueamento, já que gera menor quantidade de rejeitos e no final do processo resulta em um rendimento possivelmente mais alto.

Na Tabela 1, pode-se observar uma variação de 2,29; 2,75 e 2,92% no coeficiente de variação para as 15 árvores que, embora pequena, foi expressiva em se tratando de árvores com o mesmo genótipo. Ainda nesta Tabela são apresentados os números necessários de árvores a 90 e 95% de probabilidade ($N_{90\%}$ e $N_{95\%}$). A quantificação do número de árvores a serem amostradas e dentro do IC pré-estabelecido ($N_{95\%}$) para a característica densidade básica resultou em de 7, 8, e 9 árvores para madeira integral, alburno e cerne, respectivamente, para representar estas características no povoamento clonal de *Eucalyptus saligna*.

FONSECA et al. (1996) estudando população híbrida de *E. grandis* (Rio Claro - SP) vs *E. urophylla* (Aracruz - ES) cita que para representar a amostragem da população para densidade básica da madeira são necessárias 20 árvores. Já para população híbrida de *E. grandis* (Rio Claro-SP) foram necessárias 10 árvores.

Valores de densidade básica superiores aos encontrados por este estudo são relatados por SOUZA et al. (1986) que verificaram uma densidade da madeira de 0,508 g/cm³. Já LIMA et al. (1993) encontraram valores para densidade básica de 0,522 g/cm³. Densidade básica variando entre 0,445 a 0,467 g/cm³ para o *Eucalyptus saligna* na faixa de 6 a 8 anos, são relatados por FERREIRA (1996), MEZZOMO (1995) & SILVA JUNIOR (1996). FREDDO (1997) encontrou valores de 0,453 g/cm³ para árvores com 52 meses de idade e plantadas na mesma região geográfica do povoamento amostrado nessa pesquisa. Deve-se ressaltar que existem idades diferentes na comparação dos resultados.

As médias, o coeficiente de variação, o desvio padrão e o intervalo de confiança e número mínimo e estimado de árvores a amostrar, obtidos para teores de extrativos em diclorometano (DCM), de lignina e de cinzas para a espécie estudada são apresentados na Tabela 2.

O teor de extrativos apresentou uma grande variabilidade (CV = 30,87%) entre árvores. Esta variação pode ser devido aos fatores ambientais (FONSECA et al., 1996). O tamanho da amostra para teor de extrativos em DCM para representar esta característica na população, dentro do IC pré-estabelecido à 95% de significância foi de 11 árvores. Isso é função da alta variabilidade dos dados e

da amplitude exigida no intervalo de confiança. É possível que parte do problema esteja na própria metodologia de preparação da serragem de madeira.

TABELA 2 – Média geral, coeficiente de variação (CV), desvio padrão (DP), intervalo de confiança (IC) e número mínimo e estimado de árvores a amostrar ($N_{90\%}$ e $N_{95\%}$) para as análises químicas da madeira.

Variáveis	Média geral (%)	CV (%)	DP	IC	$N_{90\%}$	$N_{95\%}$
Teor de extrativos em DCM	0,67	30,87	0,21	±0,15	8	11
Teor de lignina	20,47	4,55	0,93	±1,0	5	6
Teor de cinzas	0,31	19,10	0,06	±0,05	6	9

Pode-se observar na Tabela 2, que o povoamento apresentou um elevado teor de extrativos em DCM (0,67%). Esta tendência também foi verificada por FOELKEL et al. (1992). Resultados semelhantes são relatados por COSTA et al. (1997) para o *E. citriodora* que apresentou 0,62% de teor de extrativos em DCM. Por outro lado, valores inferiores para *E. saligna* foram observados por FERREIRA (1996), LIMA et al. (1993) e MEZZOMO (1995), que verificaram valores de 0,17; 0,18 e 0,23%, respectivamente.

Como mostra a Tabela 2, o teor de lignina na amostra de *Eucalyptus saligna* apresentou uma média de 20,47%. Este resultado é inferior aos verificados por FOELKEL & SANI (1977), LIMA et al. (1993) e por FERREIRA (1996) e sendo os valores obtidos de 26,3; 23,3% e 26,08% para o *Eucalyptus saligna*, respectivamente. Esta madeira apresentou valores de lignina considerados baixos. Isto proporciona uma melhor deslignificação no cozimento kraft. Conseqüentemente, a deslignificação é favorecida para se atingir números kappa baixos e maiores alvuras das celuloses marrons, o que concorda com MEZZOMO (1995).

Em relação ao tamanho da amostra para um IC pré-estabelecido, pode-se verificar na Tabela 2, que o $N_{95\%}$ foi de 6 árvores para representar o teor de lignina no povoamento clonal de *E. saligna*, o que confirma uma alta precisão (CV = 4,55%) dos dados do presente trabalho.

Na Tabela 2, verifica-se uma média de 0,31% para teor de cinzas, ficando esta dentro da faixa de 0,1 a 1,0% citada por BARRICHELO & BRITO (1976). Esses autores encontraram valores entre 0,2 a 0,4% para o *Eucalyptus saligna*. Em termos de teores de cinzas presentes na madeira de *E. saligna*, esta quantidade é perfeitamente usual e não é motivo de preocupação quanto a eventuais problemas que possa trazer no processo de fabricação de celulose.

Valores para teores de cinzas, semelhantes a este trabalho foram determinados por FOELKEL & SANI (1977) e por LIMA et al. (1993) sendo de 0,30%. Percentagens maiores de cinzas são relatadas por VITAL et al. (1994), FERREIRA (1996) e FREEDO (1997) e sendo 0,77; 0,38 e 0,41% respectivamente. Menores teores de cinzas (0,22%) foram verificados por OLIVEIRA et al. (1990). Todos estes trabalhos foram realizados com *Eucalyptus saligna*.

O tamanho da amostra para teor de cinzas (Tabela 2), dentro de um IC pré-estabelecido, com 95% de significância, foi de 9 árvores, como sendo representativo do povoamento clonal.

A média geral, coeficiente de variação (CV), desvio padrão (DP), intervalo de confiança (IC) e o número mínimo e estimado de árvores a amostrar ($N_{90\%}$ e $N_{95\%}$) para as análises dos cozimentos, são mostrados na Tabela 3.

TABELA 3 – Média geral, coeficiente de variação (CV), desvio padrão (DP), intervalo de confiança (IC) e número mínimo e estimado de árvores a amostrar ($N_{90\%}$ e $N_{95\%}$) para as análises dos cozimentos.

Variáveis	Média geral	CV (%)	DP	IC	$N_{90\%}$	$N_{95\%}$
Rendimento bruto, (%)	51,69	1,49	0,56	±0,35	9	13
Rendimento depurado, (%)	51,63	1,15	0,59	±0,35	10	14
Álcali ativo consumido base madeira, (% NaOH)	12,66	4,11	0,52	±0,3	11	15
pH do licor preto residual	12,79	0,89	0,11	±0,2	1	2
Número kappa	15,9	2,02	0,38	±0,5	2	3
Alvura, (%)	42,7	1,30	0,56	±1,0	1	2
$S_{5\%}$, (%)	12,9	5,41	0,70	±0,3	15	21
Viscosidade intrínseca, (cm ³ /g)	1199	2,28	27,35	±50	1	2

De acordo com a Tabela 3, o *Eucalyptus saligna* apresentou uma média de 51,69% para rendimento bruto e de 51,63% para rendimento depurado. Os dados mostram baixa variação individual conforme os coeficientes de variação de 1,49 e 1,15%, respectivamente. Dados similares para esta mesma espécie foram encontrados por JERÔNIMO (1997) sendo os valores para rendimento bruto 51,6% e rendimento depurado de 51,5% em cozimento kraft-antraquinona. Já LIMA et al. (1993) estudando o *E. dunnii* e o *E. saligna*, com 7 anos de idade, verificaram valores para o *E. saligna* de 49,0% para o rendimento bruto e de 48,2% para rendimento depurado. FERREIRA (1996) verificou para rendimento bruto 52,93% e para rendimento depurado 51,93% em cozimento kraft-antraquinona. KIBBLEWHITE et al. (1998), estudando a qualidade da polpa de *E. nitens*, verificaram uma variação entre árvores, tendo o rendimento em polpa de kraft variando de 54 – 59% e com um coeficiente de variação de 2,75%.

Os tamanhos das amostras para rendimento bruto e depurado dentro de um IC pré-estabelecido, a 95% de significância, foram de 13 e 14 árvores, respectivamente. No entanto, FONSECA et al. (1996) estudando população híbrida de *E. grandis* vs *E. urophylla* (ARACRUZ-ES) e híbrida de *E. grandis* (Rio Claro-SP) mostraram serem necessárias 20 e 30 árvores, respectivamente, para se conseguir representatividade do povoamento na avaliação dos rendimentos em celulose.

Na Tabela 3, pode-se observar que o álcali ativo consumido base madeira apresentou uma média de 12,66% e um coeficiente de variação de 4,11%. Estes valores certamente estão relacionados aos baixos valores de lignina o que facilitou a deslignificação no processo de polpação. A média para pH foi de 12,79 com um coeficiente de variação de 0,89%. Os números de árvores necessárias para representar a população, dentro de um IC pré-estabelecido, a 95% de significância,

foram de 15 e 2 árvores para as variáveis álcali ativo consumido base madeira e pH, respectivamente.

Pode-se observar na Tabela 3, que o *Eucalyptus saligna* apresentou um valor médio de 42,7% para alvura da celulose e com CV de 1,30%. Dados similares (42,03%, 41,3%) são relatados por FERREIRA (1996), JERÔNIMO (1997), respectivamente. Valores inferiores foram encontrados por LIMA et al. (1993), os quais observaram alvura de celulose kraft para o *Eucalyptus saligna* de 40,2%.

A análise da polpa mostra que o número kappa apresentou uma média de 15,9 (Tabela 3). Resultados similares 15,7 e 15,4 para a mesma espécie, foram encontrados por FERREIRA (1996) e JERÔNIMO (1997), respectivamente. Esta faixa de valores é o que normalmente se objetiva ao produzir celulose kraft de eucalipto, com as atuais tecnologias disponíveis.

Como pode-se verificar na Tabela 3, o número de árvores, a 95% de significância e dentro de um IC pré-estabelecido, foi de 3 árvores para representar o número kappa.

Os resultados da análise da solubilidade em NaOH_{5%} das celuloses são apresentados na Tabela 3. Pode-se observar uma média de 12,9%. Resultado inferior a este (9,02%) foi encontrado por FERREIRA (1996).

De acordo com a Tabela 3, a viscosidade intrínseca média da celulose foi de 1199 cm³/g. Valores inferiores foram verificados por FERREIRA (1996) que observou uma média de 1101 cm³/g para esta mesma espécie. Segundo GONZAGA (1983), altas percentagens de álcali ativo no início do cozimento para obtenção da deslignificação desejada, contribui para uma produção de polpa com menor viscosidade. A homogeneidade dos cavacos e dos cozimentos permitiram alcançar esses valores elevados de viscosidade intrínseca.

Conforme resultados apresentado na Tabela 3, os tamanhos das amostras, a 95% de significância, dentro do IC pré-estabelecido, foram de 21 e 2 árvores, respectivamente, para representar as variáveis solubilidade em NaOH_{5%} e viscosidade intrínseca.

4.2. Determinação do número de repetições a adotar

Conforme a variabilidade da propriedade, quando determinada dez vezes repetidamente, resulta estimado um número de repetições a adotar. Esse número de repetições varia também conforme o grau de precisão desejado e com o nível de significância adotado.

A Tabela 4 apresenta a média geral, coeficiente de variação (CV), desvio padrão (DP), intervalo de confiança pré-estabelecido (IC) e número de repetições a adotar ($n_{90\%}$ e $n_{95\%}$) para a densidade básica da madeira.

TABELA 4 – Número de repetições a adotar para densidade básica da madeira.

<i>Variáveis</i>	<i>Média geral (g/cm³)</i>	<i>CV (%)</i>	<i>DP</i>	<i>IC</i>	<i>n_{90%}</i>	<i>n_{95%}</i>
Db da árvore integral sem casca	0,404	0,91	0,00366	±0,005	2	3
Db do alburno integral na árvore	0,404	1,30	0,00527	±0,005	5	7
Db do cerne integral na árvore	0,403	0,72	0,00290	±0,005	2	2

A árvore escolhida para avaliar a repetibilidade e a precisão das metodologias mostrou densidades básicas das madeiras de cerne, alborno e integral praticamente iguais às médias das 15 árvores escolhidas para avaliar a variabilidade entre árvores. Os coeficientes de variação foram baixos, próximos a 1%. O número de repetições, para uma avaliação dentro do erro que se optou por cometer, variou entre 2 a 7, conforme o tipo de madeira e o nível de significância. Para a densidade básica da madeira da árvore integral verificou-se a necessidade de repetir 2 ou 3 vezes a determinação para a mesma árvore, para se garantir um resultado médio fidedigno.

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados dos cozimentos, as características das celuloses não branqueadas obtidas, as análises dos licores residuais e os números de repetições a adotar a 90% e 95% de significância.

TABELA 5 – Número de repetições a adotar para cozimentos kraft.

<i>Variáveis</i>	<i>Média geral</i>	<i>CV (%)</i>	<i>DP</i>	<i>IC</i>	<i>n_{90%}</i>	<i>n_{95%}</i>
Rendimento bruto, (%)	52,7	0,45	0,239	±0,25	4	6
Álcali ativo consumido base madeira, (% NaOH)	11,0	7,11	0,783	±0,5	9	12
pH do licor preto residual	13,2	1,24	0,164	±0,2	3	4
Número kappa	16,2	2,94	0,476	±0,5	5	6
Alvura, (%)	43,0	1,83	0,786	±0,75	5	7
S _{5%} , (%)	12,0	2,25	0,269	±0,3	3	5
Viscosidade intrínseca, (cm ³ /g)	1257	2,24	28,147	±25	6	8

A Tabela 5 mostra a necessidade de se repetir entre 3 a 6 vezes as determinações feitas para os cozimentos kraft para se enquadrar nos níveis de precisão e erro pré-fixados. As variáveis mais importantes como rendimento bruto em celulose e número kappa demandam cerca de 5 repetições. Já a variável álcali ativo consumido foi a que mostrou maior coeficiente de variação (7,11%) e exigiu entre 9 a 12 repetições. Trata-se de uma determinação analítica com muita variabilidade, já que a análise é muito influenciada pela amostragem, pela temperatura do licor, pelo tempo de estocagem da amostra, dentre outras. Sugere-se executar essa análise apenas de forma informativa. Caso desejar-se incluí-la no programa de melhoramento florestal, é importante aperfeiçoar-se o procedimento analítico e/ou aumentar o número de repetições em sua medição.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados do presente estudo é possível concluir que:

- ✓ embora sendo realizado com povoamento clonal de *Eucalyptus saligna* de um mesmo sítio, mesma idade, onde todas as árvores apresentam o mesmo genoma, foram notadas significativas variações entre árvores para algumas das propriedades tecnológicas da madeira e da celulose;

- ✓ a madeira do *Eucalyptus saligna* mostrou baixa densidade básica média, com baixo coeficiente de variação entre as árvores. Dessa forma, uma amostra de poucas árvores (7 árvores para 95% de significância e amplitude do IC de 0,02), é suficiente para estimá-la com um bom nível de precisão. Para povoamentos com densidades básicas maiores, com maior amplitude de variação, o número de árvores pode ser maior;
- ✓ no caso das análises químicas da madeira, as maiores variações ocorrem para teores de extrativos e cinzas (CV de 30,87 e 19,10%), enquanto que o teor de lignina na madeira teve baixa variação (CV = 4,55%). Os números de árvores a amostrar para representar estas características foram de 11, 9 e 6 árvores, respectivamente;
- ✓ para as análises químicas das madeiras são necessários cuidados especiais na preparação das amostras, coleta da madeira, metodologia de análise, etc. Caso não se trabalhe com amostras representativas, os valores encontrados podem significar apenas números e as decisões tomadas sobre eles podem ter alta probabilidade de erro;
- ✓ para produção de celulose, os rendimentos na conversão da madeira são valores importantíssimos, pois a nível industrial, tecnológico e econômico, uma diferença de 1 a 2% no rendimento de celulose base madeira é significativo. Por isto, ao se estabelecer um IC = $\pm 0,35$ para rendimento bruto e depurado, na primeira etapa da pesquisa, descobriu-se a necessidade de amostra mínima contendo 13 e 14 árvores, respectivamente, para essas duas propriedades;
- ✓ as propriedades das celuloses não branqueadas como a alvura, número kappa e viscosidade intrínseca mostraram baixa variação, quando sobre um mesmo tipo de madeira produziram-se celuloses com base em condições de cozimento iguais. Ainda assim, com coeficientes de variação abaixo de 4%, foram necessárias entre 2 a 3 árvores para representar o povoamento, dentro das condições pré-estabelecidas para precisão;
- ✓ para a real representatividade de uma amostragem, deve-se evitar trabalhar arbitrariamente com poucas árvores. Realizar sempre uma avaliação para as diferentes propriedades a ensaiar. O número de árvores a serem amostradas mostrou que varia de acordo com a característica avaliada e com o número de repetições com que se analisa essa característica e com os níveis de significância e precisão desejados;
- ✓ frente aos erros metodológicos e à variabilidade encontrada ao se repetir a mesma análise, encontrou-se a necessidade de repetir as análises para densidade básica da madeira por cerca de 3 vezes para trabalhar-se com uma média confiável e precisa;
- ✓ da mesma forma, os erros metodológicos e a variabilidade das propriedades das celuloses e do processo de conversão da madeira em celulose, exigiram a necessidade de se trabalhar com 4 a 6 repetições para os cozimentos;
- ✓ tipo e intensidade de erro que se está disposto a cometer devem sempre ser avaliados pelos pesquisadores, visando otimizar sua pesquisa em termos de precisão das decisões, viabilidade, prazo e custo;
- ✓ para evitar enormes demandas de amostragem, análises, medições, processamento de dados e custos, e com isto, retardar o processo de tomadas de decisões, os autores sugerem:

- a) para avaliações de densidade básica da madeira de povoamentos clonais ou não, executar sempre um pré-teste de variabilidade para encontrar o número de árvores a amostrar. Em situações como a do presente estudo, onde a densidade básica mostrava pequena variabilidade entre árvores foram necessárias 7 árvores a amostrar. Para cada árvore amostrada, repetir a determinação de densidade básica 3 vezes para se ter um valor médio representativo e mais exato;
- b) para avaliações dos cozimentos da madeira sugere-se, como rotina, colher-se 15 árvores do povoamento, sorteadas ao acaso. De cada árvore, retirar discos de 2 a 2,5 cm de espessura, os mais similares possíveis, a 50 cm da base, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. De cada disco, para cada altura e para cada uma das 15 árvores, retirar cinco fatias de mesmo ângulo de madeira. Compor 5 amostras de madeiras contendo cada amostra uma fatia de madeira por altura de todas as 15 árvores. Picar manualmente as fatias em cavacos. Ter-se-ão então 5 amostras de madeiras na forma de cavacos para 5 cozimentos (ou cinco repetições). Cada amostra conterá todas as 15 árvores em todas as suas 5 alturas amostradas e com a madeira nas mesmas proporções como ocorrem nas árvores. O ângulo a fatiar os discos vai depender da quantidade total que se pode colocar dentro do digestor para o cozimento. É importante que toda madeira seja utilizada. Toda a amostra deve ser introduzida no digestor e convertida a celulose. Em geral, o ângulo pode variar de 30 a 60°, dependendo do tamanho do digestor e da densidade da madeira.

6. AGRADECIMENTOS

À Riocell S.A., à UFSM e a CAPES pela oportunidade de realizar esse trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAD, J.M.T. **Controle químico de qualidade**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982. 204p.
- BARRICHELO, L.E.G., BRITO, J.O. **A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para indústria de celulose e papel**. Brasília: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal, 1976. 145p. (Série divulgação, 13).
- BUSNARDO, C.A., GONZAGA, J.V., FOELKEL, C.E.B., MENOCELLI, S. Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose. IV. Altura ideal de amostragem para avaliação da densidade média para árvores de *E. grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Celulose e Papel, 1987.
- COSTA, M.M.C., COLODETTE, J.L., GOMIDE, J.L., FOELKEL, C.E.B. Avaliação preliminar do potencial de quatro madeiras de eucalipto na produção de polpa solúvel branqueada pela seqüência OA (ZQ)P. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21,n.3, p.385-392, 1997.
- FERREIRA, G.W. **Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* Maiden plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e**

- Eucalyptus saligna* Smith.** Santa Maria: UFSM, 1996. 128p. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 1996.
- FERREIRA, M., KAGEYAMA, P.Y. Melhoria da densidade básica da madeira de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, v.6, n.20, p.A1-A14, 1978.
- FLORES, D.M.M., **Varição das características dendrométricas, da qualidade da madeira e da celulose entre árvores de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith.** Santa Maria: UFSM, 1999. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 1999.
- FLORES, D.M.M., FRIZZO, S.M.B., FOELKEL, C.E.B. Estudo da variabilidade de um povoamento clonal entre árvores de *Eucalyptus saligna* Smith. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 1998.
- FOELKEL, C.E.B. Madeiras de eucalipto: da floresta ao digestor. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Celulose e Papel, 1978. p.E1-E25.
- FOELKEL, C.E.B., ASSIS, T.F. de. New pulping technology and *Eucalyptus* wood: the role of soil fertility, plant nutrition and wood ion content. In: CRC FOR TEMPERATE HARDWOOD FORESTRY, 1995, Hobart. **Anais...** Hobart: CRC, 1995. 487p. p.10-14.
- FOELKEL, C.E.B., BARRICHELO, L.E.G., MILANEZ, A.F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus tereticornis* para produção de celulose sulfato. **IPEF**, Piracicaba, v.10, p.17-37, 1975.
- FOELKEL, C.E.B., MORA, E., MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de celulose. **O Papel**, São Paulo, n.5, p.35-40, 1992.
- FOELKEL, C.E.B., SANI, A. **Presente, passado e perspectivas futuras na utilização do eucalipto pela indústria de celulose no Brasil.** Belo Oriente: Celulose Nipo Brasileira, 1977. 55p.
- FONSECA, S.M., OLIVEIRA, R.C., SILVEIRA, P.N. Seleção da árvore industrial. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.1, p.69-85, 1996.
- FREDDO, A. **Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada.** Santa Maria: UFSM, 1997. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 1997.
- FREESE, F. **Elementary statistical methods for foresters.** Washington: Department of Agriculture Forest Service, 1967. 87p.
- GONZAGA, J.V. **Qualidade de madeira e da celulose kraft de treze espécies de *Eucalyptus*.** Viçosa: UFV, 1983. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- GUENTHER, W.C. **Concepts of statistical inference.** New York: McGraw-Hill Book, 1965. 353p.
- JERÔNIMO, L.H. **Adição de antraquinona na polpação alcalina e sua influência na branqueabilidade de celulose de *Eucalyptus saligna* Smith.** Santa Maria: UFSM, 1997. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 1997.

- KIBBLEWHITE, R.P., RIDDELL, M.J.C., SHELBORNE, C.J.A. Kraft fibre and pulp qualities of 29 trees of New Zealand grown *Eucalyptus nitens*. **Appita Journal**, v.51, n.2, p.114-121. 1998.
- KIKUTI, P., NAMIKAWA, I.S. Estudo da interação clone x níveis de adubação em *Eucalyptus saligna*. **O Papel**, São Paulo, n.3, p.37-44, 1990.
- LIMA, A.F., OLIVEIRA, G., FRANCO, L.C. et al. **Avaliação do *Eucalyptus dunnii* como matéria-prima alternativa para a RIOCELL**. Guaíba: RIOCELL, 1993. 13p. (Relatório Técnico, 596).
- MEZZOMO, L.X. **Potencialidade de *Eucalyptus cloeziana* S. Muell, *E. citriodora* Hook, *E. urophylla* St Blake e *E. urophylla* x *E. grandis*, cultivados na Bahia, para produção de celulose solúvel**. Santa Maria: UFSM, 1995. 70p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 1995.
- OLIVEIRA, E., VITAL, B.R., GOMIDE, J.L. et al. Correlações entre parâmetros de qualidade de madeira de *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex – Maiden). **Boletim Técnico SIF**, Viçosa, n.18, p.23, 1990.
- RAMSDELL, E.W. **The practical application of statistical analysis in the industrial process**. Atlanta: Tappi Press, 1981. 81p.
- RIOCELL. **Cozimento kraft**. Guaíba [1997]. 13p.
- ROCHA, M.G.B., BRUNE, A., DELLA LUCIA, R.M. et al. Variação da densidade básica e correlações entre caracteres progênes jovens de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em duas etapas de crescimento. **Revista Árvore**, v.7, n.2, p.154-164, 1983.
- SILVA JUNIOR, F.G. Estratégia de melhoramento genético para a qualidade: carvão vegetal. In: SIMPÓSIO IPEF, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. 1996. v.3, p.5-18.
- SOUZA, V.R., CARPIM, M.A., BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posição em árvores de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, Piracicaba, v.33, p.63-72, 1986.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, v.29, p.37-45, 1985.
- TRUGILHO, P. F., LIMA, J.T., MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.94-111, 1996.
- VALERA, F.P., KAGEYAMA, P.Y. Integração genótipo x espaçamento em progênie da *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, v.39, p.5-16, 1988.
- VITAL, B.R. Métodos de determinação da densidade da madeira. **Boletim Técnico SIF**, n.1, p.1-21, 1984.
- VITAL, B.R., ALMEIDA, J., VALENTE, O.F., PIRES, I.E.. Característica de crescimento das árvores e de qualidade da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* para a produção de carvão. **IPEF**, Piracicaba, v.47, p.22-28, 1994.
- WEHR, R.T. **Variações nas características da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden e suas influências na qualidade de cavacos em cozimento kraft**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura, "Luiz de Queiroz", 1991.