

- FINOL, H. Estudio Silvicultural de Algunas Espécies Comerciales en el Bosque Universitario "El Caimital", Estado Barinas. Revista Florestal Venezolana, 12 (0-11): 17-63, 1964.
- LOPES, A.S. solos sob Cerrado — Características, Propriedades e Manejo. 2.^a edição Piracicaba, associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162 p.
- MARTINS, F.R. O método de Quadrantes e a Fitosociologia de uma Floresta Residual no Interior do Estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1979. 239 p. (tese doutorado).
- MEYER, H.A. Structure, Growth and Drain in Balanced Unevenaged Forest. Journal of Forest, 50: 85-92. 1952.
- RIBEIRO, J.F., SANO, S.M. MACEDO, J. & SILVA, J.A. das Principais tipos Fisionômicos da Região de Cerrados. Boletim de Pesquisa da EMBRAPA/CPAC, Planaltina, 21, 1983, 28 p.
- RIBEIRO, J.F.; SILVA, J.C.S. & BATMANIAN, G.J. Fitosociologia de tipos fisionômicos do Cerrado em Planaltina — D.F. Revista Brasileira de Botânica, 8(2): 131-142, 1985.
- SILVA JUNIOR, M.C. da Composição Florística, Estrutura e Parâmetros Fitosociológicos do Cerrado e sua Relação com o Solo na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba, M.G. Viçosa, M.G. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 130 p. (tese mestrado).

ESTUDO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR O VOLUME POR HECTARE EM UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. EM PIRAÍ DO SUL/PR.*

Maria Augusta D. Rosot
Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná
Eng.^a Florestal M.Sc.

Sebastião do Amaral Machado
Professor da Escola de Florestas/UFPR
Pesquisador do CNPq, Eng.^o Florestal,
M.Sc., Ph.D.

Nelson Carlos Rosot
Professor da Escola de Florestas/UFPR
Eng.^o Florestal, M.Sc.

Dartagnan Baggio Emerenciano
Professor da Escola de Florestas/UFPR
Eng.^o Florestal, M.Sc., Dr.

RESUMO

Os dados deste estudo são oriundos de 150 unidades de amostra de área variável de um povoamento de *Pinus taeda* L., com 13 anos de idade, localizado em Piraí do Sul-PR. O objetivo principal foi testar e elaborar modelos para estimar o volume por unidade de área em função de variáveis de fácil obtenção no campo como, p.e., a área basal, o número de árvores/ha, a altura média, a altura dominante e combinações delas. Esti-

mou-se os volumes individuais através de equação de volume de dupla entrada. Foram testados 16 modelos aritméticos e 10 modelos logarítmicos pré-selecionados da literatura. As variáveis mais altamente correlacionadas com o volume/ha, indicadas por um teste de correlações simples foram submetidas ao processo Stepwise de seleção de variáveis a fim de compor modelos aritméticos, logarítmicos e semi-logarítmicos. Dentre os modelos pré-selecionados destacou-se o modelo $V/ha = b_0 + b_1G + b_2h_{dom} + b_3Gh_{dom}$, apresentando um erro médio de 1,8%. No processo Stepwise houve um acréscimo significativo quanto à precisão, sendo que os modelos logarítmicos mostraram-se superiores aos aritméticos e semi-logarítmicos, apresentando erros que oscilaram entre 0,4% e 2,3%. Constatou-se que as combinações das variáveis ($G.h_{dom}$) e $\log(G.h_{dom})$ estiveram sempre incluídas na composição dos melhores modelos.

1 — INTRODUÇÃO

Os inventários florestais têm por objetivo a quantificação do estoque existente em um determinado povoamento. Muitas metodologias têm sido empregadas para a obtenção dos volumes de árvores individuais e, posteriormente, do volume por unidade de área. Os fatores de forma foram e são até hoje largamente utilizados no meio florestal devido à rapidez e facilidade de cálculos nas estimativas de volume. Já as regressões de volume em função de uma ou mais variáveis dendrométricas envolvem processos mais sofisticados de cálculos. Em se tratando de uma equação de dupla entrada, por exemplo, seria necessário, primeiramente, desenvolver uma relação hipsométrica que fornecesse as estimativas das alturas que, por sua vez, associadas aos diâmetros, forneceriam a estimativa do volume da árvore. Um outro método, também já bastante difundido, principalmente nos E.U.A., consiste em estimar o volume por unidade de área diretamente, ou seja, sem a necessidade de obter previamente o volume individual de cada árvore. Considerando-se que a área basal e a altura dominante são altamente correlacionadas com o volume por unidade de área, podem ser utilizados modelos de regressão envolvendo estas variáveis, além de outras de fácil medição no campo, como o número de árvores, o diâmetro médio, o diâmetro dg, etc. No caso de se desejar estimativas rápidas para um inventário preliminar, por exemplo, um giro com o relascópio de Bitterlich permite a obtenção direta da área basal, tornando ainda mais ágil o procedimento.

O objetivo deste trabalho consistiu exatamente em testar, ajustar e elaborar modelos matemáticos que relacionassem o volume por unidade de área como variável dependente em função de variáveis independentes como área basal, altura dominante, altura média e outras facilmente obtidas no campo, quer na sua forma simples ou ponderadas, quer isoladas ou combinadas entre si.

2 — REVISÃO DE LITERATURA

CLUTTER *et. al* (1983), definem equações de volume para o povoamento como sendo equações funcio-

* Trabalho apresentado no 6.^o Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Campos do Jordão — São Paulo — Brasil, de 22 a 27 de setembro de 1990.

nalmente similares às equações de volume para árvores individuais e que fornecem a estimativa da produção em função da área basal e altura e não em função direta da idade, sítio e densidade do povoamento, como ocorre nos modelos de produção.

Trabalhando com povoamentos de *Populus sp*, *Pinus resinosa* e *Pinus banksiana*, BUCKMAN (1961), empregou métodos de razão e regressão linear, chegando a uma equação do tipo:

$$V = b_0 + b_1 BH \quad (1)$$

V = volume por unidade de área;

B = área basal;

H = média das alturas das árvores dominantes e co-dominantes.

O erro padrão em percentagem correspondente foi igual a 5,4%.

COLE (1971), trabalhando com 125 povoamentos não manejados de *Pinus contorta* em Montana e Idaho (E.U.A.), obteve uma equação de volume para o povoamento através da regressão do volume por unidade de área sobre o produto da área basal e média das alturas das árvores dominantes e co-dominantes (BH). O modelo selecionado foi o mesmo utilizado por BUCKMAN (1961) (equação 1), com um erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%) de 2,4% e um coeficiente de determinação múltipla igual a 0,995.

SPURR (1951) realizou experimentos com *Pseudotsuga mensiessi*, *Pinus palustris* e *Pinus taeda* com o intuito de elaborar um modelo que fornecesse uma estimativa direta do volume do povoamento. No caso da primeira espécie foram utilizados dados provenientes de 180 parcelas, com idades variando de 25 a 175 anos. Foi efetuada uma análise de regressão múltipla, considerando o volume total por unidade de área como variável dependente e a área basal, idade, altura e índice de sítio como variáveis independentes. Obteve-se um erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%) igual a 9,0%, sendo as variáveis independentes, a altura e a área basal. A regressão envolveu, também, algumas combinações dessa série de variáveis. O modelo final elaborado pelo autor expressa o volume do povoamento em termos de área basal e altura e foi denominado "Fórmula Australiana" por ser similar ao modelo utilizado por Stoate em 1945 na Austrália, para equações de volume de árvores individuais. A equação obtida foi:

$$V = b_0 + b_1 B + b_2 H + b_3 BH \quad (2)$$

H = média das alturas das árvores dominantes e co-dominantes.

Com essa equação o erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%) foi reduzido a 5% e o coeficiente de determinação (R^2) foi igual a 0,9880. Devido ao fato de o coeficiente de correlação (r) entre o produto da área basal pela altura e o volume por unidade de área ter-se revelado bastante alto, SPURR (1951) modificou a fórmula anterior para:

$V = b_0 + b_1 BH$ (3) (fórmula da "variável combinada"), obtendo um coeficiente de determinação (r^2) de 0,99 e um erro padrão de 6% sobre a média.

Da mesma maneira foram testados ambos os modelos para as duas outras espécies, apenas com a diferença que, neste caso, foi utilizada a altura média de todas as árvores e não somente a das dominantes e co-dominantes.

Utilizando a "Fórmula Australiana" obteve-se um erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%) igual a 6% para ambas as espécies, enquanto que utilizando o modelo reduzido obteve-se 7,0% e 6,9% para *Pinus palustris* e *Pinus taeda*, respectivamente.

MACHADO (1973), trabalhando com 123 parcelas de área fixa e área variável (pontos de Bitterlich) em um bosque secundário em Turrialba (Costa Rica), testou modelos de regressão que possibilitassem a estimativa do volume por unidade de área tendo-se o conhecimento da área basal. Segundo o autor, o modelo que mais se ajusta à relação volume-área basal é o modelo linear, ou seja:

$$V = b_0 + b_1 G \quad (4)$$

Entre os volumes estimados pelo método de regressão e os estimados pelo método corrente, observou-se uma diferença mínima nos valores médios, que não chegou a atingir 2%. MACHADO (1973) recomenda, ainda, o emprego desta metodologia para povoamentos homogêneos ou puros, quando se quer conhecer o volume de um modo geral (estoque) ou de apenas algumas espécies.

SILVA (1979), testando modelos de regressão para a estimativa do volume por unidade de área para o gênero *Eucalyptus*, escolheu como melhor modelo aritmético o modelo da variável combinada elaborado por SPURR (1951).

$$V = b_0 + b_1 G H_{dom} \quad (5)$$

O mesmo autor, testando ainda modelos logarítmicos, concluiu que o modelo:

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log (G^2 h_{dom}) \quad (6)$$

era o que realmente melhor estimava o volume total com casca por hectare. O coeficiente de determinação revelou-se bastante alto (acima de 0,99) e o erro padrão da estimativa não atingiu a 2,5% sobre a média.

FIGUEIREDO (1983) estudou também modelos para estimar o volume por unidade de área, mas com dados oriundos de uma floresta tropical úmida na Amazônia brasileira. Este autor salienta que os modelos logarítmicos testados foram sempre superiores aos aritméticos. O melhor dos modelos testados, previamente selecionados da literatura, foi:

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log (G^2 h) \quad (7)$$

h = altura comercial média.

Os erros computados foram sempre inferiores a 5% e os coeficientes de determinação, superiores a 0,9825. Utilizando ainda o processo Forward de seleção de variáveis, foram escolhidos dois modelos, um na forma aritmética e outro na forma logarítmica. O autor considera que, quando comparados aos modelos pré-selecionados da literatura, os modelos elaborados apresentaram melhorias significativas quanto à precisão. São eles:

$$V = b_0 + b_1 Gh + b_2 G + b_3 Nd \quad (8)$$

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log (G^2 h) + b_2 \log G^2 \quad (9)$$

N = número de árvores por hectare;

d = altura comercial média;

h = altura comercial média.

3 — MATERIAL E MÉTODOS

3.1 — Origem dos Dados

Os dados são oriundos de um povoamento de *Pinus taeda* L., equiânneo, com 13 anos idade, espaçamento regular de 2,5 x 1,60 m, totalizando 865,56 ha de efetivo plantio.

A área de estudo está localizada na Fazenda Bogueirão, pertencente à Empresa Iguacú Celulose e Papel, no Município de Pirai do Sul-PR, no 2.º Planalto Paranaense e foi inventariada em Dezembro de 1968 pela Fundação de Pesquisas Florestais da Universidade Federal do Paraná-FUPEF, para fins de quantificação do estoque existente.

3.2 — Amostragem

O sistema de amostragem utilizado foi o inteiramente aleatório, sendo as amostras sorteadas e locadas mediante o auxílio de uma rede quadriculada e do mapa de recobrimento florestal.

Foram instaladas e medidas 150 unidades de amostra retangulares com área variável determinada em função de 12 filas com 10 árvores cada uma.

3.3 — Obtenção dos Volumes por Unidade de Área

Os volumes de árvores individuais foram obtidos através da seguinte equação de volume ajustada especificamente para o povoamento:

$$V/h = - 0,0008992039 + 0,0001648308*d + 0,00003157046*d^2$$

Em cada parcela os volumes foram estimados e somados, obtendo-se assim o volume por parcela. Como as unidades de amostra possuem área variável, para cada parcela foi calculada um fator de conversão para hectare. Assim o volume por hectare foi obtido multiplicando-se este fator pelo volume da parcela.

3.4 — Variáveis Testadas

3.4.1 — Parâmetros das Parcelas:

Através de um programa desenvolvido em linguagem BASIC foram processadas as 150 parcelas medidas no inventário florestal, obtendo-se os seguintes parâmetros por parcela:

d, d_{dom}, dg, área (m²), n.º de árvores (n) e G

Foram estimados também por parcela:

h e h_{dom}

Através da extrapolação para hectare foram obtidas as seguintes estimativas:

N, G e V

3.4.2 — Transformações de Variáveis:

Os valores obtidos no processamento das parcelas constituíram o conjunto básico de variáveis que seriam utilizadas no estudo dos modelos matemáticos para estimar o volume por unidade de área.

Conforme a revisão de literatura permitiu constatar, muitos modelos aplicados em estudos semelhantes continham estas mesmas variáveis, quer na sua forma simples, quer combinadas com outras variáveis, quer ponderadas por logaritmização, etc.

Decidiu-se, então criar um novo conjunto de variáveis, formado pelas originais e por transformações ou combinações destas.

Foram relacionadas então, as seguintes variáveis:

Variáveis dependentes:

V, log V

Variáveis independentes:

d, d², d_{dom}, dg, dg², N, G, G², h, h², h_{dom}, h_{dom}², d²h, Nd, GN, Gh, Gh_{dom}, Gh_{dom}², G²h, G²_{dom}, G²N, log G, log G², log GN, log G²N, log G²h, log Gh, log d²h, log Nd, log G²h_{dom}, log Gh_{dom}, log Gh_{dom}²

3.4.3 — Correlação Linear Simples:

Devido ao fato de o conjunto de variáveis disponíveis ser bastante amplo, efetuou-se um estudo de correlações lineares simples, visando principalmente observar o comportamento das variáveis em relação à variável dependente.

3.4.4 — Ajuste e Teste de Modelos

Pré-selecionados da Literatura:

Foram ajustados e testados 26 modelos matemáticos para estimar o volume por unidade de área, sendo 16 de natureza aritmética e 10 de natureza logarítmica.

Esses modelos têm sido aplicados e estudados por vários autores, sendo que alguns deles, na sua formulação original, destinavam-se à obtenção de estimativas de volumes de árvores individuais, tendo sido, então, modificados ou adaptados para fornecer estimativas do volume por unidade de área.

Modelos Aritméticos Testados

(1) $V = b_0 + b_1 G$

(2) $V = b_0 + b_1 G^2$

(3) $V = b_0 + b_1 GN$

(4) $V = b_0 + b_1 Gh$

(5) $V = b_0 + b_1 Gh_{dom}$

(6) $V = b_0 + b_1 G^2 h$

(7) $V = b_0 + b_1 G^2 h_{dom}$

(8) $V = b_0 + b_1 G + b_2 G^2$

(9) $V = b_0 + b_1 G + b_2 h + b_3 Gh$

(10) $V = b_0 + b_1 G + b_2 h_{dom} + b_3 Gh_{dom}$

(11) $V = b_0 + b_1 N$

(12) $V = b_0 + b_1 Nd$

(13) $V = b_0 + b_1 d$

(14) $V = b_0 + b_1 d^2$

(15) $V = b_0 + b_1 d^2 h$

$$(16) V = \frac{Gh}{b_0 + b_1 dg}$$

Modelos Logarítmicos Testados

- (1) $\log V = \log b_0 + b_1 \log G$
- (2) $\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2$
- (3) $\log V = \log b_0 + b_1 \log GN$
- (4) $\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2N$
- (5) $\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2h$
- (6) $\log V = \log b_0 + b_1 \log G^2h_{dom}$
- (7) $\log V = \log b_0 + b_1 \log Gh$
- (8) $\log V = \log b_0 + b_1 \log Gh_{dom}$
- (9) $\log V = \log b_0 + b_1 \log d^2h$
- (10) $\log V = \log b_0 + b_1 \log Nd$

3.4.5 — Elaboração de Modelos Através do Processo Stepwise:

Em virtude do grande número de variáveis independentes disponíveis, resolveu-se elaborar um modelo para estimativa do volume por unidade de área que, de certa forma, superasse os resultados obtidos com os modelos pré-selecionados.

Para a composição dos modelos adotou-se o processo Stepwise de seleção de variáveis.

Foram elaborados modelos de natureza aritmética, semi-logarítmica e logarítmica, envolvendo uma (1), duas, três e até quatro variáveis independentes.

3.4.6 — Critérios de Seleção do melhor Modelo:

A avaliação comparativa de todos os modelos testados foi feita com base nos seguintes critérios:

a) Coeficiente de Determinação (R^2 ou r^2).

De acordo FREESE (1962), o coeficiente de determinação r^2 (regressão com uma variável independente) ou R^2 (com mais de uma variável independente), representa a proporção de variação em γ que está associada com a regressão sobre as variáveis independentes, ou seja, mede o quanto a regressão está ajustando o conjunto de dados em questão:

O valor de R^2 é dado por:

$$R^2 = \frac{SQ_{reg}}{ST_{tot}}$$

onde:

SQ_{reg} = Soma de Quadrados da Regressão

SQ_{tot} = Soma de Quadrados Total, ambos obtidos do Quadro da Análise de Variância (ANOVA).

Quanto maior o valor de R^2 significa que mais o modelo está explicando a variabilidade dos dados.

b) Erro padrão da estimativa (S_{yx}).

O erro padrão da estimativa também é obtido a partir de ANOVA e é dado por:

$$S_{yx} = \sqrt{QME}$$

onde:

QME = Quadrado Médio do Erro ou Média Quadrática Residual.

O erro padrão da estimativa é uma medida absoluta da dispersão dos resíduos da regressão e quanto menor o seu valor, mais precisas serão as estimativas fornecidas pela equação.

c) Erro padrão da estimativa em percentagem ($S_{yx}\%$).

Quando o erro padrão da estimativa é expresso como uma percentagem da média aritmética da variável dependente, obtêm-se o erro padrão da estimativa em percentagem, que é dado por:

$$S_{yx}\% = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} * 100$$

Nesse caso a interpretação é a mesma: quanto menor o valor de $S_{yx}\%$, mais precisas serão as estimativas obtidas pela equação.

O erro padrão da estimativa em percentagem serve, no entanto, apenas para comparar equações de mesma natureza. Para comparar equações de naturezas diversas deve-se voltar a variável logaritimizada à forma aritmética ou então utilizar a expressão recomendada por MEYER (1938), que é:

$$S_{yx}\% = 230,26 * S_{yx}, \text{ onde:}$$

$S_{yx}\%$ = erro padrão residual em percentagem, transformado para unidades aritméticas.

S_{yx} = erro padrão residual em unidades logarítmicas.

Sempre que o erro padrão residual em unidades logarítmicas for menor que 0,1 deve-se aplicar a fórmula acima. Caso seja maior ou igual a 0,1, MEYER (1938) recomenda a fórmula seguinte:

$$S_{yx}\% = (10 S_{yx} - 1) * 100$$

d) Teste F.

O valor do F calculado, na tabela de Análise de Variância para a regressão é dado por:

$$F = \frac{QM_{reg}}{QME}$$

onde:

QM_{reg} = Quadrado Médio da Regressão.

QME = Quadrado Médio do Erro.

O valor encontrado para a razão F é comparado com o valor de F tabelado em função dos graus de liberdade da regressão e do erro (numerador e denominador, respectivamente), a um nível α de probabilidade. Caso o F calculado seja maior que o F tabelado, está comprovada a significância da regressão a um nível α de probabilidade. Neste trabalho considerou-se α igual a 0,05.

e) Análise de Resíduos.

Os resíduos foram examinados através de dois processos:

1. Processo Gráfico.

2. Processo Analítico.

Primeiramente foram calculados os resíduos em percentagem, obtidos a partir da seguinte fórmula:

$$RES\% = \frac{V_{obs} - V_{est}}{V_{obs}} * 100$$

onde:

V_{obs} = Volume observado em cada parcela

V_{est} = Volume estimado pelo modelo

Optou-se pela utilização dos resíduos em percentagem ao invés dos resíduos absolutos, tendo em vista que aqueles, por serem expressos em unidades relativas, facilitam as comparações entre diversos modelos.

Os volumes observados seguidos dos respectivos resíduos em percentagem foram ordenados em ordem crescente para que houvesse uma seqüência lógica, tanto no processo gráfico de exame dos resíduos como no analítico.

Ambos os processos têm por objetivo verificar a existência ou não de tendenciosidade nas estimativas fornecidas pelo modelo, ou seja, está-se testando os pressupostos básicos relativos aos resíduos quando se efetua uma regressão. São eles, segundo DRAPER & SMITH (1966).

— os resíduos são independentes;

— os resíduos são normalmente distribuídos, com média igual a zero e variância constante.

Para cada modelo, foram plotados os valores dos resíduos em percentagem em função dos respectivos volumes observados.

A análise visual é, na verdade, bastante subjetiva, mas pode-se dizer, em termos gerais, que, sempre que a distribuição dos resíduos se apresenta na forma de uma "faixa" horizontal e centralizada em torno do valor 0 (zero) no eixo vertical, o modelo pode ser considerado não tendencioso. Isto indica também que a seqüência lógica em função da qual os resíduos foram plotados não está influenciando a sua distribuição e por conseguinte, o modelo.

Segundo DRAPER & SMITH (1966) a análise gráfica dos resíduos é bem mais informativa do que os procedimentos que envolvem medidas numéricas de tendenciosidade. No entanto, devido à subjetividade do exame visual dos resíduos, decidiu-se adotar também um critério numérico definido que permitisse avaliar se o modelo era tendencioso ou não.

Aplicou-se, então, o "teste de corrida de sinais", que permite verificar se os grupos de resíduos positivos ou negativos ocorrem no que poderia ser uma forma não usual, ou seja, não aleatória.

De posse dos resíduos percentuais ordenados em função dos volumes observados, computou-se o número de sinais positivos (n_1), o número de sinais negativos (n_2) e o número de trocas de sinais (u) ocorridas.

Quando $n_1 > 10$ e $n_2 > 10$ não há necessidade de valores exatos, visto que uma aproximação normal à distribuição fornece uma acuridade satisfatória. Nesse caso é calculado o valor de "Z" conforme descrito por ROSOT (1989).

4 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 — Estudo de Modelos para Estimar o Volume de Área

4.1.1 — Correlação Linear Simples:

A partir dos parâmetros das parcelas e de outras variáveis estimadas, transformadas e combinadas já descritas na metodologia, foi elaborado um estudo de correlações simples, cujos resultados podem ser observados no Quadro I.

As variáveis mais altamente correlacionadas com o volume por hectare foram:

— a combinação $G h_{dom}$ e a combinação $G h$

Em relação ao volume por hectare em sua forma logaritimizada, as variáveis que apresentaram a maior correlação simples foram:

— a combinação $\log(G h_{dom})$ e a combinação $\log(G^2 h_{dom})$.

QUADRO 1

CORRELAÇÕES LINEARES SIMPLS ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES E INDEPENDENTES ENVOLVIDAS NA PESQUISA

Var. Indep.	Var. Dep.		Var. Indep.	Var. Dep.	
	V	log V		V	log V
d	0,6698	0,6783	$G h_{dom}$	0,9963	0,9679
d^2	0,6260	0,6239	$G h^2$	0,9377	0,8658
d_{dom}	0,6026	0,5919	$G h^2_{dom}$	0,9766	0,9410
d^2_{dom}	0,5795	0,5615	$G^2 h$	0,9843	0,9270
d_{dg}	0,6572	0,6618	$G^2 h_{dom}$	0,9841	0,9292
d^2_{dg}	0,6146	0,6096	$G^2 N$	0,8416	0,7989
N	0,0422	0,0461	log G	0,9633	0,9842
G	0,9831	0,9639	log G^2	0,9633	0,9842
G^2	0,9757	0,9273	log GN	0,6299	0,6422
h	0,2832	0,1578	log $G^2 N$	0,8019	0,8184
h^2	0,1568	0,0147	log $G^2 h$	0,9845	0,9851
h_{dom}	0,6182	0,6140	log Gh	0,9774	0,9601
h^2_{dom}	0,6093	0,6009	log $d^2 h$	0,9833	0,6765
$d^2 h$	0,5898	0,5716	log Nd	0,6441	0,6608
Nd	0,6765	0,6779	log $G^2 h_{dom}$	0,9757	0,9953
GN	0,6928	0,6786	log $G h_{dom}$	0,9781	0,9964
Gh	0,9903	0,9461	log $G h^2_{dom}$	0,9655	0,9814

Tais resultados são similares aos encontrados nos estudos realizados por diversos autores, que salientam sempre a alta correlação existente entre o volume por unidade de área e o produto da área basal e altura dominante.

Quando da elaboração de modelos para estimar o volume por unidade de área através do processo Stepwise, foram feitas duas seleções distintas, sendo que a primeira envolveu apenas variáveis independentes de correlação simples maior ou igual a 0,7 com a variável dependente. Na segunda seleção todas as variáveis foram submetidas ao processo.

4.1.2 — Teste de Modelos Pré-Selecionados da Literatura

Os 16 modelos testados apresentaram erros que oscilaram entre 1,281% e 24,99%. Dentre eles, os primeiros modelos quase sempre incluíram N e d como variáveis independentes. Os modelos que mais se destacaram, numa análise global dos critérios de avaliação, foram os de número 4, 5, 9 e 10, todos apresentando um erro padrão da estimativa em percentagem ($S_{yx}\%$) inferior a 3,5%. Vale salientar que a variável G aparece nos quatro modelos, quer na sua forma original, quer combinada com h ou h_{dom} . O modelo 9 foi o que apresentou o menor erro médio (1,281%), porém o modelo 10 apresentou uma melhor distribuição gráfica dos resíduos e um erro padrão da estimativa em percentagem ($S_{yx}\%$) apenas um pouco maior (1,824%), o que contribuiu para selecioná-lo como o melhor modelo.

O modelo 16, que não se inclui entre os modelos escolhidos, apresentou um erro padrão da estimativa em percentagem ($S_{yx}\%$) igual a 3,77%, no processo analítico da avaliação dos resíduos, este modelo mostrou-se tendencioso, o que foi comprovado pela análise gráfica.

Os 10 modelos logarítmicos testados apresentaram, em geral, magnitudes de dispersão dos resíduos em percentagem sempre maiores do que as dos modelos aritméticos, o mesmo acontecendo em relação aos erros médios, que oscilaram entre 2,34% e 21,13%. Foram escolhidos, neste grupo, os modelos 1, 2, 6 e 8, todos com apenas uma (1) variável independente. Os dois primeiros apresentaram níveis de precisão bastante bons, mas foram superados pelos dois últimos que, além de possuírem uma distribuição mais homogênea dos resíduos, apresentaram erros inferiores a 2,7%. O critério decisivo na escolha do melhor modelo foi a uniformidade da distribuição dos resíduos, em função do quê, optou-se pelo modelo 8. O ajuste obtido com este modelo pode ser observado na Figura 03.

Nos Quadros II e III encontram-se os coeficientes, estimadores de ajustes e precisão e valores de "Z" referentes aos melhores modelos aritméticos e logarítmicos testados, respectivamente.

A Figura 01 mostra a distribuição dos resíduos percentuais em função do volume observado referente ao modelo aritmético 10, escolhido como o melhor, enquanto que a Figura 02 representa o modelo aritmético 16, podendo-se observar claramente a sua tendenciosidade.

4.1.3 — Elaboração de Modelos Através do Processo Stepwise-Conjunto de Variáveis com Correlação Simples $r > 0,7$ com a Variável Dependente

4.1.3.1 — Modelos de Natureza Aritmética

Ao se submeter um conjunto de variáveis na forma aritmética ao processo Stepwise de seleção, foram obtidos níveis de precisão muito bons, onde o modelo mínimo com 1 variável, apresentou um erro padrão da estimativa em percentagem ($S_{yx}\%$) igual a 2,14% e o melhor modelo, com 4 variáveis, um erro de 0,73%. Com exceção do modelo com duas variáveis, que mostrou-se tendencioso conforme o valor encontrado para a probabilidade cumulativa, os demais modelos são recomendados para a estimativa do volume por unidade de área. Pode-se optar pela praticidade, utilizando um modelo com uma (1) variável ou aumentar a precisão, empregando modelos com 3 ou 4 variáveis independentes. Os resultados obtidos através do processo Stepwise de seleção de variáveis para os modelos aritméticos podem ser observados no Quadro IV.

A Figura 04 apresenta a distribuição dos resíduos percentuais do modelo com 4 variáveis independentes.

4.1.3.2 — Modelos de Natureza Semi-Logarítmica

Nesse caso as variáveis submetidas ao processo Stepwise eram variáveis aritméticas e logarítmicas em conjunto. A primeira variável escolhida para compor o modelo foi uma variável na forma aritmética ($G * h_{dom}$), exatamente a mesma que entrou na composição do modelo de natureza aritmética com uma (1) variável independente. A partir da inclusão da segunda variável é que ficou caracterizado um modelo de natureza semi-logarítmica. Este modelo com 2 variáveis obteve um erro padrão da estimativa em percentagem ($S_{yx}\%$) de 1,6644% e a análise dos resíduos comprovou que ele não é tendencioso, conforme pode-se observar na Figura 05. Na verdade, ao se analisar o gráfico de distribuição dos resíduos em percentagem em função do volume observado, pode-se constatar que este modelo é melhor do que aqueles com 3 e com 4 variáveis independentes que, apesar de apresentarem maiores níveis de precisão — 1,40% e 1,04% de erro, respectivamente — não possuem uma distribuição tão uniforme dos resíduos.

A análise gráfica, aqui, foi um fator decisivo na escolha do melhor modelo, mesmo porque os parâmetros que indicam a precisão apresentaram, em relação aos 4 modelos, valores muito próximos entre si. A distribuição residual do modelo semi-logarítmico com 4 variáveis independentes pode ser observada na Figura 06.

No Quadro V podem ser observados os modelos semi-logarítmicos obtidos pelo processo bem como seus respectivos coeficientes, estimadores de ajuste e precisão e valores de "Z".

4.1.3.3 — Modelos de Natureza Logarítmica

Nesta série foram elaborados modelos logarítmicos com uma, duas, três e quatro variáveis independentes.

QUADRO 2

COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MELHORES MODELOS ARITMÉTICOS TESTADOS

Equação	Coefficientes	R ²	S _{yx}	S _{yx} (%)	F	Z
4) $V=b_0+b_1 Gh$	$b_0=11,36057$ $b_1=0,486108$	0,980483	11,66984	3,483	7486,254	-1,2337
5) $V=b_0+b_1 Gh_{dom}$	$b_0=2,359555$ $b_1=0,4108673$	0,992648	7,16256	2,138	20117,620	-0,7353
9) $V=b_0+b_1 G+b_2 h+b_3 Gh$	$b_0=169,7405$ $b_1=-2,1900212$ $b_2=-12,630$ $b_3=0,6637496$	0,997358	4,29341	1,281	18751,880	0,0192
10) $V=b_0+b_1 G+b_2 h_{dom}+b_3 Gh_{dom}$	$b_0=-111,2081$ $b_1=3,460928$ $b_2=6,512159$ $b_3=0,2074663$	0,994541	6,17179	1,842	9049,486	-1,2112

QUADRO 3

COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MELHORES MODELOS LOGARÍTMICOS TESTADOS

Equação	Coefficientes	R ²	S _{yx}	I.M	F	Z
1) $\log V=\log b_0+b_1 \log G$	$\log b_0=0,578315$ $b_1=1,142899$	0,968505	0,02118	4,878	4582,932	-1,8756
2) $\log V=\log b_0+b_1 \log G^2$	$\log b_0=0,5783148$ $b_1=0,5714496$	0,968505	0,02118	4,878	4582,926	-1,8756
6) $\log V=\log b_0+b_1 \log G^2_{dom}$	$\log b_0=0,03016565$ $b_1=0,5410242$	0,990510	0,01163	2,678	15552,030	-1,0847
8) $\log V=\log b_0+b_1 \log Gh_{dom}$	$\log b_0=0,4112986$ $b_1=1,009632$	0,992747	0,1017	2,341	20395,440	-1,0650

QUADRO 4

COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MODELOS ARITMÉTICOS
OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSO STEPWISE

Equação	Coefficientes	R ²	S _{yx}	S _{yx} (%)	F	Z
$V=b_0+b_1 Gh_{dom}$	$b_0=2,355595$ $b_1=0,4108673$	0,992648	7,16256	2,138	20117,620	-0,7353
$V=b_0+b_1 Gh_{dom}+b_2 Gh$	$b_0=2,954296$ $b_1=0,2892522$ $b_2=0,146994$	0,995327	5,71008	1,704	15869,910	-2,0025
$V=b_0+b_1 Gh_{dom}+b_2 Gh+b_3 Gh^2$	$b_0=5,149966$ $b_1=0,1993389$ $b_2=0,3746109$ $b_3=0,007969328$	0,997383	4,273858	1,275	18926,770	-0,7044
$V=b_0+b_1 Gh_{dom}+b_2 Gh+b_3 Gh^2+b_4 Gh_{dom}^2$	$b_0=8,287646$ $b_1=0,5399419$ $b_2=1,191458$ $b_3=0,03463594$ $b_4=0,02124627$	0,994145	2,44202	0,729	43548,990	0,6102

QUADRO 5

COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MODELOS SEMI-LOGARÍTMICOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSO STEPWISE

Equação	Coefficientes	R ²	S _{yx}	S _{yx} (%)	F	Z
$V = b_0 + b_1 Gh_{dom}$	$b_0 = 2,355595$ $b_1 = 0,4108673$	0,992648	7,16256	2,138	20117,620	-0,7353
$V = b_0 + b_1 Gh_{dom} + b_2 \log G^2 h$	$b_0 = 348,5639$ $b_1 = 0,3103436$ $b_2 = 96,10001$	0,99543	5,57658	1,664	16642,390	-1,5260
$V = b_0 + b_1 Gh_{dom} + b_2 \log G^2 h + b_3 G^2 h$	$b_0 = -339,8017$ $b_1 = 0,2276540$ $b_2 = 101,2229$ $b_3 = 0,00099590$	0,996840	4,69547	1,401	15670,050	-1,0330
$V = b_0 + b_1 Gh_{dom} + b_2 \log G^2 h + b_3 G^2 h + b_4 + G^2 h_{dom}$	$b_0 = -177,4576$ $b_1 = 0,3542991$ $b_2 = 50,01694$ $b_3 = 0,00413653$ $b_4 = -0,0033893$	0,998277	3,46767	1,035	21579,060	-1,5260

QUADRO 6

COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MODELOS LOGARÍTMICOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSO STEPWISE

Equação	Coefficientes			I.M.	F	Z
$\log V = \log b_0 + b_1 \log Gh_{dom}$	$\log b_0 = -0,4112986$ $b_1 = 1,009632$	0,9927	0,0102	2,341	20395	-1,06
$\log V = \log b_0 + b_1 \log Gh_{dom} + b_2 \log G^2 h_{dom}$	$\log b_0 = -0,2574444$ $b_1 = 0,6473274$ $b_2 = 0,1951414$	0,9937	0,0094	2,199	11822	-0,99
$\log V = \log b_0 + b_1 \log Gh_{dom} + b_2 \log G^2 h_{dom} + b_3 \log G^2 N$	$\log b_0 = 0,8028906$ $b_1 = -1,031256$ $b_2 = 1,246162$ $b_3 = -0,1531487$	0,9991	0,0035	0,803	58163	-0,86
$\log V = \log b_0 + b_1 \log Gh_{dom} + b_2 \log G^2 h_{dom} + b_3 \log G^2 N + b_4 \log G^2 h$	$\log b_0 = 1,009129$ $b_1 = -1,36041$ $b_2 = 1,549163$ $b_3 = -0,1812842$ $b_4 = -0,1011752$	0,9998	0,0018	0,424	156786	0,89

A análise dos resíduos, tanto no processo gráfico como no processo analítico, comprovou que todos os modelos são não-tendenciosos. Os níveis de precisão atingidos com uma (1) e com duas variáveis foram bastante satisfatórios, porém com a inclusão de uma terceira variável independente houve um decréscimo significativo no valor do Índice Meyer em percentagem — de 2,20% para 0,80% — caindo ainda mais com a inclusão da quarta variável. O modelo com quatro variáveis independentes foi, portanto, o melhor dos quatro com relação a todos os estimadores de precisão, obtendo um erro de 0,42%, um valor de R² igual a 0,9997 e um gráfico que apresentou uma distribuição excepcionalmente homogênea dos resíduos percentuais.

Os resultados obtidos para os modelos elaborados nesta fase podem ser observados no Quadro VI. A Fi-

gura 07 representa a distribuição dos resíduos percentuais em função do volume observado para o modelo com quatro variáveis independentes.

4.1.4 — *Elaboração de Modelos através do Processo Stepwise-Conjunto de todas as Variáveis Independentes*

No item 4.1.3 o conjunto das variáveis submetidas ao processo Stepwise limitou-se somente àquelas cuja correlação simples *r* com a variável dependente fosse maior ou igual a 0,7. Resolveu-se, então, analisar o comportamento de modelos elaborados pelo mesmo processo de seleção de variáveis, mas desta vez, estando disponíveis todas as variáveis independentes testadas neste estudo, ou seja, inclusive aquelas cuja correlação simples com a variável dependente é menor que 0,7.

QUADRO 7

COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO DOS MODELOS ARITMÉTICOS E LOGARÍTMICOS COM 3 E COM 4 VARIÁVEIS INDEPENDENTES OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSO STEPWISE

Equação	Coefficientes	S_{yx} (%)	F	Z	R^2	S_{yx}
$V = b_0 + b_1 h^2 + b_2 Gh + b_3 Gh_{dom}$	$b_0 = 28,71938$ $b_1 = 0,1691572$ $b_2 = 0,3392044$ $b_3 = 0,1360609$	0,861	41615	-1,3850	0,9988	2,884
$V = b_0 + b_1 h^2 + b_2 Gh + b_3 Gh_{dom} + b_4 G^2N$	$b_0 = 28,70648$ $b_1 = -0,2005865$ $b_2 = 0,376603$ $b_3 = 0,1213884$ $b_4 = 0,1397035E-05$	0,678	50333	-0,0274	0,9993	2,272
$\log V = \log b_0 + b_1 \log G + b_2 \log Nd + b_3 \log Gh_{dom}$	$\log b_0 = 1,66322$ $b_1 = 1,232885$ $b_2 = -0,3433024$ $b_3 = 0,1199341$	0,776	62265	-4,3364	0,9992	0,003
$\log V = \log b_0 + b_1 \log G + b_2 \log Nd + b_3 \log Gh_{dom} + b_4 \log Gh$	$\log b_0 = 2,057329$ $b_1 = 1,468449$ $b_2 = -0,4179619$ $b_3 = 0,06356356$ $b_4 = -0,1143714$	0,160	1101173	0,5558	0,9999	0,001

Uma vez que no processo Stepwise a primeira variável a entrar no modelo é a de maior correlação simples com a variável dependente e também pelo fato de os melhores modelos aritméticos e logarítmicos do item 4.1.1 serem aqueles compostos por quatro variáveis independentes, optou-se por elaborar, testar e comparar, nesta fase, apenas modelos de natureza aritmética e logarítmica com três e com quatro variáveis independentes.

4.1.4.1 — Modelos de Natureza Aritmética

Os modelos com três e com quatro variáveis elaborados nesta fase diferem daqueles obtidos no item 4.1.3.1 pelo fato de terem incluído uma terceira variável independente, de correlação simples $r < 0,7$ com a variável dependente.

Para os dois modelos obtidos, os níveis de precisão foram bastante altos, com erros inferiores a 0,9%, conforme pode-se verificar no Quadro VII. O modelo com quatro variáveis independentes foi selecionado por apresentar os melhores estimadores de precisão, além de uma distribuição mais uniforme dos resíduos, que pode ser visualizada na Figura 08.

4.1.4.2 — Modelos de Natureza Logarítmica

O modelo com três variáveis independentes apresentou um erro padrão de estimativa em percentagem (S_{yx} %) igual a 0,776%, o que denota alta precisão. No entanto o teste de "corrida de sinais" que fornece o valor da probabilidade cumulativa, revelou ser este modelo bastante tendencioso. A análise gráfica, por sua vez, comprovou este resultado, pois a distribuição dos resíduos obedece a certo padrão que se repete com concentrações de pontos ora acima, ora abaixo da linha

de nulidade. Portanto o modelo escolhido foi aquele com quatro variáveis independentes, cujo erro médio, aqui representado pelo índice de Meyer, foi extremamente baixo — 0,16% — conforme pode-se observar no Quadro VII. Além de uma distribuição bem homogênea ao longo da amplitude de volumes observados, os resíduos em percentagem apresentaram uma magnitude de dispersão bastante reduzida, situando-se entre 0,48% e +0,42%. A distribuição dos resíduos percentuais encontra-se na Figura 09. O valor de "Z" apenas comprova que o modelo não é tendencioso, conforme já havia sido constatado pela análise gráfica.

5 — CONCLUSÕES

Dentre os modelos aritméticos pré-selecionados da literatura, destacou-se o modelo 10:

$$V = b_0 + b_1 G + b_2 h_{dom} + b_3 Gh_{dom},$$

que é a adaptação de SPURR (1951) para a "Fórmula Australiana".

Entre os modelos logarítmicos pré-selecionados da literatura o melhor foi o modelo 8:

$$\log V = \log b_0 + b_1 \log (Gh_{dom})$$

Os melhores modelos aritméticos testados apresentaram magnitude de dispersão dos resíduos em percentagem inferiores às dos melhores modelos logarítmicos, o mesmo acontecendo em relação aos erros médios.

No processo Stepwise de seleção de variáveis houve um acréscimo significativo quanto à precisão em relação aos modelos pré-selecionados da literatura. Os melhores modelos logarítmicos elaborados mostraram-se superiores aos aritméticos e semi-logarítmicos, apresentando menores valores para o erro padrão da estimativa.

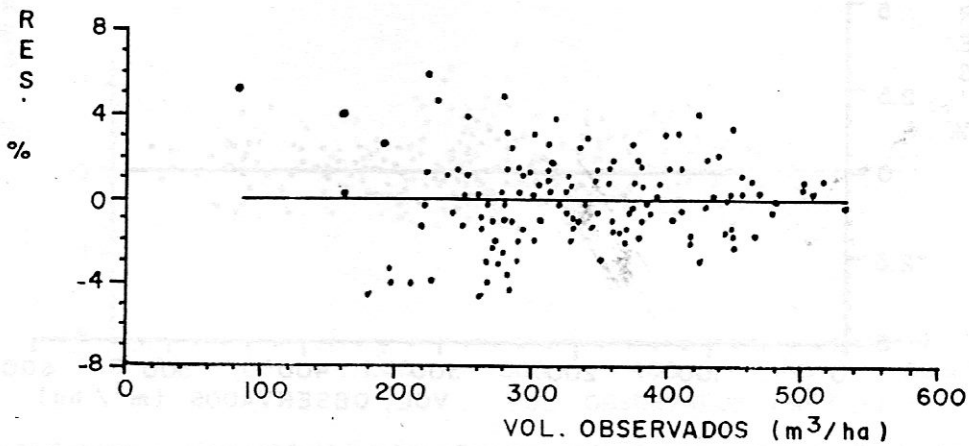


Figura 01: Distribuição dos Resíduos Percentuais do Volume com Casca para o Modelo Aritmético 10.

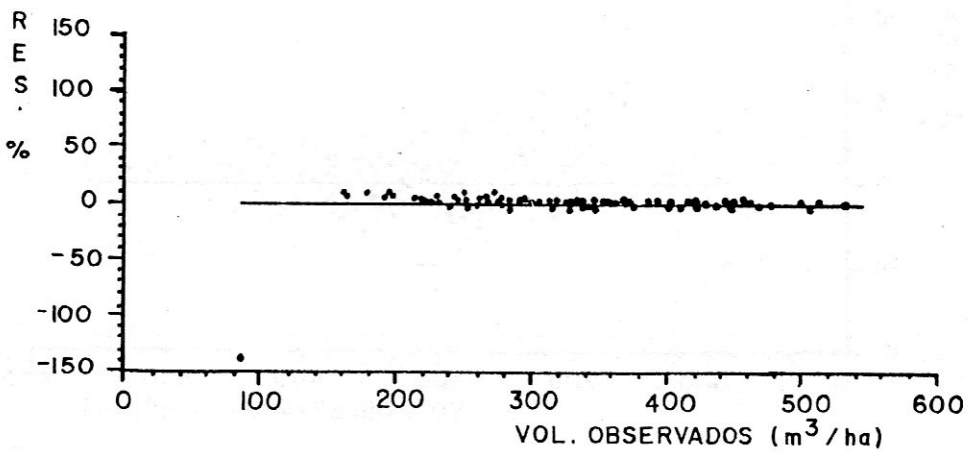


Figura 02: Distribuição dos Resíduos Percentuais do Volume com Casca para o Modelo Aritmético 16.

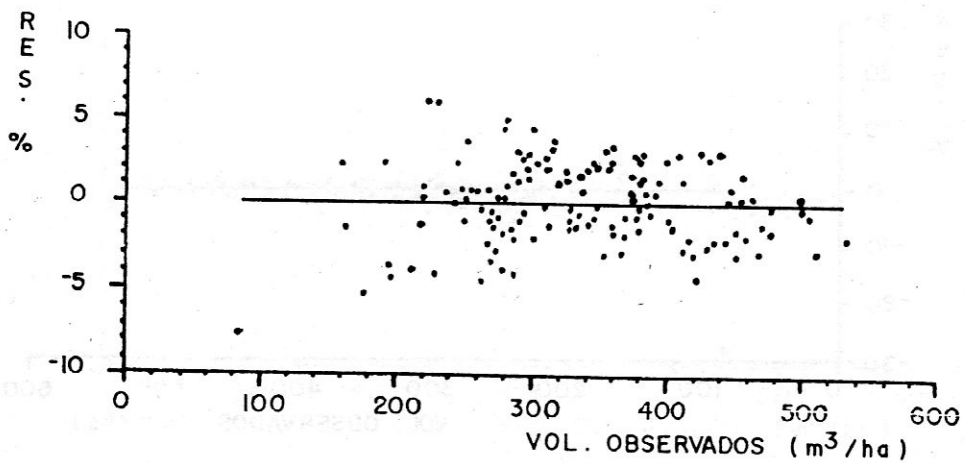


Figura 05: Distribuição dos Resíduos Percentuais do Volume com Casca para o Modelo Logarítmico 8.

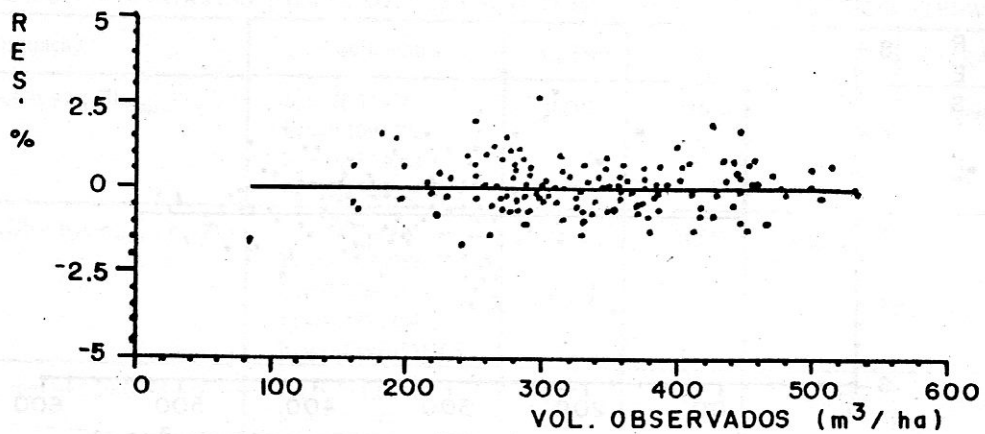


Figura 04: Distribuição dos Resíduos Percentuais do Volume com Casca para o Modelo Aritmético com 4 Variáveis Independentes — Processo Stepwise com Variáveis Pré-Selecionadas.

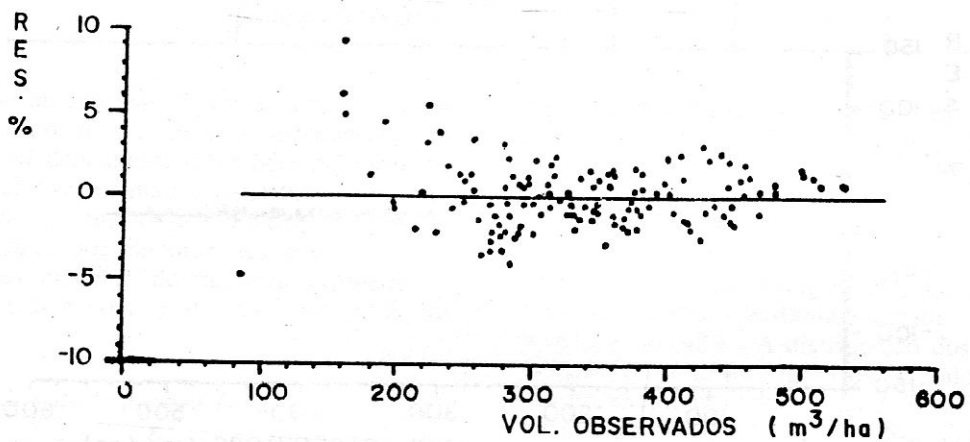


Figura 05: Distribuição dos Resíduos Percentuais do Volume com Casca para o Modelo Semi-Logarítmico com 2 Variáveis Independentes — Processo Stepwise com Variáveis Pré-Selecionadas.

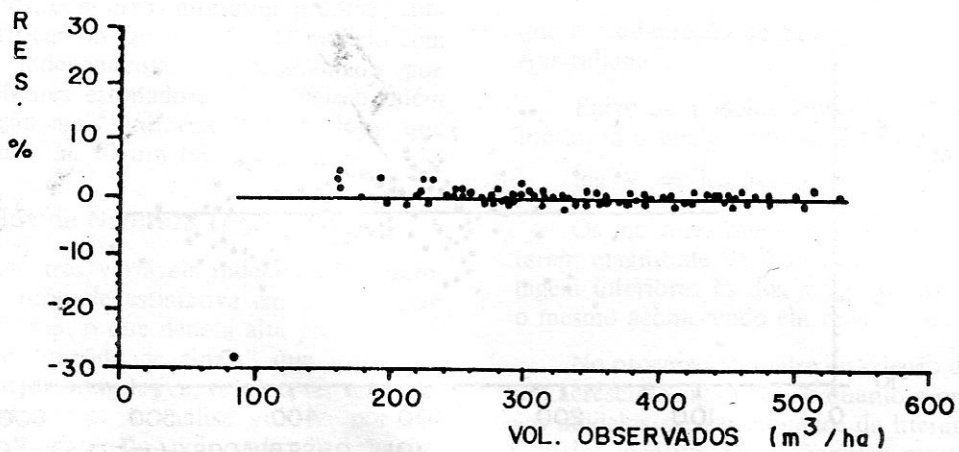


Figura 06: Distribuição dos Resíduos Percentuais do Volume com Casca para o Modelo Semi-Logarítmico com 4 Variáveis Independentes — Processo Stepwise com Variáveis Pré-Selecionadas.

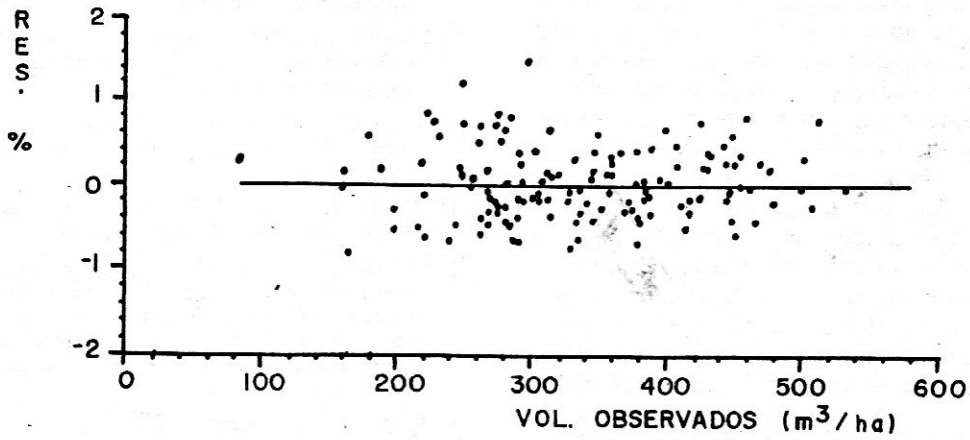


Figura 07: Distribuição dos Resíduos Percentuais do Volume com Casca para o Modelo Logarítmico com 4 Variáveis Independentes — Processo Stepwise com Variáveis Pré-Selecionadas.

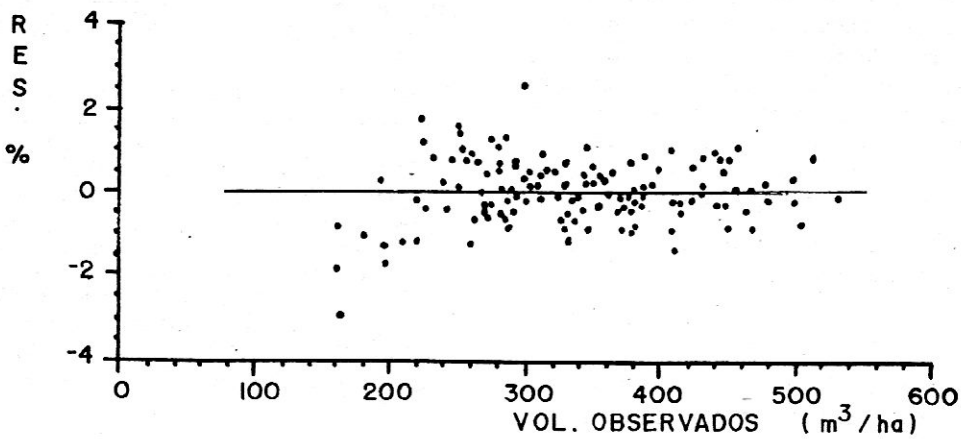


Figura 08: Distribuição dos Resíduos Percentuais do Volume com Casca para o Modelo Aritmético com 4 Variáveis Independentes — Processo Stepwise com todas as Variáveis.

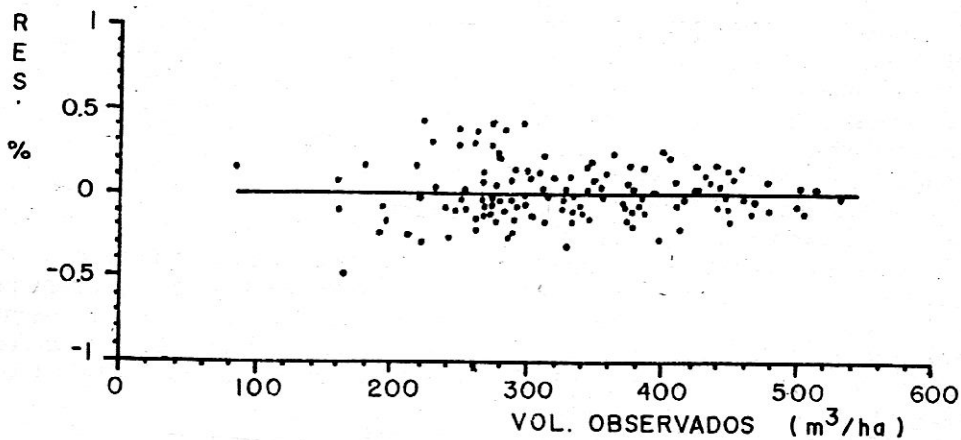


Figura 09: Distribuição dos Resíduos Percentuais do Volume com Casca para o Modelo Logarítmico com 4 Variáveis Independentes — Processo Stepwise com todas as Variáveis.

Quando todas as variáveis foram envolvidas no processo de seleção, inclusive aquelas de baixa correlação simples com a variável dependente, foram obtidos os melhores modelos no que se refere a ajuste e precisão. A utilização do valor da correlação simples na seleção prévia das variáveis a serem submetidas ao processo serviu como critério limitante quanto ao número de variáveis independentes, proporcionando, ao mesmo tempo, a inclusão daquelas de maior grau de associação com a variável dependente. Dado que os valores da correlação parcial se alteram quando da entrada de uma nova variável na equação, explica-se o fato de os modelos aritméticos e logarítmicos nessa fase terem apresentado elevadíssimos níveis de precisão, com erros variando de 0,16% a 0,86%, valores estes inferiores aos apresentados pelos modelos elaborados através do processo Stepwise quando estava envolvido apenas um conjunto restrito de variáveis independentes.

Esses modelos extremamente eficientes apresentam, no entanto, a inconveniência de envolverem três ou quatro variáveis independentes, o que dificulta a sua aplicabilidade não só em termos de coleta de dados no campo, mas também em relação ao processamento destes dados e elaboração da regressão. Uma alternativa possível seria a utilização de modelos que, embora sofrendo pequeno decréscimo quanto à precisão, fossem de aplicação relativamente fácil, como acontece, por exemplo, com o modelo com uma (1) variável independente elaborado através do processo Stepwise:

$V = b_0 + b_1 Gh_{dom}$, que apresentou o erro padrão da estimativa em percentagem igual a 2,14%.

6 — SUMMARY

The main objective of this research work was to develop models to predict volume per unit of area as a function of variables that can be easily obtained such as basal area, number of trees per hectare, average height, dominant height and combinations of them.

The data came from 150 sampling units of variable size in a 13 years old *Pinus taeda* L stand located in Pirai do Sul, Parana.

The individual volumes of trees were estimated through a standard volume equation, based on the measurements of DBH and total height. Sixteen arithmetic and ten logarithmic models, selected from literature, were tested. The most correlated variables with the volume per hectare, indicated by simple linear correlation, were submitted to the Stepwise procedure of selection of independent variables in order to build arithmetic, logarithmic and semilogarithmic models. The model $V/ha = b_0 + b_1 G + b_2 h_{dom} + b_3 Gh_{dom}$, selected from literature among others, presented a standard error of estimate in percent of 1,8%. The precision was significantly increased by using the Stepwise procedure; the logarithmic models were more precise than the arithmetic and semilogarithmic ones, presenting errors ranging from 0,4% to 2,3%. It was evident that the interaction terms Gh_{dom} and $\log(Gh_{dom})$ were always included in the composition of the best models.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUCKMAN, R.C. Development and use of three stand volume equations for Minnesota. *J. For.*, 59:573-5, 1961.
- CLUTTER, J.L.; FORTSON, J.C.; PIENAAR, L.V.; BRISTER, G.H. & BAILEY, R.L. *Timber Management: a quantitative approach*. New York, John Wiley & Sons, 1983. 333 p.
- COLE, D.M. A cubic foot stand volume equation for lodgepole pine in Montana and Idaho. *U.S.D.A. For. Ser. Res. Note INT — 150*, 1971.
- DRAPER, N.R. & SMITH, A. *Applied regression analysis*. New York, John Wiley & Sons, 1966. 407 p.
- FIGUEIREDO, A. *Estudos de modelos matemáticos para estimar o volume por unidade de área em uma floresta tropical úmida na Amazônia Brasileira*. Curitiba, 1983. 150 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- FREESE, F. *Elementary forest sampling*. U.S. Forest Service, Southern Forest Experimental Station Agriculture Handbook n.º 232, 1962, 91 p.
- MACHADO, S.A. Aplicabilidade de equações de regressão em inventários florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2., Curitiba, 1973. *Anais*. Curitiba, FIEP, 1973. p. 175-7.
- MEYER, H.A. The standard error of estimate of tree volume from the logarithmic volume equation. *J. For.*, 36:342-430, 1938.
- ROSOT, M.A.D. *Estudo comparativo de métodos para a avaliação volumétrica por unidade de área em um povoamento de Pinus taeda L*. Curitiba, 1989, 163 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 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*. Curitiba, 1979. 85 f. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- SPURR, S.H. *Forest Inventory*. New York, Ronald Press, 1951. 476 p.

INVENTÁRIO FLORESTAL NACIONAL UMA PROPOSTA PARA O CASO BRASILEIRO*

Hugo Barbosa Amorim
UFRRJ - Instituto de Florestas
23851 - Itaguaí - Rio de Janeiro - Brasil

Sylvio Péllico Neto
UFPR - Curso de Engenharia Florestal
80000 - Curitiba - Paraná - Brasil

ABSTRACT

The main aim of this paper is to once again to deal with the question of implementing a National Forest Inventory — NFI which is essential to a Forest Policy. This paper analyses the Brazilian experience in this field, carried out by RADAM PROJECT Silvicultural

* Trabalho apresentado no 6.º Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Campos do Jordão — São Paulo — Brasil, de 22 a 27 de setembro de 1990.