Pesquisa Florestal Brasileira
Brazilian Journal of Foresty Research
www.cnpf.embrapa.br/pfb

Equação de volume e relação hipsométrica em plantio de *Ocotea porosa*

Andreia Taborda dos Santos[1], Patricia Povoa de Mattos[2], Evaldo Muñoz Braz[2], Nelson Carlos Rosot[1]

[1] Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil
[2] Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, CP 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

*Autor correspondente:
andreiataborda@yahoo.com.br

Termos para indexação:
Manejo florestal
Floresta Ombrófila Mista
Equação de volume

Index terms:
Forest management
Araucaria Forest
Volume equation

Histórico do artigo:
Recebido em 14 out 2011
Aprovado em 08 mar 2012
Publicado em 30 mar 2012

doi: 10.4336/2012.pfb.32.69.13

Resumo - Conhecer o volume de madeira de uma floresta é de extrema relevância. Equações de volume para espécies da Floresta Ombrófila Mista se restringem quase que exclusivamente a araucária. Equações de volume para imbuia *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso são inexistentes. O presente trabalho tem por objetivo desenvolver equação de volume e relação hipsométrica para árvore individual de *Ocotea porosa* na região de Rio Negro, PR. Foram derrubadas 12 árvores, com DAP entre 3,98 cm e 43,13 cm e altura entre 5,1 m e 20,4 m. Foi feita cubagem rigorosa de cada uma das árvores. Para desenvolvimento da equação de volume, foram testados onze modelos matemáticos. Os critérios utilizados para a seleção da melhor equação foram o coeficiente de determinação ajustado, o erro padrão da estimativa em porcentagem, o valor de F calculado e análise gráfica de resíduos. O modelo de Kopezky-Gehrart apresentou alto coeficiente de determinação ajustado (0,97), baixo erro padrão da estimativa (16,7%) e alto valor de F calculado (382,6), com boa distribuição de resíduos. Os resultados obtidos indicam que o modelo pode ser utilizado para quantificação de volume com casca, o que é muito importante em conjunto com outras informações, para tomada de decisão no manejo florestal.

Estimating wood volume in plantation of Ocotea porosa

Abstract - To know the volume of wood from a forest is extremely important. Volume equations for species from the Araucaria Forest are restricted almost exclusively to plantations of araucaria. Equations for *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso plantations are inexistent. The present work aims to develop equation for individual tree volume and hypsometric relation from an *Ocotea porosa*, established in the region of Rio Negro, PR. Twelve trees were logged with DBH from 3.98 cm to 43.13 cm and height from 5.1 m to 20.4 m. All the trees were measured and cubed. Eleven mathematical models were tested for the development of the volume equation. The criteria used for selecting the best equation were the adjusted coefficient of determination, the standard error of estimative in percentage, the value of F calculated and graphical analysis of the residuals. The model-Kopezky Gehrart, presented a high coefficient of determination (0.97), low standard error of estimate (16.7%) and high value of calculated F (382.6), with good distribution of residuals. The results indicate that this model can be used to quantify the volume with bark, which is very important in conjunction with other information for decision making in forest management.

Introdução

Conhecer o volume de madeira de uma floresta é de extrema relevância, e a cada dia torna-se mais importante para a implantação de plantios de espécies nativas, pois a valorização da madeira, o uso social, ecológico e economicamente correto do recurso florestal é uma forte demanda da sociedade. Essa preocupação remete ao planejamento, ordenamento e a otimização do uso da madeira, com precisão na quantificação do volume dos povoamentos florestais.

As equações volumétricas são fundamentais na tomada de decisão para o manejo florestal. Por isso, várias equações matemáticas foram desenvolvidas para se estimar o volume de madeira em florestas naturais e plantadas, utilizando o volume, como variável dependente, associado a variáveis independentes de fácil mensuração, como o diâmetro a 1,30 m do solo e a altura (Machado & Figueiredo Filho, 2003). No entanto, a grande variabilidade ambiental e genética dos materiais nativos leva à necessidade de desenvolvimento de equações específicas, para cada sítio a ser manejado.

A imbuia (*Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso) desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento econômico e cultural na região sul do Brasil. Apesar da existência de instrumentos legais que impedem a exploração dessa espécie, sua madeira até hoje é considerada como uma das mais valiosas para a indústria de móveis e construção civil, em função de seu lenho moderadamente pesado e resistente ao ataque de fungos (Amato, 2008). Alguns levantamentos florísticos ainda mostram a ocorrência de *Ocotea porosa* em remanescentes da Floresta Ombrófila Mista (FOM) (Negrelle & Silva, 1992; Schaaf et al., 2006; Herrera et al., 2009; Albuquerque et al., 2011). No entanto, verificou em sítios onde a espécie ocorre atualmente em baixa frequência, como em Turvo, PR (Zampieri & Salvador, 2006), aliado à intensa fragmentação da FOM (Santos et al., 2006; Campanili & Prochow, 2006), levaram à inclusão de *Ocotea porosa* na lista oficial das espécies vulneráveis (Ibama, 1992; International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 1994), sendo incluída, anos mais tarde, na lista de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção (Brasil, 2006), inviabilizando o manejo da espécie em condições naturais (Santos et al., 2006; Capobianco, 2001), justificando esforços para suprir a demanda de mercado com plantios comerciais de *Ocotea porosa*.

Algumas estimativas de volume foram desenvolvidas para *Ocotea porosa* em condições naturais (Sanquetta et al., 2003; 2007; 2010; Canalez et al., 2006), não sendo encontrada equação para estimativa do volume em madeira para essa espécie sob condições de plantio homogêneo.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi ajustar modelos volumétricos e relação hipsométrica para *Ocotea porosa* em um povoamento homogêneo com 44 anos na região de Rio Negro, estado do Paraná.

Material e métodos

Os dados utilizados para desenvolver este trabalho foram obtidos de experimento implantado em 1967, com 32 parcelas permanentes, com espaçamento entre árvores de 1,9 m x 3,0 m. As parcelas estão localizadas na Estação Experimental de Rio Negro (coordenadas 26°04'02,40"S e 49°45'58,76"W), da Universidade Federal do Paraná, distrito de Tijuco Preto, PR.

Foi realizada a medição dos diâmetros a 1,30 m do solo (DAP) de todas as árvores do povoamento. As árvores foram distribuídas em sete classes sociológicas, definidas em função da média e desvio padrão dos diâmetros das árvores do povoamento (Tabela 1).

O diâmetro do centro de cada classe foi o determinante na escolha das árvores a serem abatidas. Para cubagem rigorosa foram selecionadas árvores dominantes, codominantes, intermediárias e suprimidas. Em função de restrições para retirada de árvores, foram derrubadas duas árvores por classe diamétrica. Foi efetuada a cubagem rigorosa de cada uma das árvores até 4,0 cm de diâmetro com casca, estabelecido como o limite de

Tabela 1. Distribuição diamétrica do povoamento de *Ocotea porosa*, em Rio Negro, PR com base no diâmetro médio e desvio padrão.

Classe	Limite inferior	Centro de classe	Limite superior
1	$\bar{d} - 3{,}5s$	$\bar{d} - 3{,}0s$	$\bar{d} - 2{,}5s$
2	$\bar{d} - 2{,}5s$	$\bar{d} - 2{,}0s$	$\bar{d} - 1{,}5s$
3	$\bar{d} - 1{,}5s$	$\bar{d} - 1{,}0s$	$\bar{d} - 0{,}5s$
4	$\bar{d} - 0{,}5s$	$\bar{d}$	$\bar{d} + 0{,}5s$
5	$\bar{d} + 0{,}5s$	$\bar{d} + 1{,}0s$	$\bar{d} + 1{,}5s$
6	$\bar{d} + 1{,}5s$	$\bar{d} + 2{,}0s$	$\bar{d} + 2{,}5s$
7	$\bar{d} + 2{,}5s$	$\bar{d} + 3{,}0s$	$\bar{d} + 3{,}5s$

diâmetro comercial, semelhante ao utilizado por Campos et al. (1986); Sturion et al. (1988); Sturion & Tomaselli, (1990) e Machado et al. (2008). Com a medida dos diâmetros e o comprimento de cada segmento calculou-se o volume total de madeira de cada árvore pelo método de Smalian.

Para estimativa dos volumes individuais com casca, foram ajustados 11 modelos matemáticos (Tabela 2).

Os modelos matemáticos utilizam como variáveis independentes a altura do fuste (h) e os diâmetros tomados à altura do peito (DAP ou d), de forma a obter a variável dependente volume (v) com casca em m³. Os modelos 1 a 4 são equações de simples entrada (utilizam somente o DAP como variável independente), enquanto que os demais modelos (5 a 11) são de dupla entrada (usam o DAP e a altura). Os volumes foram estimados por meio das equações obtidas com o ajuste dos modelos.

Os critérios utilizados para a seleção da melhor equação foram o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), o erro padrão da estimativa em porcentagem (Syx%), valor de F calculado ($F_{cal.}$) e a análise gráfica de resíduos.

Nos modelos onde a variável dependente sofreu transformação logarítmica foi necessário recalcular os valores de volume estimados pela equação (1), fazendo a correção da discrepância logarítmica, pela multiplicação do volume estimado para cada árvore pelo fator de correção de Meyer, sendo calculado na sequência o R^2, o $R^2_{aj.}$, o Syx e o Syx% com base nos volumes recalculados.

Fator de Meyer = $e^{0,5 \cdot Syx^2}$

Sendo:

e = 2,718281828;

Syx^2 = erro padrão da estimativa ao quadrado

A distribuição dos resíduos é um indicador importante e muito utilizado para avaliar a qualidade do ajuste da equação. Consiste em estudar o comportamento do modelo usando o conjunto de dados observados, evidenciando as discrepâncias entre os valores observados e os valores ajustados pelo modelo (Bussab & Morettin, 2002).

A tendência de super ou subestimar as estimativas pode ser determinada pela distribuição não uniforme dos

Tabela 2. Modelos matemáticos ajustados para estimativa do volume de *Ocotea porosa*, em Rio Negro, PR.

N	Modelo	Designação - Autor
01	$vol = \beta_0 + \beta_1 d^2$	Kopezky-Gehrart
02	$vol = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	Hohenald e Krenn
03	$\ln vol = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Husch
04	$\ln vol = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 (1/d)$	Brenac
05	$vol = \beta_1 (d^2 h)$	Spurr sem β_0
06	$vol = \beta_0 + \beta_1 (d^2 h)$	Spurr Variável combinada
07	$vol = \beta_0 + \beta_1 h + \beta_2 d^2 + \beta_3 (d^2 h)$	Stoate
08	$vol = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 (d^2 h) + \beta_3 (d h^2) + \beta_4 h^2$	Naslund
09	$vol = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 h + \beta_3 d^2 + \beta_4 (d^2 h) + \beta_5 (dh)$	Meyer
10	$\ln vol = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 \ln h$	Schumacher-Hall
11	$\ln vol = \beta_0 + \beta_1 \ln (d^2 h)$	Spurr

vol = volume da árvore; d = diâmetro a 1,30 m do solo; h = altura total; e $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 = coeficientes de regressão.

dados ao longo da reta que corresponde ao resíduo zero. Esta análise é feita levando em consideração a equação (2), utilizada para obter os valores dos resíduos em sua forma relativa:

$$e = \left(\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right) * 100 \qquad (2)$$

Sendo:
$e\%$ = resíduo;
$\overline{Y}$ = valores reais observados;
$\hat{Y}_i$ = valores estimados pela equação.

Segundo Draper & Smith (1980), a análise gráfica dos resíduos em sua forma relativa, em função da variável dependente estimada, é a maneira mais adequada de se verificar possíveis tendenciosidades da estimativa da variável dependente ao longo da linha de regressão.

Para a escolha do melhor modelo, o valor ponderado foi determinado atribuindo-se valores aos parâmetros estatísticos calculados. Os parâmetros foram ordenados de acordo com sua eficiência, sendo atribuído para cada parâmetro, pesos entre 1 e 11, sendo 1 para a melhor equação para determinado parâmetro e 11 para a pior, sendo somados os valores finais para cada equação. O modelo que apresentou o menor valor ponderado e a melhor distribuição dos resíduos foi considerado o melhor para se estimar o volume em madeira do povoamento.

Relação hipsométrica é a relação entre a altura das árvores e seu respectivo DAP, tratando-se de um quociente H/D (altura/diâmetro). É representada por uma curva ascendente com graus de inclinação e concavidade dependentes das características do povoamento florestal, chamada de curva hipsométrica, ou seja, curva de diâmetro sobre altura. Conforme Bartoszeck et al. (2004), a inclinação da curva hipsométrica é determinada pelo crescimento relativo dos diâmetros e das alturas das árvores que compõem o povoamento.

Em inventários de plantações florestais é comum medir os diâmetros de todas as árvores da amostra e apenas parte das alturas. Segundo Couto & Bastos (1987), o uso de relações hipsométricas em inventário florestal vem se constituindo em uma operação rotineira para cálculo do volume de madeira em pé e estimativa da altura das árvores através da relação DAP e altura.

O princípio do ajuste destes modelos é a análise de regressão, que consiste em determinar os coeficientes do modelo através do método de mínimos quadrados, ou seja, determinar os coeficientes em que a soma dos quadrados dos resíduos (erros) seja o mínimo valor possível.

Para relação hipsométrica do povoamento, foram ajustados quatro modelos matemáticos (Tabela 3).

Tabela 3. Modelos matemáticos ajustados para relação hipsométrica de *Ocotea porosa*, em Rio Negro, PR.

E	Modelo	Designação - Autor
01	$h = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	Regressão Trorey
02	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Regressão Henricksen
03	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 (1/d)$	Regressão Curtis (Ln)
04	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \mathrm{Ln} d$	Regressão Stofells (Ln)

Resultados

O povoamento de *Ocotea porosa* com 44 anos era constituído de 963 árvores por hectare, distribuídas numa área de 0,8937 hectares num total de 32 parcelas, apresentando diâmetro médio de 22 cm e um desvio padrão de 8,43 cm. A distribuição por classe diamétrica deu-se a partir do diâmetro médio e do desvio padrão (Tabela 4), na qual a menor classe de diâmetro adotada foi a classe II, pois não haviam indivíduos na primeira classe, representando seis classes diamétricas, com DAP entre 3,98 cm e 43,13 cm e altura entre 5,10 m e 20,40 m.

Observou-se uma concentração de árvores nas classes centrais, como apresentado na Figura 1, sendo que 485 árvores por hectare estavam em condições de maior exposição à luz solar entre parcelas e na bordadura externa.

A curva das frequências dos diâmetros foi a de distribuição normal com leve assimetria, sendo o lado esquerdo mais curto que o lado direito (Figura 1), que pode ser acentuado com o desbaste baixo (Burger, 1980; Gadow & Hui, 1997).

A seleção da melhor equação para predição de volume não é uma decisão trivial e depende da avaliação simultânea de vários parâmetros estatísticos associados ao melhor ajuste e maior simplicidade do modelo (Draper & Smith, 1980).

Tabela 4. Distribuição diamétrica do povoamento de *Ocotea porosa*, em Rio Negro, PR.

Classe	Limite inferior	C. Classe	Limite superior
1	-7,8	-4	0,6
2	0,6	5	9,1
3	9,1	13	17,5
4	17,5	22	25,9
5	25,9	30	34,4
6	34,4	39	42,8
7	42,8	47	51,2

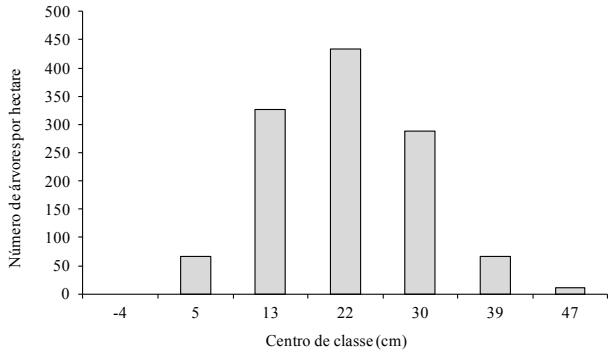

Figura 1. Distribuição diamétrica equivalente a um hectare de plantio de *Ocotea porosa* com 44 anos.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da análise de regressão dos onze modelos testados, sendo que sete dos onze modelos apresentaram bons ajustes. Em geral, os modelos apresentaram alto coeficiente de determinação, com valores superiores a 0,96; e erro da estimativa percentual variando de 15,98% a 35,96%. O F calculado variou de 60,88 a 1523,71.

Os valores ponderados estão apresentados na Tabela 6. Os modelos de Spurr sem β_o e o Spurr variável combinada foram os que apresentaram os melhores resultados, seguido de Kopezky-Gehrart.

Destaca-se que o parâmetro Fcal, não foi o melhor para os modelos 1 e 6, dentre os modelos testados, entretanto obtiveram um melhor valor de Syx%.

Os gráficos de resíduos não devem ser observados isoladamente, mas sim aliado aos dados do R²aj, e do Syx%, de forma a verificar o comportamento do modelo matemático em toda a linha de regressão.

Os gráficos dos resíduos dos três modelos que apresentaram melhores escores podem ser visualizados na Figura 2, bem como as equações de volume total ajustadas na Tabela 7.

A equação de Regressão Henricksen ajustada apresentou resultados satisfatórios de estimativa de altura, com alto valor do coeficiente de determinação ajustado (R²aj = 0,85), e baixo erro padrão da estimativa em porcentagem (Syx % = 11,86%) e valor de Fcalc de 66,37. O gráfico de resíduos encontra-se na Figura 3.

Tabela 5. Parâmetros estatísticos obtidos para o ajuste dos modelos para estimativa de volume de *Ocotea porosa*.

Equação	Coeficientes						R²aj	Syx%	Fcal
	β0	β1	β2	β3	β4	β5			
1	-0,10917	0,001211	-	-	-	-	0,9619	16,79	382,6
2	-0,0961	-0,00097	0,001227	-	-		0,9746	17,30	180,4
3	-9,79618	2,872497	-	-	-	-	0,8716	35,96	736,7
4	-5,38372	1,738097	-16,8821	-	-	-	0,9690	17,95	899,5
5	-	0,0000554	-	-	-	-	0,9646	17,97	971,2
6	-0,2273	0,0000563	-	-	-	-	0,9700	15,98	423,5
7	1,70317	-0,09102	-0,00136	0,000127	-	-	0,9668	17,39	119,4
8	1,552661	-0,00235	0,000135	0,000123	-0,00589075	-	0,9720	18,27	81,2
9	-9,6089	0,902708	0,472601	-0,01878	0,000984	-0,04469	0,9703	18,89	60,9
10	-11,0121	2,316272	1,035213	-	-	-	0,9680	19,58	699,7
11	-11,1186	1,131081	-	-	-	-	0,9767	17,66	1523,7

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 = coeficientes de regressão; R²aj. = coeficiente de determinação ajustado; Syx% = erro padrão da estimativa em porcentagem; Fcal = valor de F.

Tabela 6. Ordenamento (ranking) dos modelos ajustados, segundo cada estatística e total para estimativa de volume de *Ocotea porosa*, em Rio Negro, PR.

E	Modelo	Parâmetros estatísticos			Valor
		R² ajustado	Syx %	F cal	Ponderado
1	Kopezky-Gehrart	3	2	7	12
2	Hohenald e Krenn	4	3	8	15
3	Husch	11	11	4	26
4	Brenac	7	6	3	16
5	Spurr sem β_0	1	7	2	10
6	Spurr Variável Combinada	2	1	6	9
7	Stoate	5	4	9	18
8	Naslund	8	8	10	26
9	Meyer	9	9	11	29
10	Schumacher-Hall	10	10	5	25
11	Spurr	6	5	1	12

R²aj - coeficiente de determinação ajustado; Syx% - erro padrão da estimativa em porcentagem; Fcal - valor de F da análise de variância.

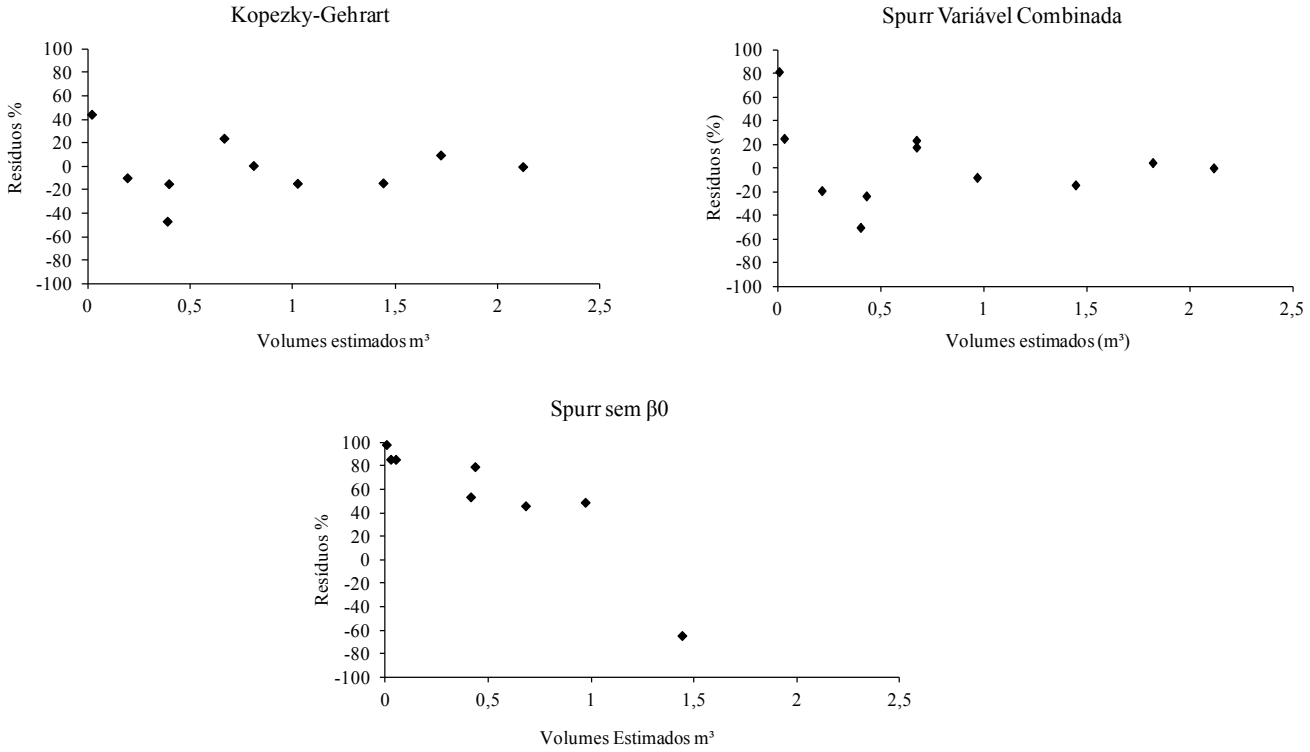

Figura 2. Gráficos de distribuição de resíduos para as equações de Kopezky-Gehrart, Spurr variável combinada e Spurr sem βo.

Tabela 7. Equações volumétricas de *Ocotea porosa,* em Rio Negro, PR.

Designação - Autor	Equação Ajustada
Kopezky-Gehrart	V= -0,10917 + 0,001211d²
Spurr variável combinada	V= -0,02273 + 5,63E-05(d²h)

Sendo: V = volume com casca em m³; *d* = diâmetro a 1,30 m de altura do solo em cm; *h* = altura total da árvore em metros.

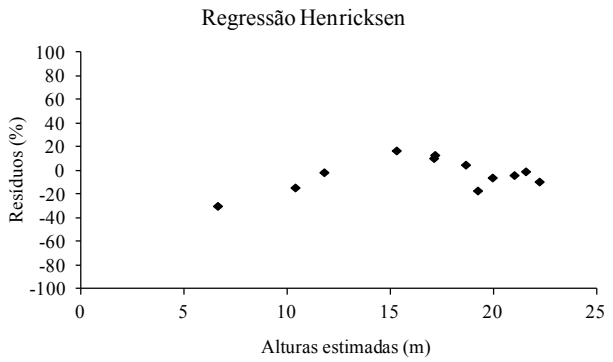

Figura 3. Distribuição de resíduos para a equação hipsométrica de *Ocotea porosa*, em Rio Negro, PR.

Discussão

Equações de volume desenvolvidas para plantios de espécies da Floresta Ombrófila Mista se restringem quase que exclusivamente a plantios de araucária e *Mimosa scabrella* (Machado et al., 2008). Equações para imbuia são inexistentes, dificultando o planejamento da produção em plantios dessa espécie.

Entre as equações de dupla entrada (diâmetro e altura) as equações de Spurr sem β_o e Spurr variável combinada apresentaram o menor valor na ponderação. Mesmo tendo apresentado o melhor valor ponderado o modelo de Spurr sem β_o pois apresentou distribuição de resíduos não aleatória. Entre as equações de simples entrada, a de Kopezky-Gehrart apresentou a menor pontuação da ponderação, melhor distribuição de resíduos e melhor estimativa do volume. Os modelos Kopezky-Gehrart e Spurr variável combinada apresentaram distribuição de resíduos não aleatória ao longo da reta.

Considerando que o modelo de Kopezky-Gehrart é de simples entrada, ou seja, não utiliza a variável altura, seria o mais indicado quando houver necessidade de otimizar as atividades de campo e o de Spurr variável combinada, quando for necessária maior precisão da estimativa. As equações de volume de simples entrada são mais vantajosas por demandarem menor esforço no campo e processamento (Couto & Bastos, 1987). No entanto, as equações de dupla entrada devem ser utilizadas quando se deseja maior precisão nas estimativas (Thiersch et al., 2006). Outros trabalhos indicam modelos de simples e de dupla entrada para estimativa de volume de povoamentos, como o de Tonini et al. (2005), para paricá; Thiersch et al. (2006), para *Eucalyptus* e Vieira et al. (2008), para teca.

Segundo Thiersch et al. (2006), as equações de simples entrada são normalmente aplicadas quando a correlação entre o diâmetro e a altura é muito forte. As árvores de *Ocotea porosa* estudadas apresentaram alta correlação entre altura e diâmetro, sendo desse modo compatível com a seleção do modelo de Kopezky-Gehrart, de simples entrada. Esse modelo também foi o que apresentou o melhor ajuste em trabalhos com estimativa de volume em *Eucalyptus* (Thiersch et al., 2006) e Paricá (Tonini et al., 2005).

Pela aplicação da equação selecionada ($v=-0{,}069+0{,}0011d^2$), observa-se que as parcelas com maior percentual de volume de árvores de bordadura apresentaram maior volume total, refletindo o efeito negativo da competição por luz nas árvores internas.

Durlo et al. (2004) demonstrou em trabalho com *Cedrela fissilis* que o pequeno número de árvores amostradas apresentam resultados significativos e apesar do pequeno número de indivíduos, o que não permite generalizações definitivas, apresentou dados consistentes demonstrando o valor da metodologia e as possibilidades de uso dos resultados. Semelhante observado neste estudo.

Conclusões

As melhores equações para estimativa do volume do povoamento foram a de Spurr variável combinada de dupla entrada, e a de Kopezky-Gehrart, de simples entrada, sendo essa a mais indicada pela facilidade de coleta de dados no campo.

Essas equações podem ser usadas como suporte ao manejo de reflorestamentos de *Ocotea porosa*, com diâmetros inferiores a 50 cm de DAP.

Referências

ALBUQUERQUE, J. M.; WATZLAWICK, L. F.; MESQUITA, N. S. Efeitos do uso em sistema faxinal na florística e estruturas em duas áreas da Floresta Ombrófila Mista no município de Rebouças, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 21, n. 2, p. 323–334, abr./jun. 2011.

AMATO, C. M. **Ecologia de populações de *Ocotea Porosa* (Nees) Barroso em áreas submetidas a diferentes graus de perturbação**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracatinga da região metropolitana de Curitiba, PR. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 517-533, 2004.

BRASIL. Lei da Mata Atlântica (2006). In: _____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: coletânea de legislação de direito ambiental. 5. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2006. Organização O. Medauar.

BURGER, D. **Ordenamento florestal 1**: a produção florestal. 4. ed. Curitiba: FUPEF, 1980. 124 p.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. São Paulo: Saraiva, 2002. 526 p.

CAMPANILI, M.; PROCHNOW, M. **Mata Atlântica**: uma rede pela floresta. Brasília, DF: RMA, 2006. 332 p.

CAMPOS, C. H. O.; GRAÇA, L. R.; RIBAS, L. C. A produtividade do bracatingal tradicional através do tempo (Yield of traditionally managed bracatinga (*Mimosa scabrella,* Benth) through time). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 12, p. 35-46, 1986.

CANALEZ, G. G.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica da estrutura da comunidade de lauráceas no período 1995-2004 em uma floresta de araucária no sul do estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 4, p. 357-367, 2006.

CAPOBIANCO, J. P. R. Situação atual e perspectivas para a conservação da Mata Atlântica. In: LIMA, A. **Aspectos jurídicos da proteção da Mata Atlântica**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2001, p. 9-15. (Documentos do ISA; 7).

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 37, p. 33-44, dez.1987.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1980. 709 p. (Wiley Series in probability and mathematical statistics).

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 14, n. 2, p. 79-90, 2004.

GADOW, K. V.; HUI, G. Y. **Modelling forest development**. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1999.

HERRERA, H. A. R.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. Análise florística e fitossociológica do componente arbóreo da Floresta Ombrófila Mista presente na reserva florestal Embrapa/ Epagri, Caçador, SC – Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3 p. 485–500, jul./set. 2009.

IBAMA. **Lista oficial da flora ameaçada de extinção**. 1992. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/flora/extincao.htm>. Acesso: 20 ago. 2011.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. **The IUCN red list of threatened species**. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 14set. 2011.

MACHADO, S. A.; MELLO, J. M.; BARROS, D. A. Comparação entre métodos para avaliação de volume total de madeira por unidade de área, para o pinheiro do Paraná, na região sul do Brasil. **Cerne**, Lavras, MG, v. 6, n. 2, p. 55–66, 2000.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba, 2003. 309 p.

MACHADO, S. A.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; TÉO, S. J.; STOLLE, L.; URBANO, E. Modelagem volumétrica para bracatinga (*Mimosa scabrella*) em povoamentos da Região Metropolitana de Curitiba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 17-29, jan./jun. 2008.

NEGRELLE, R. A.; SILVA, F. C. Fitossociologia de um trecho de floresta com *Araucaria angustifólia* (Bert.) O. Ktze. no município de Caçador – SC. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 24/25, p. 37–54, jan./dez. 1992.

OLIVEIRA, M. F. de.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; ROSOT, M. A. D.; ROSOT, N. C.; SANTOS, W. C. **Equação de volume para um plantio de *Araucaria angustifolia* em Rio Negro, PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 275).

SANQUETTA, C. R.; DALLA CÔRTE, A. P.; SALZMANN, A. M.; VULCANIS, L. Dinâmica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná sob influência de taquaras. **Ambiência**, Guarapuava, v. 3, n. 1, p. 65-78, jan./abr. 2007.

SANQUETTA, C. R.; CÔRTE, A. P. D.; EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2003.

SANQUETTA, C. R.; THIELE, P.; CÔRTE, A. P. D. Crescimento, mortalidade e recrutamento de duas Florestas de Araucária no Estado do Paraná, Brasil, no período de 1995-2007. **Naturalia**, Rio Claro, v. 33, p. 117-126, 2010.

SANTOS, K.; SANQUETTA, C. R.; EISFIELD, R. L.; WATZÇAWOCK, L. F.; ZILIOTTO, M. A. B. Equações volumétricas por classe diamétrica para algumas espécies folhosas da Floresta Ombrófila Mista no Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 8, n. 1, p. 99-112, jan./jun. 2006.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R.; LONGHI, S. J. Modificações florístico; estruturais de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana no período entre 1979 e 2000. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 3, p. 271–291, 2006.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; CHEMIN, M. S. Qualidade da madeira de *Eucalyptus vimanalis* para fins energéticos em função do espaçamento e idade de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 16, p. 55-59, 1988.

STURION, J. A.; TOMASELLI, I. Influência do tempo de estocagem de lenha de bracatinga na produção de energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p. 37-47, dez. 1990.

THIERSCH, C. R.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MAESTRI, R.; DEHON, G. Acurácia dos métodos para estimativa do volume comercial de clones de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, MG, v. 12, n. 2, p. 167-181, abr./jun. 2006.

TONINI, H.; PEREIRA, M. R. N.; ARCO-VERDE, M. F.; OLIVEIRA JUNIOR, M. M. de. **Seleção de equações para o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), no estado de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 19 p. (Embrapa Roraima. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 4).

VIEIRA, A. H.; ROCHA, R. B.; BENTES-GAMA, M. de M.; LOCATELLI, M. **Desempenho de teca (*Tectona grandis*) em plantio adensado no Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. 14 p. (Embrapa Rondônia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 56).

ZAMPIERI, L.; SALVADOR, E. D, Levantamento de três espécies arbóreas nativas produtoras de madeiras nobres no Município de Turvo – PR. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, v. 1, n. 1, p. 32–43, dez. 2006.