

RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL

Jonathan William Trautenmüller¹, Rafaelo Balbinot², Gustavo Luis Gonzatto³,
Luciano Farinha Watzlawick⁴, Rafael Vendruscolo⁵

1. Eng. Florestal. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen – RS (jwtrautenmuller@yahoo.com.br).
2. Engenheiro Florestal, Doutor, Professor da UFSM, campus Frederico Westphalen – RS.
3. Acadêmico do curso de Engenharia Florestal campus Frederico Westphalen – RS.
4. Engenheiro Florestal, Doutor, Professor da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), campus Iratí – PR.
5. Eng. Florestal. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen – RS.

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

Para estudos de volumetria medidas fidedignas de altura são de extrema importância, assim diminuindo erros de estimativa de volume. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o ajuste de modelos hipsométricos em fragmentos de Floresta Estacional Decidual no sul do Brasil. Foram testados nove modelos hipsométricos selecionados com base no coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa relativo ($S_{yx}\%$) e análise da distribuição dos resíduos. Para o ajuste geral o modelo selecionado foi o de Naslund, com R^2_{aj} de 0,95 e $S_{yx}\%$ de 21,86. Os ajustes por classes de diâmetro foram menos precisos, com exceção da classe de diâmetro acima de 30 cm, que forneceu valores de R^2_{aj} de 0,97 e $S_{yx}\%$ de 17,69. O ajuste demonstrou que os dados não apresentam necessidade de agrupamento.

PALAVRAS-CHAVE: classes de diâmetros, modelos hipsométricos, modelo de Naslund.

HYPSONETRIC RELATION IN DECIDUOUS FOREST

ABSTRACT

For studies of volumetry reliable height measurements are of utmost importance, thus reducing errors in estimated volume. Thus, this work aimed to fit hypsonetric models for fragments of Deciduous Forest in southern Brazil. Nine hypsonetric models selected based on the adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}), standard error of the estimate for ($S_{yx}\%$) and analysis of the distribution of residuals. For the general adjustment the selected model was the Naslund with R^2_{aj} 0.95 and $S_{yx}\%$ of 21.86. The adjustments by diameter classes were less accurate, except for the class of diameter above 30 cm, which provided values of R^2_{aj} 0.97 and $S_{yx}\%$ of 17.69. The adjustment result that is not necessary to cluster the data.

KEYWORDS: diameter classes, hypsonetric models, Naslund models.

INTRODUÇÃO

Medições fidedignas de alturas das árvores são de fundamental importância na quantificação do volume de madeira. Equações de volumetria que utilizam diâmetro a 1,3 metros do solo (DAP) e altura total do indivíduo resultam mais condizentes com a realidade (ANDRADE et al., 2006; CURTO et al., 2014). Na prática, algumas alturas de árvores são mensuradas e, a partir destas, são realizadas estimativas das demais alturas por meio de equações hipsométricas (THIERSCH et al., 2013; CURTO et al., 2014). Este método é o mais utilizado em florestas equiâneas e apresenta resultados considerados bons, isto devido à homogeneidade dos plantios florestais. O emprego de relações hipsométrica em florestas nativas não apresenta precisão e exatidão adequada, assim, sendo utilizadas outras formas de estimativa das alturas. O que torna a operação mais onerosa, tanto de tempo quanto de custo, para execução do trabalho, isto se deve, pela utilização de instrumentos como o Forestor Vertex (SILVA et al., 2012).

As relações hipsométricas são afetadas pelos seguintes aspectos: posição sociológica, idade, tamanho de copa, densidade, sítio, práticas silviculturais, espécie e ou floresta estudada (MACHADO et al., 2008). A determinação correta da altura permite inferir sobre a estrutura vertical de uma floresta inequiânea (SOARES et al., 2011). Entretanto, a densidade promove significativa influência, a qual é dependente do estrato florestal e da competição das árvores pelos fatores de crescimento, como luz, água e nutrientes do solo (ARAÚJO et al., 2012). Assim, nas árvores dominantes a altura é pouco afetada pela densidade, já nas dominadas a influência no desenvolvimento da altura é bastante acentuada (ARAÚJO et al., 2012).

Para THIERSCH et al. (2006), a relação hipsométrica em florestas nativas não é muito forte, por isso, tentativas de aumentar sua precisão e melhorar esta relação em cada classe de diâmetro são necessárias. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o ajuste de modelos de relação hipsométrica em fragmentos de Floresta Estacional Decidual no sul do Brasil, utilizando um banco de dados geral também com os dados estratificados por classe de diâmetro, e verificar a necessidade de agrupar, ou não, os dados.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em dois fragmentos de Floresta Estacional Decidual (FED) localizados: (1) no município de Frederico Westphalen (27°23'44" Sul e 53°25'59" Oeste, e a uma altitude de 520 a 550 m.s.n.m.) e; (2) em Iraí (27°13'35" Sul e 53°18'59" Oeste, e a 40 m.s.n.m.). O clima da região é Subtropical úmido, com regime de chuvas equilibrado e ausência de estação seca, com precipitação média anual entre 1.250 e 2.000 mm (SEMA 2005). Os solos de Frederico Westphalen e Iraí são classificados como latossolo vermelho alumino férrico e neossolo rigolítico eutrófico, respectivamente (STRECK, 2008).

Foram instaladas sete Unidades Amostrais (UA) de 12 x 12 m (144 m²), três na área 1 e quatro na área 2, nas quais todos os indivíduos com DAP \geq 10 cm, foram abatidos. Todas as árvores amostradas foram identificadas em nível de espécie, sendo coletadas as seguintes informações: DAP, altura total.

Os modelos hipsométricos foram ajustados para toda base de dados e posteriormente foi empregada a estratificação por classes diamétricas. Com base nos pares de dados de altura total e diâmetro, foram testados nove modelos de relação hipsométrica, dispostos na Tabela 1. Esses modelos foram ajustados para toda a base de dados e em cada situação da estratificação.

Foi utilizado o método dos mínimos quadrados ordinários, adotando o nível de 5% de significância estatística. As estimativas dos parâmetros tiveram sua significância avaliada a partir do *p-valor* ($p\text{-valor} \leq 0,05$) pelo Teste *t*. As estatísticas utilizadas na comparação entre os modelos foram o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e o erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$), sendo ambos recalculados para a variável de interesse, além do gráfico de dispersão dos resíduos (DRAPER & SMITH, 1981).

TABELA 1 - Modelos de relações hipsométricas utilizadas.

Número	Modelo	Denominação
1	$Ht = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \varepsilon_i$	Trorey
2	$Ht = [1/(\beta_0 + \beta_1 d)]^3 + 1,3 + \varepsilon_i$	Petterson
3	$Ht = d^2/(\beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2) + \varepsilon_i$	Naslund
4	$Ht = d^2/(\beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2) + 1,3 + \varepsilon_i$	Naslund
5	$Ht = d^3/(\beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2) + \varepsilon_i$	Adaptado de Naslund
6	$\ln(Ht) = \beta_0 + \beta_1 / d + \varepsilon_i$	Curtis
7	$\ln(Ht) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \varepsilon_i$	Stoffels
8	$Ht = \beta_0 + \beta_1 d + \varepsilon_i$	Linear Simples
9	$Ht = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \varepsilon_i$	Henricksen

\ln = logaritmo neperiano; Ht = altura total (m); d = diâmetro a 1,30 m do solo (cm); β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes de regressão.

Nos modelos logarítmicos de Stoffels (7) e Curtis (6), a discrepância logarítmica na estimativa da variável dependente, ao se efetuar a operação inversa para obtenção da variável de interesse, foi corrigida multiplicando-se a altura estimada pelo Fator de Correção de Meyer (FM), conforme metodologia aplicada por MACHADO et al. (2008):

$$FM = e^{0,5 \cdot QM}$$

Em que: FM = fator de correção de Meyer; e = exponencial; e QM = Quadrado Médio do resíduo.

Também foram avaliados o teste F , a significância dos coeficientes de regressão (β_0 , β_1 e β_2) pelo teste t e a análise gráfica dos resíduos, com os valores estimados representados graficamente em função da altura de cada indivíduo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados no total 64 indivíduos nas sete Unidades Amostrais (UA). Para estimativa da altura total sem estratificação dos dados, os quatro melhores modelos foram: Petterson (modelo 2); Naslund (modelos 3 e 4); e Adaptado de Naslund (modelo 5) (Tabela 2). Os R^2_{aj} , assim como os $S_{yx}\%$, apresentaram resultados aceitáveis, por se tratar de uma floresta inequidiana. Esse fato ocorre devido à fraca relação dendrométrica que existe entre a altura total e o DAP. Conforme citado por ARAÚJO et al. (2012), isto ocorre principalmente quando as florestas naturais apresentam distribuição diamétrica exponencial negativa – “J” invertido, ou seja, maior porcentagem de indivíduos localizados nas classes de diâmetro inferiores e grande variabilidade das alturas.

Em estudo realizado num fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Guaçuí-ES com 639 árvores, CURTO et al. (2014), consideraram como variável independente o DAP e variável dependente a altura total, e encontraram coeficientes de determinação ajustados entre 0,763 e 0,748 e, erro padrão da estimativa entre 21,23 e 21,88%, para os quatro melhores modelos (Trorey, Henricksen, Naslund e

Naslund modificado). Estes valores são semelhantes ao deste trabalho, e são considerados aceitáveis, quando se trata de florestas inequiduais.

TABELA 2 - Parâmetros e estatísticas dos modelos testados e ajustados para relações alométricas em Floresta Estacional Decidual.

Nº	β_0	β_1	β_2	F _{cal}	R ² _{aj}	S _{xy} %
1	5,2358*	0,4715*	-0,0032*	45,47	0,58	21,52
2	0,3493*	1,6786*	-	95,82	0,60	21,76
3	-2,6195*	1,0656*	0,0303*	606,46	0,95	21,86
4	-2,0074 ^{ns}	1,1972*	0,0311*	485,88	0,94	21,94
5	1045,5999*	-122,9330*	4,7307*	1447,53	0,98	29,57
6	3,1410*	-10,1208*	-	92,62	0,59	21,41**
7	1,0968*	0,4922*	-	93,17	0,59	21,30**
8	8,3086*	0,2389*	-	75,95	0,54	22,58
9	-6,9078*	6,9156*	-	93,50	0,59	21,27

F_{cal} = valor calculado do teste F; R²_{aj} = Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}% = Erro padrão da estimativa em porcentagem. **Erro padrão da estimativa já multiplicado pelo Fator e Correção de Meyer. * = significativo e ^{ns} = não significativo, no teste F a nível de 5% de probabilidade de erro.

Na Figura 1, verifica-se que os modelos 2, 3 e 4, apresentaram tendência semelhante de distribuição dos resíduos, com tendência para superestimar as alturas das classes inferiores a 15 m e, para as classes superiores, se identifica subestimação destas, isto para o conjunto de dados não estratificados.

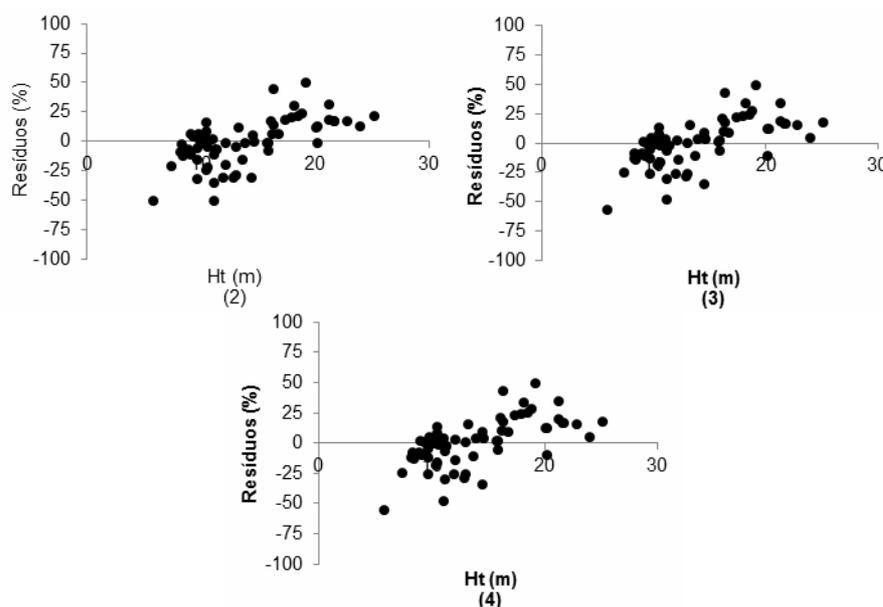


FIGURA 1 - Distribuição dos resíduos de altura, em porcentagem, em função da altura total (Ht) (m).

O modelo considerado adequado para estimar as alturas totais das árvores sem estratificação foi o modelo de Naslund (modelo 3), representado pela equação $h = d^2 / (-2,6195 + 1,0656.d + 0,0303.d^2)$, cujos coeficientes da equação foram significativos a 95% de probabilidade de confiança pelo teste *t*. O modelo selecionado apresentou o melhor erro padrão da estimativa e distribuição gráfica dos resíduos e coeficiente de determinação ajustado.

Para a estratificação dos dados por classe de diâmetro, a divisão com o respectivo número de indivíduos, ficou assim definida: 10-20 cm (32); 20,1-30 cm (18), e maiores que 30 cm (14). Os ajustes de relações hipsométricas estratificados

em classes de diâmetro não geraram bons resultados (Tabela 3), uma vez que, numa mesma classe, há grande variação de altura, principalmente nas menores classes de diâmetro pelo fato de englobar várias espécies com características de crescimento distintas em diferentes idades.

Em razão da grande variabilidade de alturas para uma mesma classe de diâmetro para florestas de idade mais avançadas, a relação hipsométrica não é uma relação dendrométrica muito forte resultando, normalmente, em coeficientes de determinação baixos e erros padrões altos (CURTO et al., 2014). No entanto, para cada classe de diâmetro, foi obtida uma equação (Tabela 3), para fins de comparação com a forma não estratificada.

Uma vez selecionados as equações para cada forma, estratificada e não estratificada, foi possível a comparação das estimativas e dos modelos. As equações ajustadas para a classe de diâmetro entre 10 e 20 cm de DAP, apresentaram resultados inferiores. Quando comparados às classes de diâmetro acima de 20 cm de DAP com a forma não estratificada, as estratificadas apresentam R^2_{aj} menores, mas os $S_{xy}\%$ são melhores, entorno de 18%. CURTO et al. (2014) para a classe diamétrica entre 10,1 e 15 cm e 15,1 e 20 cm de DAP, encontraram coeficientes menores de R^2_{aj} , sendo, 0,12 e 0,15, e para o $S_{xy}\%$ os valores ficaram na casa de 21 e 13%, respectivamente.

TABELA 3 - Parâmetros e estatísticas dos modelos testados para relações alométricas em Floresta Estacional Decidual.

Classe de diâmetro	Nº	β_0	β_1	β_2	F _{cal}	R^2_{aj}	$S_{xy}\%$
10-20 cm	1	4,7611 ^{ns}	0,4955 ^{ns}	-0,0034 ^{ns}	2,79 ^{ns}	0,11	25,77
	2	0,3712*	1,4149*	-	9,81	0,22	25,61
	3	1,2565 ^{ns}	0,5422 ^{ns}	0,0485 ^{ns}	39,79	0,71	26,19
	4	5,3691 ^{ns}	0,1857 ^{ns}	0,0660 ^{ns}	28,04	0,64	26,30
	5	80,5157 ^{ns}	-20,3212 ^{ns}	2,3645 ^{ns}	98,76	0,86	26,15
	6	2,9274*	-7,4947*	-	8,54	0,19	25,35*
	7	0,9440 ^{ns}	0,5440*	-	8,34	0,19	25,34*
	8	5,4414*	0,3968*	-	5,78	0,13	25,34
	9	-3,6398 ^{ns}	5,5950*	-	5,81	0,13	25,33
20-30 cm	1	-16,2607 ^{ns}	2,6883 ^{ns}	-0,0559 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,09	17,99
	2	0,4362 ^{ns}	-0,5100 ^{ns}	-	0,13 ^{ns}	-0,05	17,75
	3	-34,1204 ^{ns}	2,5131 ^{ns}	0,0211 ^{ns}	16,22	0,64	18,74
	4	-48,5842 ^{ns}	3,6418 ^{ns}	0,0058 ^{ns}	13,50	0,59	18,85
	5	-501,8500 ^{ns}	-6,5326 ^{ns}	2,7569 ^{ns}	35,38	0,80	19,13
	6	2,5924 ^{ns}	3,4000 ^{ns}	-	0,14 ^{ns}	-0,05	17,63*
	7	3,2119 ^{ns}	-0,1501 ^{ns}	-	0,16 ^{ns}	-0,05	17,61*
	8	18,2175 ^{ns}	-0,1071 ^{ns}	-	0,21 ^{ns}	-0,05	17,59
	9	23,4760 ^{ns}	-2,4689 ^{ns}	-	0,18 ^{ns}	-0,05	17,61
> 30 cm	1	-14,8008 ^{ns}	1,2217 ^{ns}	-0,0096 ^{ns}	5,25	0,39	18,62
	2	0,2917*	4,1468*	-	9,04	0,38	19,88
	3	92,7638 ^{ns}	-2,6055 ^{ns}	0,0624 ^{ns}	51,99	0,88	18,57
	4	111,6082 ^{ns}	-3,1678 ^{ns}	0,0693 ^{ns}	41,79	0,86	18,70
	5	7088,9061*	-370,8142*	7,0015*	187,33	0,97	17,69
	6	3,5959*	-28,7992*	-	9,37	0,39	19,27*
	7	0,8164 ^{ns}	0,5550*	-	7,19	0,32	20,17*
	8	10,8962*	0,1770*	-	6,06	0,28	20,34
	9	-18,2921 ^{ns}	9,8638*	-	7,85	0,34	19,39

F_{cal} = valor calculado do teste F; R^2_{aj} = Coeficiente de determinação ajustado; $S_{xy}\%$ = Erro padrão da estimativa em percentagem. * Erro padrão da estimativa já multiplicado pelo Fator e Correção de Meyer. ^{ns} não apresentou diferença estatística no teste F a nível de 5% de probabilidade de erro.

Valores negativos de R^2_{aj} , como o observado para os modelos 1, 2, 6, 7, 8 e 9, na classe de diâmetro de 20 a 30 cm de DAP, ocorrem, conforme CURTO et al. (2014), quando se tem o $R^2_{aj} < p/(n-1)$, sendo p o número de coeficientes do modelo e n o número de observações. Na prática, como afirmam GUJARATI & PORTER (2011), os valores negativos deveriam ser tomados como zero. Assim, a classe de diâmetro de 20 à 30 cm de DAP apresentou baixo ajuste da curva de regressão à variação dos dados, no entanto, apresentou erros compatíveis com as outras classes de diâmetro, em torno de 18%.

Para os dados estratificados também houve tendência de superestimar a alturas nas classes até 15 m e, nas classes acima de 15 m a tendência foi de subestimar em todos os modelos ajustados para as duas formas (Figura 2, 3, 4). Apesar da distribuição gráfica estar representada apenas para os melhores modelos, a distribuição dos resíduos dos diferentes modelos apresentou-se visualmente semelhante, assim como ocorreu para o ajuste geral.

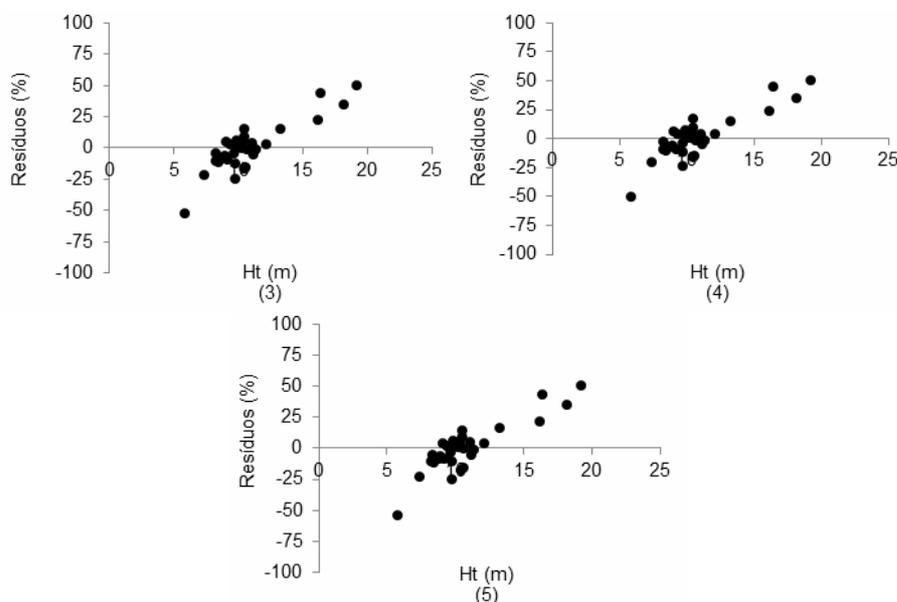


FIGURA 2 - Distribuição dos resíduos de altura, em porcentagem, em função da altura total (Ht) (m) para a classe de diâmetro entre 10 e 20 cm DAP.

Os ajustes para os dados estratificados não geraram bons resultados (Tabela 3), com exceção do modelo 5 (Adaptado de Naslund) para a classe de diâmetro acima de 30 cm. Segundo CURTO et al. (2014), há grande variação de altura, principalmente nas menores classes de diâmetro das florestas inequiâneas e, além disso, pelo fato de englobar várias espécies com diferentes idades e características de crescimento distintas. MACHADO et al. (1994), complementam dizendo que, grande variabilidade de alturas para uma mesma classe de diâmetro resulta numa relação hipsométrica não muito forte resultando em coeficientes de determinação baixos e erros padrões altos.

O emprego de modelos ajustados sem estratificação resultou em melhores ajustes, seguidos pela estratificação por classe diamétrica. No entanto, torna-se importante mencionar que não ocorreram grandes diferenças entre o ajuste geral (sem estratificação) e a forma estratificada. Assim, a utilização dessa estratificação será decidida pelo pesquisador conforme os objetivos de sua pesquisa, já que estas

podem influenciar no tempo de coleta e no processamento dos dados, assim como nos custos dos mesmos.

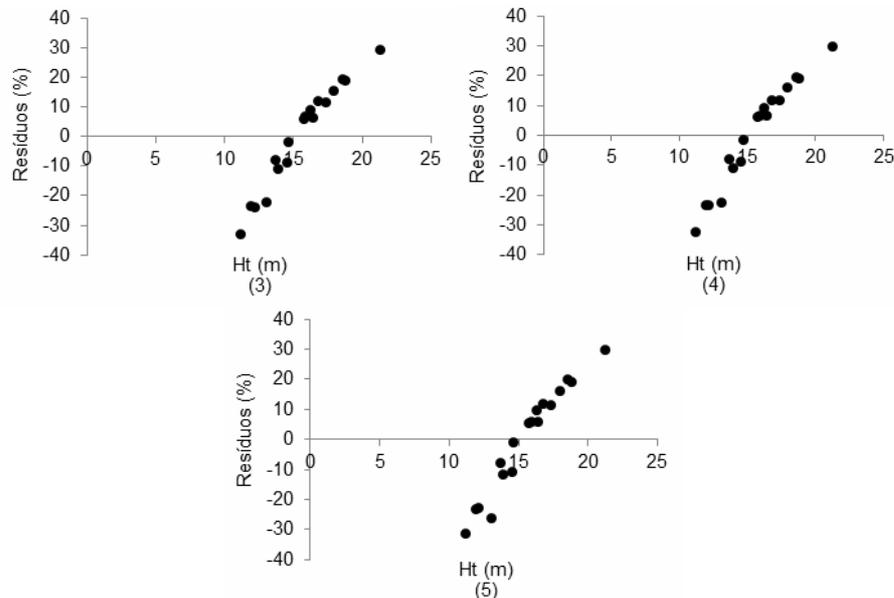


FIGURA 3 - Distribuição dos resíduos de altura, em porcentagem, em função da altura total (Ht) (m) para a classe de diâmetro entre 20,1 e 30 cm DAP.

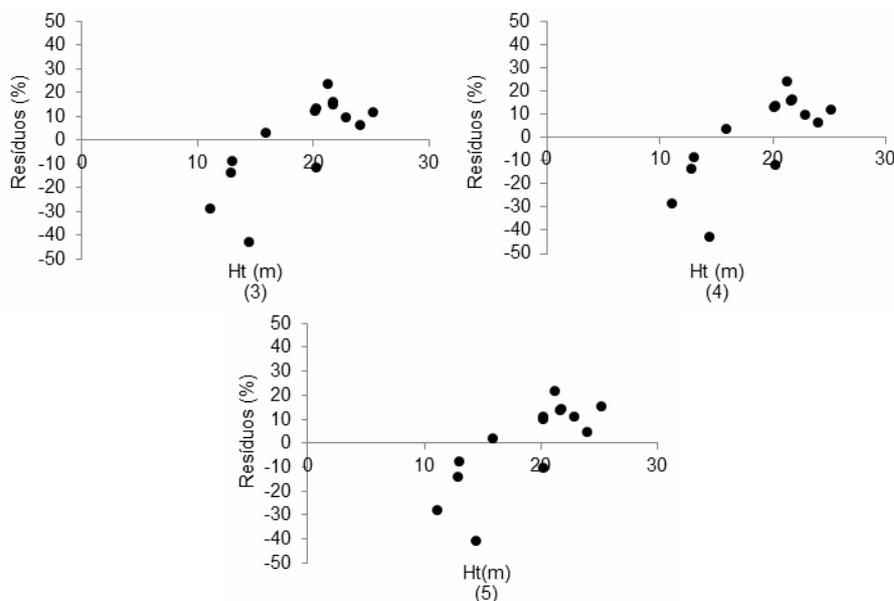


FIGURA 4 - Distribuição dos resíduos de altura, em porcentagem, em função da altura total (Ht) (m) para a classe de diâmetro que apresente mais de 30 cm DAP.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados, verifica-se que a estratificação não proporcionou ganhos em precisão e qualidade nos ajustes dos modelos hipsométricos. No ajuste dos dados não estratificados o modelo de Naslund (Modelo 3) foi o que apresentou os melhores ajustes estatísticos em relação aos demais modelos.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), processos 10/0164-5 e 10/1818-5, e a CAPES pela concessão de bolsa de Mestrado.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. J. G.; PELISSARI, A. L.; DAVID, H. C.; SCOLFORO, J. R. S.; PÉLLICO NETTO, S.; MORAIS, V. A. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p. 257-268, 2012.
- ANDRADE, V. C. L.; MARTINS, S. V.; CALEGARIO, N.; CHICHORRO, J. F. Influência de três sistemas de amostragem na estimativa da relação hipsométrica e do volume de árvores em um fragmento de Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, v. 70, p. 31-37, 2006.
- CURTO, R. A.; LOUREIRO, G. H.; MÔRA, R.; MIRANDA, R.O.V.; NETTO, S. P.; SILVA, G. F. Relação hipsométrica em floresta estacional decidual. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n.1, p. 57-66, 2014.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York, John Willey & Sons, 1981. 709 p.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Bookman, 2011.
- MACHADO, S. A.; BAILEY, R. L.; BASSO, S. F.; BEVILACQUA JUNIOR, V. G. Análise do comportamento da relação hipsométrica com respeito à idade para plantações de *Pinus elliotti* no Paraná. **Revista Cerne**, v. 1, n. 1, p. 5-12, 1994.
- MACHADO, S. A.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; SILVA, L. C. R.; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TÉO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 5-16, 2008.
- SILVA, G. F.; CURTO, R. A.; SOARES, C. P. B.; PIASSI, L. C. Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 341-348, 2012.
- SEMA, Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Plano de manejo do Parque Estadual do Turvo. Porto Alegre, 2005.
- SOARES, C. P. B.; MARTINS F. B.; LEITE JUNIOR, H. U.; SILVA, G. F.; FIGUEIREDO, L. T. M. Equações hipsométricas, volumétricas e de *taper* para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1039-1051, 2011.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ª ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 222p, 2008.

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. **Revista Cerne**, v. 12, n. 2, p. 167-181, 2006.

THIERSCH, C. R.; ANDRADE, M. G.; MOREIRA, M. F. B.; LOIBEL, S. Estimativa da relação hipsométrica em clones de *Eucalyptus* sp. com o modelo de Curtis ajustado por métodos bayesianos empíricos. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2013.