

Modelagem hipsométrica de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. no sudeste do estado de Goiás

Kálita Luis Soares¹, Lidiomar Soares da Costa¹, Matheus da Silva Araújo¹, José Eduardo Dias Calixto Júnior¹, Márcio Torreão Interamnense²

¹ Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: soares-kalita@hotmail.com, lidiomar.ef@gmail.com, matheusflorestal@outlook.com, j.eduardocalixto@outlook.com

² Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, Ipameri, Goiás, Brasil. E-mail: marciotorreao@hotmail.com

Recebido: 27/10/2017; Aceito: 01/11/2017.

RESUMO

A mensuração da altura é considerada difícil, exigindo um maior tempo para sua determinação. Por isso, em trabalhos de inventários em florestas equiâneas normalmente são mensuradas as alturas de poucas árvores em cada parcela e as alturas das demais árvores do povoamento são estimadas por meio de relações hipsométricas. O presente trabalho objetivou avaliar o ajuste e selecionar modelos hipsométricos para estimar a altura total de povoamento clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. no sudeste do Estado de Goiás. O trabalho foi desenvolvido em um plantio florestal clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. de um povoamento com área total de 76 hectares. Os dados utilizados no ajuste dos modelos foram provenientes da medição do diâmetro a 1,30 m de altura (DAP) e da altura total de 60 árvores. Foram ajustados os modelos hipsométricos de Assmann, Curtis, Henriksen, Stofel e Trorey e, a seleção do modelo mais adequado baseou-se no coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa absoluto (S_{yx}) e relativo ($S_{yx\%}$) e na análise gráfica dos resíduos. O modelo de Stofel ($Ln(Ht) = 1,75335 + 0,54334 * Ln(DAP) + \epsilon$) produz estimativas mais precisas e, portanto, é o mais adequado para a descrição da altura das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. no sudeste do Estado de Goiás.

Palavras-chave: Mensuração florestal, altura, inventário florestal, floresta equiânea.

Hypsometric modeling in *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. in southeastern Goiás state

ABSTRACT

Height measurement is considered difficult, requiring more time for its determination. Therefore, in even-aged forest inventories, usually, the heights of a few trees in each plot are measured and the heights of the other trees in the stands are estimated by hypsometric relationships. This study aimed to evaluate the fit and select hypsometric models to estimate the total height of clonal stands of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. in southeastern of Goiás. This study was carried out in a clonal stand of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. with total area of 76 hectares. The data used in the adjustment of the models were obtained from the measurement of the diameter at 1.30 m height (DAP) and the total height of 60 trees. The hypsometric models of Assmann, Curtis, Henriksen, Stofel and Trorey was fitted, and the selection of the most appropriate model was based on the adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}), standard error of absolute (S_{yx}) and relative ($S_{yx\%}$) estimate and graphical analysis of the residues. The Stofel model ($Ln(Ht) = 1,75335 + 0,54334 * Ln(DAP) + \epsilon$) produces more accurate estimates, therefore was more suitable for describing the height of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. trees in southeastern Goiás State.

Key words: Forest measurement, height, forest inventory, even-aged forest.

1. Introdução

O setor industrial de base florestal tem sido marcado por um processo de utilização crescente de madeiras provenientes de reflorestamento (IBÁ, 2016) e, para calcular e estimar o volume de madeira, o crescimento do povoamento florestal é acompanhado por meio da mensuração de variáveis dendrométricas, como o diâmetro e a altura, ao longo do tempo (CAMPOS; LEITE, 2013).

A altura de uma árvore é definida como a distância linear ao longo de seu eixo principal, partindo do solo até o topo ou até outro ponto referencial, segundo o tipo de altura que se procura medir (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009). É uma variável que serve essencialmente para o cálculo do volume e de incrementos em altura e volume, além de ser utilizada em métodos estimativos, como equações de volume e funções de afilamento (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009; JESUS et al., 2015).

A mensuração da altura é considerada difícil, exige um maior tempo para sua determinação, além de induzir o aumento de erros (SILVA et al., 2007), em função da subjetividade na coleta desta informação (THIERSCH et al., 2013). Por isso, em trabalhos de inventários florestais em florestas homogêneas e equiâneas, como plantios clonais do gênero *Eucalyptus*, normalmente são medidos os diâmetros, variável de fácil medição e menos onerosa, de todas as árvores e alturas de algumas árvores nas parcelas (ANDRADE; LEITE, 2011). Posteriormente, são estimadas as alturas das demais árvores do povoamento por meio de relações hipsométricas (MACHADO; FIGUEIREDO-FILHO, 2009).

A relação hipsométrica é a relação existente entre a altura e o diâmetro das árvores de um povoamento (SCHIMIDT, 1977). Os modelos hipsométricos são equações ajustadas que expressam a relação altura-diâmetro da árvore, através dos quais é possível obter estimativas precisas da altura da árvore (SANQUETTA et al., 2009).

O emprego da relação hipsométrica possui grande utilidade prática, pois contribuem para o adequado planejamento florestal, sendo fundamental ao manejo florestal apesar do longo tempo envolvido nas coletas de dados (RIBEIRO et al., 2010). Para reduzir o tempo em campo diversos pesquisadores têm desenvolvido estudos ajustando modelos para a estimação de diferentes variáveis, dentre eles destaca-se a modelagem da relação hipsométrica (NETO et al., 2010; SANQUETTA et al., 2015; SOUZA et al., 2016) pelo ajuste de modelos matemáticos tradicionais ou genéricos.

Existem muitas variáveis que podem influenciar a relação hipsométrica, dentre elas: idade, região de

plantio, variação genética, tratos silviculturais, amostragem, densidade, tamanho da copa e o regime de manejo adotado (LOETSCH et al., 1973; FINGER, 1992). Assim, algumas equações podem ser mais adequadas que outras, havendo a necessidade de ajuste de equações de acordo com as variações das condições e características de cada povoamento plantado (OLIVEIRA et al., 2011).

Os modelos hipsométricos exercem a função de facilitar o processo do inventário florestal determinando a altura de povoamento através de modelos que incluem variáveis como idade, DAP e sítio (BARTOSZECK et al., 2004). Ao selecionar um modelo para estimar a altura de árvores que não foram mensuradas, esse modelo, dentre vários que devem ser ajustados, deve descrever a relação hipsométrica de um povoamento qualquer para então selecionar o que melhor se ajusta às condições existentes (FINGER, 1992).

Em decorrência disso, fundamenta-se a importância da realização de estudos envolvendo a modelagem hipsométrica em povoamentos de eucalipto, visando à obtenção de modelos com estimativas mais precisas, e consequentemente maior eficiência no planejamento dos plantios florestais, obtendo maior produtividade e sustentabilidade na produção florestal.

Nesse sentido, este estudo teve o objetivo de avaliar o ajuste e selecionar modelos hipsométricos para estimar a altura total de povoamento clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. no sudeste do Estado de Goiás.

2. Material e Métodos

Os dados utilizados para realização do presente estudo foram coletados em floresta clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. localizado na Fazenda Cachoeira e Sete Voltas no município de Ipameri, Sudeste do Estado de Goiás (coordenadas 17° 51' 19,8"S, 48° 15' 55,8"W) (Figura 1).

O plantio possui área total de 76 hectares, idade de 72 meses e espaçamento 3 x 2 m. Foram demarcadas, por processo de amostragem inteiramente aleatório, dez parcelas quadradas de 30 x 30 m, totalizando 9.000 m² de área amostrada e, em cada uma das parcelas foram mensurados os diâmetros a 1,30m de altura do solo (DAP) de todas as árvores, total de 1.192 árvores mensuradas, e as alturas das seis primeiras árvores dentro de cada parcela.

Os dados de diâmetro e altura coletados no plantio foram utilizados para o ajuste de diferentes modelos hipsométricos obtidos da literatura (Tabela 1), visando identificar o mais adequado para povoamento de *E. grandis*. na região de realização do estudo.



Figura 1. Croqui da localização do povoamento de *Eucalyptus grandis*, no Sudeste do Estado de Goiás, Brasil.

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para estimativa da altura total em povoamento de *Eucalyptus grandis* no sudeste de Goiás.

Autor	Modelos ^{1/}
Assmann	$Ht = \beta_0 + \beta_1 * \frac{1}{DAP^2} + \varepsilon_i$
Curtis	$Ln(Ht) = \beta_0 + \beta_1 * \frac{1}{DAP} + \varepsilon_i$
Henriksen	$Ht = \beta_0 + \beta_1 * Ln(DAP) + \varepsilon_i$
Stofel	$Ln(Ht) = \beta_0 + \beta_1 * Ln(DAP) + \varepsilon_i$
Trorey	$Ht = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_2 * DAP^2 + \varepsilon_i$

1/Ln = logaritmo natural; Ht = altura total (m); DAP = diâmetro a altura do peito (cm); $\beta_0, \beta_1 e \beta_2$ = coeficientes da regressão; ε_i = erro.

Os dados foram submetidos à análise de regressão para obtenção de equações hipsométricas aplicáveis ao povoamento de *E. grandis* na região do estudo. A seleção do melhor modelo foi baseada na significância da estatística F da Análise de Variância (ANOVA) da regressão, análise gráfica da distribuição dos resíduos, coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}) e erro padrão da estimativa absoluto (S_{yx}) e relativo ($S_{yx\%}$) (THOMAS et al., 2006; RIBEIRO et al., 2010), definidos por:

$$R^2_{ajust} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right) \quad \text{Equação 1}$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1}} \quad \text{Equação 2}$$

$$S_{yx\%} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1}}}{\bar{y}} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

em que: n = número de observações; y_i = valores observados para as variáveis; \hat{y}_i = valores estimados para as variáveis; \bar{y} = valor médio observado para as variáveis; $n-p-1$ = grau de liberdade dos resíduos.

A análise da distribuição gráfica dos resíduos foi realizada plotando-se o erro residual em função do diâmetro a 1,30 m do solo (DAP). A análise dos resíduos possibilita a verificação do ajuste da equação ao longo da amplitude dos dados, permitindo: detectar se há ou não tendenciosidade, podendo subestimar ou superestimar, na estimativa da variável dependente ao longo da linha de regressão, heterogeneidade de variâncias e presença de outliers (RESENDE, 2007). Sendo importante na avaliação da qualidade das estimativas e imprescindível para tomada de decisão quanto à utilização ou não do modelo para projeção da variável de interesse (RUFINO et al., 2010).

O coeficiente de determinação indica a proporção da soma de quadrados total que é explicada pela regressão e também, uma medida do grau de ajustamento da regressão aos dados e o erro padrão da estimativa mede a variação das observações quanto à curva de regressão (CAMPOS; LEITE, 2013).

3. Resultados e Discussão

Os modelos ajustados apresentaram tendência lógica esperada do ponto de vista do realismo biológico, ou seja, há expressão da altura das árvores do povoamento em estudo em função do seu DAP (SOARES et al., 2012). Além disso, apresentaram comportamento semelhante quanto à significância de parâmetros, coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa (Tabela 2).

A estatística F mostrou-se significativa ao nível de 5% de probabilidade para todos os modelos

hipsométricos ajustados, rejeitando-se a hipótese de não haver regressão, isto é, os modelos são significativos ao nível de probabilidade estabelecido e, portanto, conclui-se que pelo menos uma variável independente esteja relacionada com um valor da variável dependente. Os maiores valores do teste F foram observados para os

modelos de Henriksen e Stofel (Tabela 2). Os modelos de Stofel e Henriksen apresentaram estatísticas semelhantes, sendo os modelos com os coeficientes de determinação superiores e erro padrão da estimativa menores para o povoamento em estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros das equações ajustadas e estatísticas de precisão, coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) e erro padrão da estimativa absoluto (S_{yx}) e relativo ($S_{yx\%}$), para modelos hipsométricos ajustados para povoamento de *Eucalyptus grandis* no sudeste do Estado de Goiás.

Modelos	Parâmetros			$R^2_{aj.}$	S_{yx}	$S_{yx\%}$	F
	β_0	β_1	β_2				
Assman	30,91947*	-1215,67843*	-	0,710	1,316	5,275	145,31
Curtis	3,73222*	-7,52453*	-	0,752	1,228	4,923	165,12
Henriksen	-10,64695*	13,25984*	-	0,751	1,219	4,885	179,08
Stofel	1,75335*	0,54334*	-	0,756	1,217	4,875	172,97
Trorey	5,98115 ^{ns}	1,65885*	-0,02503 ^{ns}	0,749	1,224	4,905	89,08

*significativo ao nível de 5% de significância. ^{ns}: não significativo ao nível de 5% de significância.

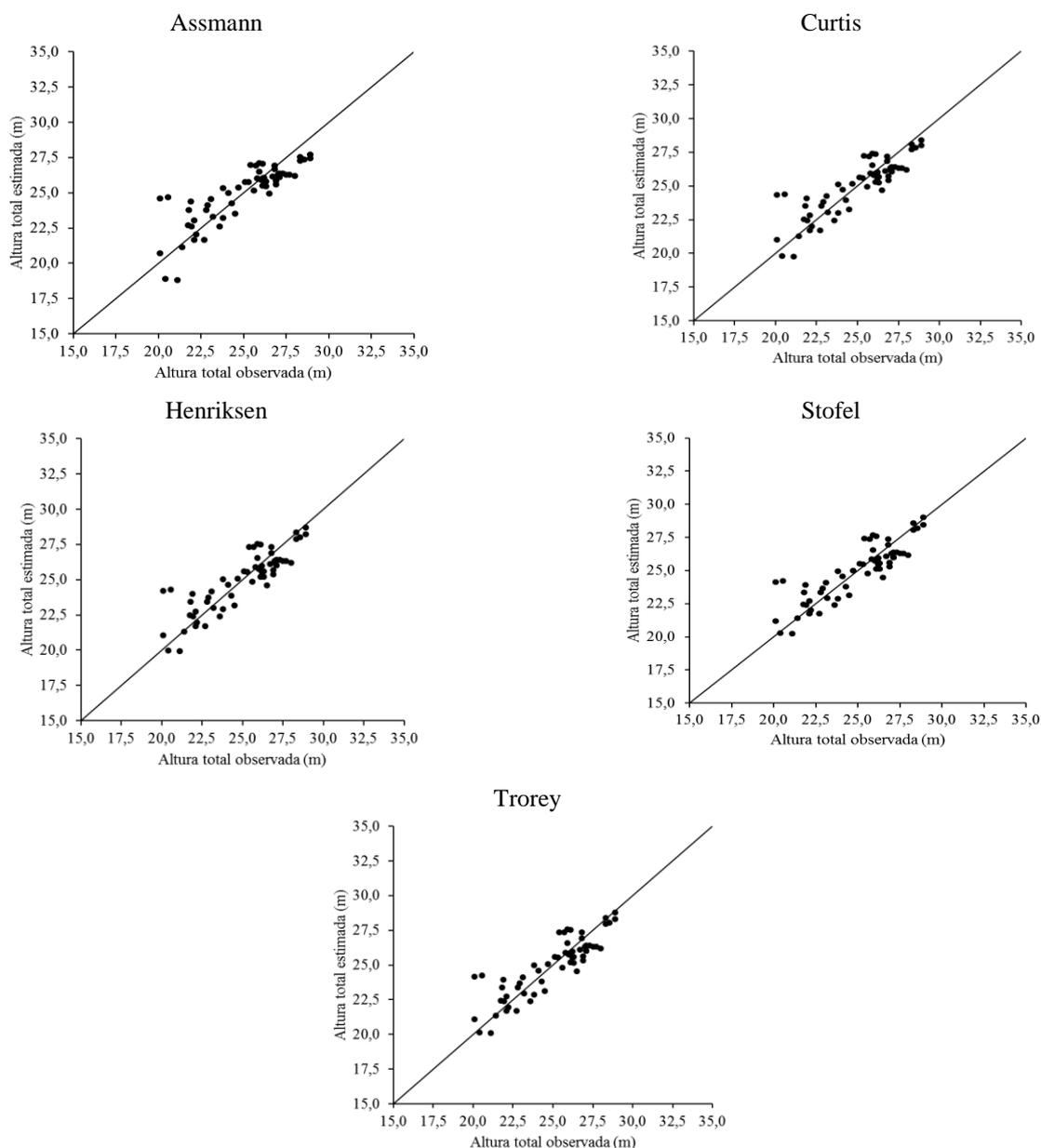


Figura 2. Correlação entre altura total observada e altura total estimada para os modelos hipsométricos ajustados.

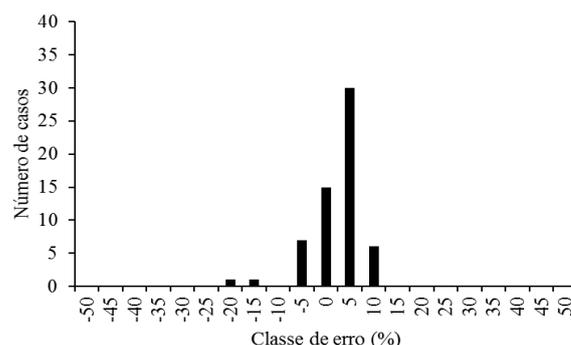
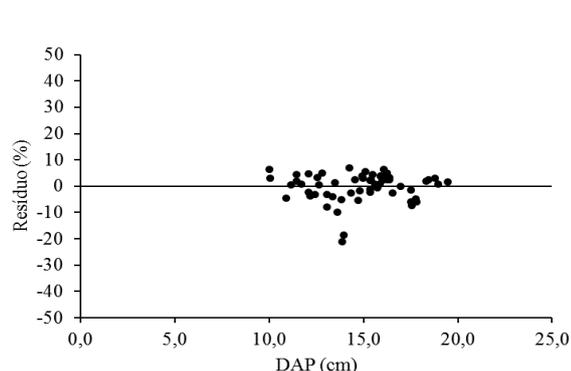
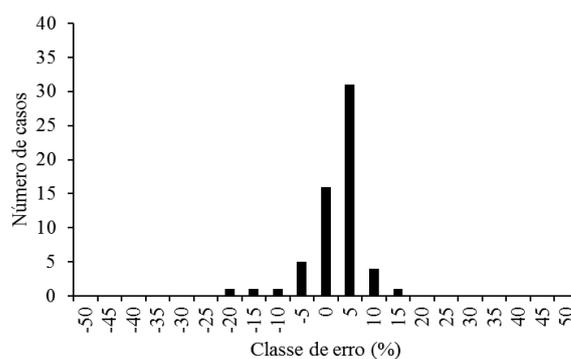
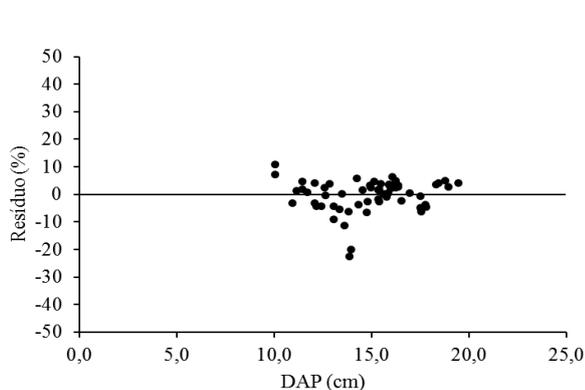
Aplicando modelos hipsométricos em povoamentos de *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob os regimes de alto fuste e talhadia em Vitória da Conquista, Bahia, Sousa et al. (2013) observaram coeficientes de determinação ajustados e erro padrão da estimativa menores do que aqueles observados no presente trabalho em ambos os regimes de condução e considerando os três modelos em comum nos dois estudos, sendo eles: Curtis, Henriksen e Stofel. Aqueles autores, porém, realizaram o estudo em povoamento de aproximadamente 60 meses e com a mensuração de DAP de um pequeno número de árvores (35 e 59, respectivamente nos regime de alto fuste e talhadia) e as alturas foram medidas com as árvores abatidas (proporcionando mais precisão). Esses fatores podem explicar os comportamentos divergentes dos coeficientes de determinação ajustados e erro padrão da estimativa entre os estudos.

Em povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Distrito Federal, Jesus et al. (2015) também observaram coeficientes de determinação ajustados menores, exceto pelo modelo de Assmann, e erro padrão da estimativa maiores que os observados no presente estudo, considerando todos os modelos. Isso pode ter ocorrido devido ao número maior de alturas de árvores mensuradas para realização do presente estudo, que, para uma área de amostragem semelhante ao do estudo previamente citado amostrou quase 50 % mais árvores, o que contribuiu para elevar a precisão das estimativas. Neste estudo, e em outros

semelhantes já citados, os valores de coeficiente de determinação ajustado não ultrapassaram 0,80 (Tabela 2), porém, de acordo com Scolforo (1998), tratando-se de relações hipsométricas esse tipo de resultado é comum, uma vez que a correlação altura/diâmetro não é tão forte quanto à correlação altura/volume.

Todos os modelos testados apresentaram correlação positiva entre altura observada e estimada coerente com estimativas de boa precisão (Figura 2). Além disso, a distribuição gráfica de resíduos foi homocedástica, ou seja, não apresentaram estimativas discrepantes ou distribuição não normal dos resíduos (Figura 3). O modelo de Stofel apresentou a melhor distribuição gráfica de resíduos e proporcionou melhor correlação entre altura total observada e altura total estimada, corroborando com o observado por Azevedo et al. (2011), em contrapartida no presente estudo o modelo de Assmann foi o menos preciso.

Observando o gráfico de resíduos em função do diâmetro e histograma de erros é evidente uma distribuição residual entre -25 % a 15 % em todos os modelos ajustados, apresentando comportamentos semelhantes. A disposição dos resíduos ocorreu de forma homogênea ao longo da amplitude diametral, não observando-se tendência de sub ou super estimativa para diâmetros maiores ou menores. As estatísticas de ajuste e precisão para todos os modelos testados apresentaram consonância com outros trabalhos na literatura, apresentando erros relativamente baixos.



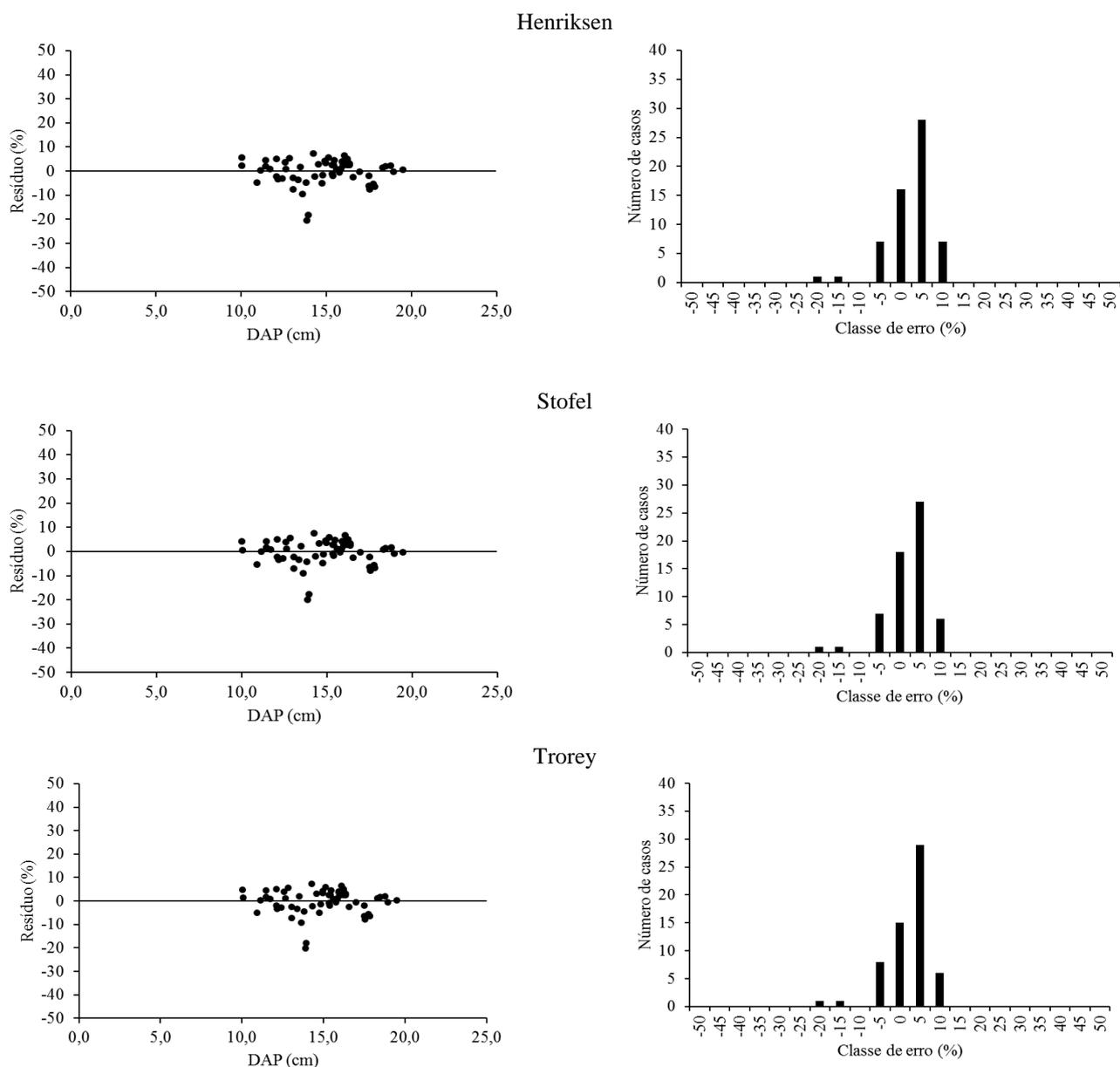


Figura 3. Distribuição dos resíduos em função do diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) e histograma de resíduos para os modelos hipsométricos ajustados.

4. Conclusões

Dentre os modelos utilizados, o modelo de Stofel produz estimativas mais precisas e, portanto, é o mais adequado para a descrição da altura das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. no sudeste do Estado de Goiás.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Estadual de Goiás (UEG) pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica (BIC) para realização da pesquisa e aos proprietários da Fazenda Cachoeira e Sete Voltas.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, V. C. L.; LEITE, H. G. Modelagem da relação hipsométrica empregando dados amostrados na cubagem de árvores e em parcelas de inventário. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 157-164, 2011.
- AZEVEDO, G. B.; SOUSA, G. T. O.; SILVA, H. F.; BARRETO, P. A. B.; NOVAES, A. B. Seleção de modelos hipsométricos para quatro espécies florestais nativas em plantio misto no Planalto da Conquista na Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v. 7, n.12, p. 1-13, 2011.
- 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.

- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2013. 605 p.
- FINGER C. A. G. **Fundamentos da biometria florestal**. Santa Maria-RS: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.
- IBÁ. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2016** - ano base 2015. 2016. 100p.
- JESUS, C. M.; MIGUEL, E. P.; AZEVEDO, G. B.; AZEVEDO, G. T. O. S.; PEREIRA, R. S. Modelagem hipsométrica em povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Distrito Federal. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v. 11, n. 21, p. 1298-1308, 2015.
- LOETSCH, F.; ZOEHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: BVL, v. 2, 1973. 469p.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava-PR: UNICENTRO. 2009. 316 p.
- NETO, S. P. M.; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MUNHOZ, D. J. M.; GUMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHÃO, R. L. Modelos hipsométricos para *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus grandis* em Sistemas Agrossilvipastoril. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2010. 33 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 286).
- OLIVEIRA, F. G. R. B.; SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B. Desempenho de modelos hipsométricos para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* no município de Jaguaquara, Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v. 7, n. 13. p. 331-338, 2011.
- RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2007. 561 p.
- RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; MELLO, J. M.; FERREIRA, M. Z.; LISBOA, P. M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras-MG, v. 16, n. 1, p. 22-31, 2010.
- RUFINO, R. F.; MIGUEL, E. P.; SANTOS, G. A.; SANTOS, T. E. B.; SOUZA, F. Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucaliptos conduzido sobre o sistema de rebrota. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v. 6, n. 10, p. 1-10, 2010.
- SANQUETTA, M. N. I.; SANQUETTA, C. R.; MOGNON, F.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; MAAS, G. C. B. Ajuste de equações hipsométricas para a estimação da altura total de indivíduos jovens de teca. **Científica**, Jaboticabal-SP, v. 43, n. 4, p. 400-406, 2015.
- SANQUETTA, C. R.; WATZALAWICK, L. F.; CORTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 2 ed. Curitiba-PR: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2009. 316 p.
- SCHMIDT, P. B. Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 8, n. 1, p. 24-27, 1977.
- SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. v. 1, Lavras-MG: UFLA/FAEPE, 1998. 443 p.
- SILVA, G. F.; XAVIER, A. C.; RODRIGUES, F. L.; PETERNELLI, L. A. Análise da influência de diferentes tamanhos e composições de amostras no ajuste de uma relação hipsométrica para *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 4, p. 685-694, 2007.
- SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2012. 272 p.
- SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; CONCEIÇÃO JUNIOR, V. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, Aracaju - SE v. 9, n. 4, p. 1-7, 2013.
- SOUZA, H. S.; TSUKAMOTO FILHO, A. A.; VENDRUSCOLO, D. G. S.; CHAVES, A. G. S.; MOTTA, A. S. Modelos hipsométricos para eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Nativa**, Sinop-MT, v. 4, n. 1, p. 11-14, 2016.
- 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**, Viçosa-MG, v. 37, n. 1, p. 01-08, 2013.
- THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER P. R.; FINGER, C. A. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 16, n. 3. p. 319-327, 2006.