

AMOSTRAGEM DE ÁRVORES DE *EUCALYPTUS* NA CUBAGEM RIGOROSA PARA ESTIMATIVA DE MODELOS VOLUMÉTRICOS

Fabício Assis LEAL¹
Christian Dias CABACINHA²
Renato Vinícius Oliveira CASTRO³
Eraldo Aparecido Trondoli MATRICARDI¹

- RESUMO: Esse trabalho objetivou ajustar e validar modelos volumétricos para estimar volume de árvores de *Eucalyptus urophylla*, com vistas à redução do número de árvores cubadas, em Rio Verde/GO. Foram cubadas, por Smalian, 1.753 árvores em diferentes classes diamétricas. Os dados foram divididos em grupos: ajuste, com 87% dos dados (1.528); validação, com 13% dos dados, sendo aqui, selecionadas 45 árvores em cada classe diamétrica. Foram seis tratamentos com redução de número de árvores entre eles. Nos três primeiros tratamentos foi mantida a tendência de distribuição diamétrica observada, sendo: T1 ajustes com o total de indivíduos (1.528); T2 10% dos indivíduos de cada classe diamétrica de T1 (153); T3 um terço dos indivíduos de cada classe de T2 (48). Nos três últimos tratamentos foram utilizados mesmo número de amostras, sendo em cada classe diamétrica: T4 33 árvores; T5 10 árvores e T6 8 árvores. Foram ajustados três modelos por tratamento e selecionado o melhor para ser validado. As estimativas foram comparadas aos valores observados pelo teste *t*. O modelo de Schumacher e Hall foi mais eficiente. A quantidade de árvores não foi determinante na qualidade das equações. Os tratamentos T3 e T6 representaram precisão nas estimativas volumétricas de árvores de *Eucalyptus*.
- PALAVRAS-CHAVE: Eucalipto; volumetria; Smalian; validação de modelos.

1 Introdução

Na maioria das ocasiões, a estimativa do volume das árvores é a principal finalidade dos levantamentos florestais, fundamentalmente quando se trata de povoamentos destinados para fins comerciais (MACHADO e FIGUEIREDOFILHO, 2009).

A estimativa de volume de madeira em povoamentos florestais de eucalipto é de fundamental importância e imprescindível para o planejamento e monitoramento dos plantios comerciais, especialmente em estudos de crescimento e produção, bem como para

¹ Universidade de Brasília - UnB, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, CEP: 70.910-900, Brasília, DF, Brasil. E-mail: fabricaoassisleal@gmail.com; emarcardi@gmail.com.

² Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Instituto de Ciências Agrárias, CEP: 31.270-010, Montes Claros, MG, Brasil. E-mail: christian.cabacinha@gmail.com;

³ Universidade Federal de São João Del-Rei - UFSJ, Campus Universitário de Sete Lagoas, Departamento de Ciências Agrárias, CEP: 35.702-383, Sete Lagoas, MG, Brasil. E-mail: castrorvo@ymail.com.

quantificação de multiprodutos. Dessa forma, utilizam-se equações em qualquer procedimento de estimativa do volume da árvore (LEITE et al., 2011).

Assim sendo, é necessário utilizar algum método de cubagem para determinar o volume das árvores amostra e, em geral, esta opção exige o abate das árvores previamente selecionadas e a medição de vários diâmetros ao longo do fuste. Porém, não há consenso entre o número ideal de árvores para cubagem (CABACINHA, 2003), e quanto à representatividade de árvores de diferentes tamanhos na amostra.

Scolforo e Thiersch (2004), empiricamente sugerem número mínimo de árvores a serem cubadas de acordo com a amplitude das classes de diâmetro. Para Campos e Leite (2013), as árvores-amostra devem abranger todas as classes de diâmetros, observando-se preferencialmente mesma frequência por classe.

Diante do exposto, nesse trabalho objetivou ajustar e validar modelos volumétricos para a estimativa do volume de árvores de *Eucalyptus urophylla*, com vistas à redução do número de árvores a serem cubadas, garantindo a precisão nas estimativas dessa variável.

2 Material e método

2.1 Caracterização da área de estudo

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, com 6,5 anos de idade em 2012, plantado em espaçamento de 2,8 x 1,8 m, pertencente à Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (COMIGO). A área de estudo está localizada entre os paralelos 18° 00' 45'' e 18° 01' 45'' de latitude Sul e entre os meridianos 50° 52' 45'' e 50° 53' 15'' de longitude Oeste, na cidade de Rio Verde, Estado de Goiás. A área estudada envolveu 116 hectares de floresta e a altitude média é de 685 metros.

O clima, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, tropical úmido, caracterizado por duas estações bem definidas: uma seca, que corresponde ao outono e inverno, indo do mês de maio ao mês de setembro e a outra úmida, com chuvas torrenciais, correspondendo ao período de primavera e verão. A precipitação média anual varia de 1.200 a 1.500 mm, com média anual em torno de 1.300 mm e temperaturas médias em torno de 20° a 25°C (SIQUEIRA NETO et al., 2011).

2.2 Cubagem rigorosa e distribuição diamétrica

Foram mensurados os diâmetros de 1.753 árvores de diferentes classes diamétricas com suta, nas posições 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 2,0; 3,0 metros e assim sucessivamente, até a altura total (CAMPOS; LEITE, 2013; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009; SOARES et al., 2006).

A determinação das classes diamétricas, utilizadas como cenários no trabalho adveio com a distribuição diamétrica dos indivíduos cubados, adotando amplitude de dois centímetros entre as classes diamétricas (SCOLFORO, 1997; ARAÚJO JÚNIOR et al., 2011).

2.3 Cenários avaliados

Antes das análises, os dados foram divididos em dois grupos: ajuste, com aproximadamente 87% dos dados (1.528 árvores); e validação, com aproximadamente 13% dos dados, sendo neste grupo, selecionadas aleatoriamente 45 árvores em cada uma das cinco classes diamétricas identificadas.

Com vistas à redução da intensidade amostral na cubagem rigorosa para ajustes de equações volumétricas, foram adotados cenários para os ajustes dos modelos selecionados. A Tabela 1 simplifica o entendimento dos cenários considerados no trabalho, sendo: Validação - 45 árvores em cada classe diamétrica adotada; Nos três primeiros tratamentos foram mantidas as tendências de distribuição diamétrica observada nos dados amostrados (que se comportou como uma distribuição “normal”), sendo: T1 - ajustes com o total de indivíduos (1.528); T2 - 10 % dos indivíduos de cada classe diamétrica de T1 (153); T3 - Um terço dos indivíduos de cada classe diamétrica de T2 (48). Nos três últimos tratamentos foram definidas um mesmo número de amostras em cada classe diamétrica, sendo T4 - 33 árvores em cada classe diamétrica; T5 - 10 árvores em cada classe diamétrica e T6 - 8 árvores em cada classe diamétrica.

Tabela 1 - Quantidade de indivíduos para o ajuste e validação em cada cenário abordado, por classe diamétrica

Classe Diamétrica (cm)	Validação	T1	T2	T3	T4	T5	T6
11	45	100	10	3	33	10	8
13	45	346	35	11	33	10	8
15	45	536	54	17	33	10	8
17	45	424	42	13	33	10	8
19	45	122	12	4	33	10	8
	225	1.528	153	48	165	50	40

E em cada cenário supracitado, foram ajustados os modelos volumétricos de Schumacher e Hall linearizado (1), Spurr (2) e Kopecky-Gehardt (3):

$$\ln Vol = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP + \beta_2 \ln HT + \varepsilon, \quad (1)$$

$$Vol = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 \cdot H + \varepsilon, \quad (2)$$

$$Vol = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 + \varepsilon. \quad (3)$$

Em que: \ln = logaritmo neperiano; Vol = volume (m^3); DAP = diâmetro à altura de 1,3 m; HT = altura total (m); β_n = coeficientes a serem ajustados; ε erro aleatório.

2.4 Avaliação das equações

O comportamento das equações, sobre a estimativa do volume para cada cenário, foi avaliado de acordo com os seguintes critérios: análise gráfica de resíduos, coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajust.%), correlação entre os valores observados e estimados (r) e erro padrão da estimativa percentual ($Sy_x\%$) (DRAPER; SMITH, 1980; QUEIROZ et al., 2008; SOUZA et al., 2008; LEITE et al., 2011; LANSSANOVA et al., 2013).

2.5 Validação

Compuseram árvores para validação, 45 indivíduos selecionados aleatoriamente, em cada classe diamétrica. Após os ajustes de todos os modelos, para cada tratamento, foi selecionado o melhor para a validação. As equações foram aplicadas nessa base de dados, utilizando todas as equações geradas pelo modelo selecionado. Para cada tratamento foram calculadas as estatísticas de precisão correlação entre os valores observados e estimados (r) e erro padrão da estimativa percentual ($Sy_x\%$) (DRAPER; SMITH, 1980; QUEIROZ et al., 2008; SOUZA et al., 2008; LEITE et al., 2011; LANSSANOVA et al., 2013). Ao final procedeu-se a comparação entre as estatísticas de ajuste e precisão, bem como a aplicação do teste t , ao nível de 95% de probabilidade.

3 Resultados e discussão

3.1 Cubagem rigorosa e distribuição diamétrica

O agrupamento proporcionou o conhecimento da estrutura horizontal da floresta e também a definição das classes diamétricas com amplitude de dois centímetros, sendo elas: 11, 13, 15, 17 e 19 cm (Figura 1).

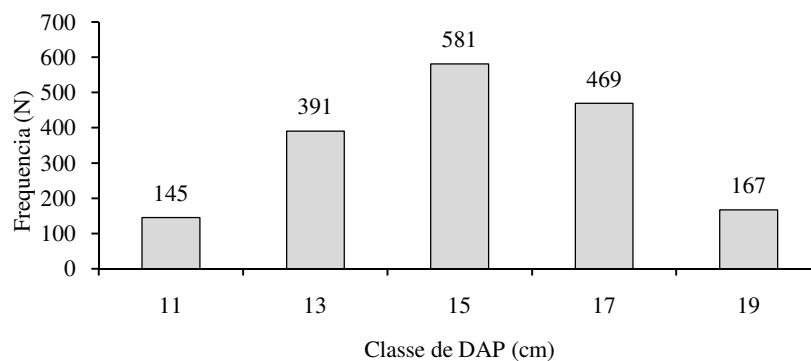


Figura 1 - Distribuição diamétrica dos 1.753 indivíduos cubados na área de estudo.

A classe central de 15 cm foi a que mais concentrou indivíduos, sendo 33,1%, seguida da classe 17 com 26,8%. A composição dos cenários, objeto de estudo nesse trabalho, é apresentada na Tabela 2, onde se pode notar a quantidade de indivíduos utilizada em cada tratamento, sorteados aleatoriamente.

Tabela 2 - Resumo da distribuição diamétrica dos indivíduos cubados rigorosamente, em relação à classe diamétrica e altura total

	Classe de Altura total (metros)									Total geral
	17	19	21	23	25	27	29	31	33	
Classe diamétrica(cm)	11	1	11	63	64	6				145
	13		1	7	95	224	60	4		391
	15				4	155	287	127	8	581
	17					12	177	206	74	469
	19						31	71	64	1

Após o ajuste dos modelos, para cada cenário, foram geradas as estatísticas de ajuste e precisão (Tabela 3), bem como o gráfico de dispersão de resíduos (Figura 2).

Tabela 3 - Parâmetros das equações e estatísticas de ajuste e precisão para cada tratamento adotado

Tratamento	Equação	Parâmetros			R ² ajust. (%)	r	S _{yx} (%)
		β_0	β_1	β_2			
T1	1	-11,0131	1,7007	1,5060	0,9797	0,9898	3,5046
	2	-0,0006	0,0000	-	0,9697	0,9847	5,7842
	3	-0,0576	0,0013	-	0,9229	0,9607	9,2268
T2	1	-10,9818	1,7177	1,4809	0,9821	0,9911	3,1823
	2	-0,0026	0,0000	-	0,9711	0,9855	5,6015
	3	-0,0656	0,0013	-	0,9288	0,9640	8,7964
T3	1	-11,1516	1,5682	1,6589	0,9742	0,9876	4,0680
	2	0,0013	0,0000	-	0,9541	0,9773	7,4601
	3	-0,0553	0,0013	-	0,8949	0,9472	11,2897
T4	1	-10,8053	1,7256	1,4232	0,9865	0,9933	3,6787
	2	0,0020	0,0000	-	0,9802	0,9901	6,2299
	3	-0,0543	0,0013	-	0,9512	0,9755	9,7766
T5	1	-10,4272	1,8347	1,2164	0,9881	0,9943	3,3005
	2	0,0060	0,0000	-	0,9866	0,9934	4,9143
	3	-0,0432	0,0012	-	0,9679	0,9842	7,6093
T6	1	-11,3077	1,5870	1,6893	0,9854	0,9931	3,8110
	2	-0,0018	0,0000	-	0,9792	0,9898	6,4062
	3	-0,0564	0,0013	-	0,9451	0,9729	10,4159

Conforme apresentado na Tabela 3, para todos os tratamentos não houve diferenças discrepantes entre os cenários avaliados. Pelo erro padrão da estimativa (S_{yx} %), notou-se que os valores encontrados foram muito próximos um do outro, mostrando que a quantidade de árvores consideradas no ajuste não foi fator determinante para melhoria das estatísticas de precisão nos ajustes, independentemente do modelo utilizado.

Observando o comportamento das equações, pelos valores estatísticos, é possível perceber que houve bom desempenho, o que demonstra grau de ajuste satisfatório da variável dependente (volume) pelas variáveis independentes (DAP e/ou altura).

De acordo com as estatísticas de ajuste, o modelo 1 foi mais eficiente nas estimativas, independente do tratamento.

Embora outros critérios para avaliação também apresentassem valores bem próximos, por exemplo, R^2 ajustado e correlação (r), sendo então suficiente para o entendimento de não diferimento entre os cenários, optou-se também, conforme preconizado por Lansanova et al. (2013), Leite et al. (2011), Queiroz et al. (2008), Souza et al. (2008), Draper e Smith (1980), fazer a avaliação da dispersão dos resíduos, bem como a relação entre os valores observados e estimados. A dispersão de resíduos para os cenários avaliados e modelos utilizados bem como a correlação entre os valores observados e estimados são apresentados nas Figuras 2 a 7.

Na avaliação das estatísticas de ajuste e precisão (Tabela 3), bem como da dispersão dos resíduos (Figura 2) nota-se que não houve diferenças entre os cenários avaliados e que o número de árvores em classes diamétricas não prejudicou a precisão dos ajustes. O modelo de Schumacher e Hall (1933) foi selecionado, por apresentarem resultados mais eficientes por meio das suas equações, apresentando menores valores de S_{yx} (%), maiores valores de R^2 ajust. (%) e r , para todos os tratamentos avaliados.

Colpini et al. (2009), recomendam a equação de Schumacher e Hall (SH) para a região noroeste de Mato Grosso por apresentar maior precisão para estimar o volume em função do diâmetro e da altura total das árvores, sendo a mesma selecionada pelos pesquisadores, e recomendada para a área estudada.

Silva et al. (1993), estudando equação volumétrica para *Eucalyptus camaldulensis*, na região de Barbalha (CE), usando volume da primeira tora como variável independente, também empregaram o modelo logarítmico de SH para calcular os volumes, considerando seções de 1 m de comprimento.

Guimarães e Leite (1996), em estudo com *Eucalyptus grandis* no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, trabalhando com o modelo logarítmico de SH, concluíram que equações de volume ajustadas a partir de 150 árvores forneceram estimativas volumétricas similares às obtidas pelo emprego da equação resultante da cubagem de 500 árvores.

Dessa forma, se confirma o preconizado por Campos e Leite (2013), em que a frequência dos dados de cubagem está diretamente relacionada com a variação em diâmetro e forma das árvores da população, e por isso as árvores-amostra devem abranger todas as classes de diâmetro a partir de um diâmetro mínimo especificado, de preferência, mesma frequência por classe. Portanto, o sexto Tratamento (T6) que utiliza apenas oito indivíduos por classes diamétrica, foi suficiente para representar todos os indivíduos amostrados (1.819).

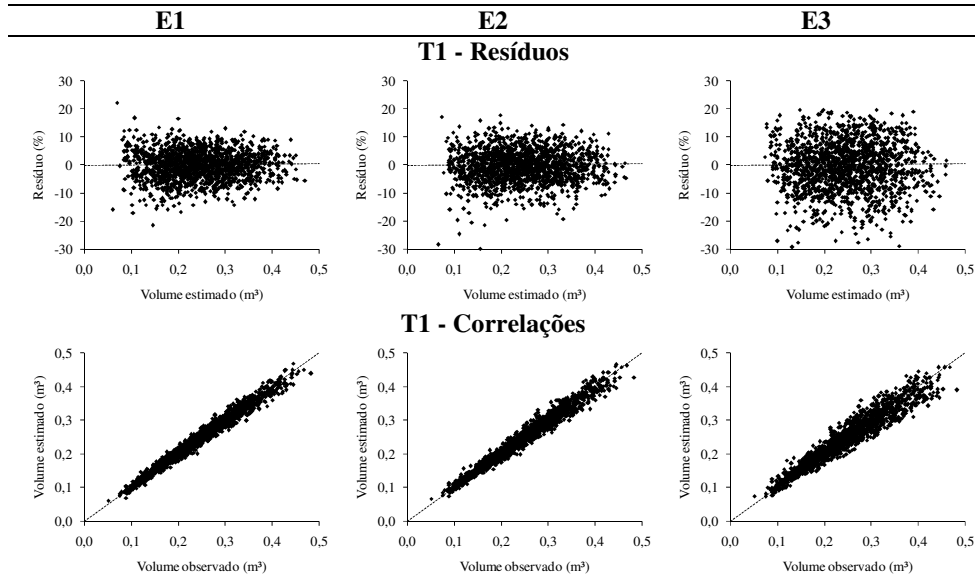


Figura 2 - Dispersão de resíduos e correlações para o cenário T1; para as equações E1, E2 e E3, resultantes dos modelos 1 a 3.

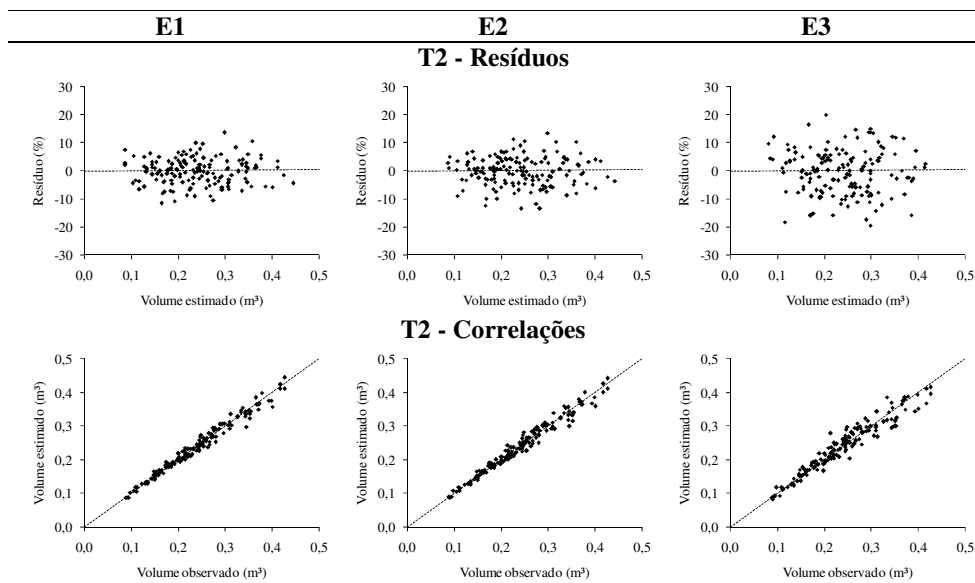


Figura 3 - Dispersão de resíduos e correlações para o cenário T2; para as equações E1, E2 e E3, resultantes dos modelos 1 a 3.

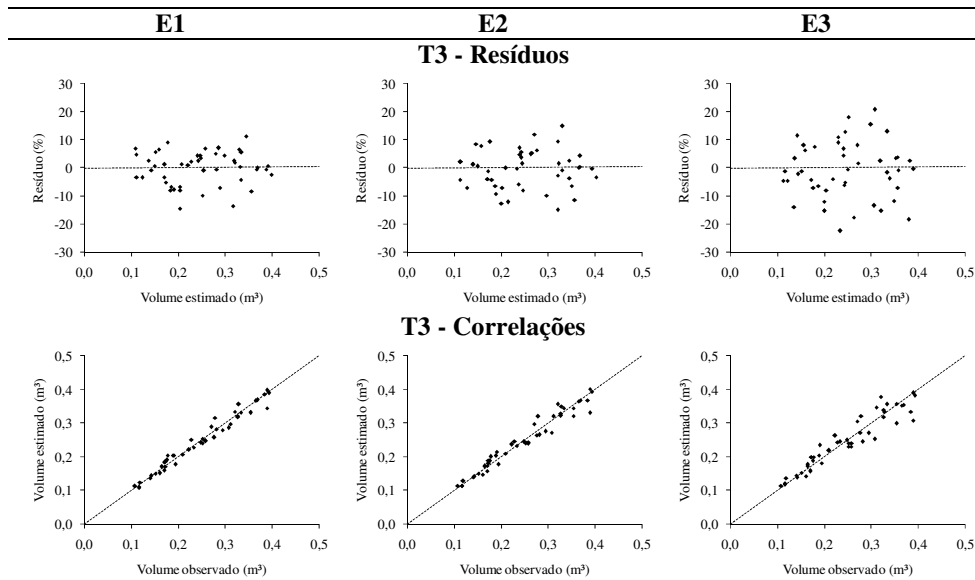


Figura 4 - Dispersão de resíduos e correlações para o cenário T3; para as equações E1, E2 e E3, resultantes dos modelos 1 a 3.

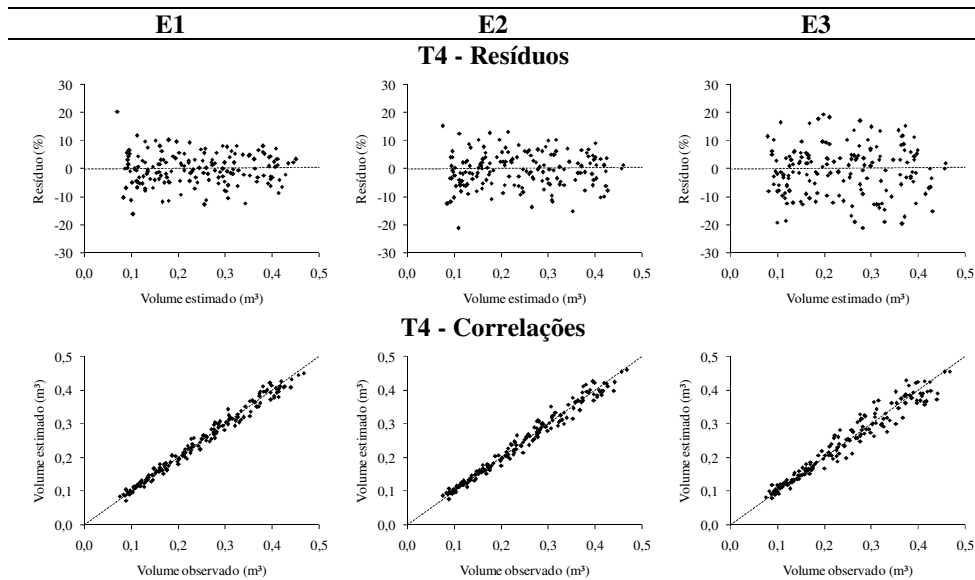


Figura 5 - Dispersão de resíduos e correlações para o cenário T4; para as equações E1, E2 e E3, resultantes dos modelos 1 a 3.

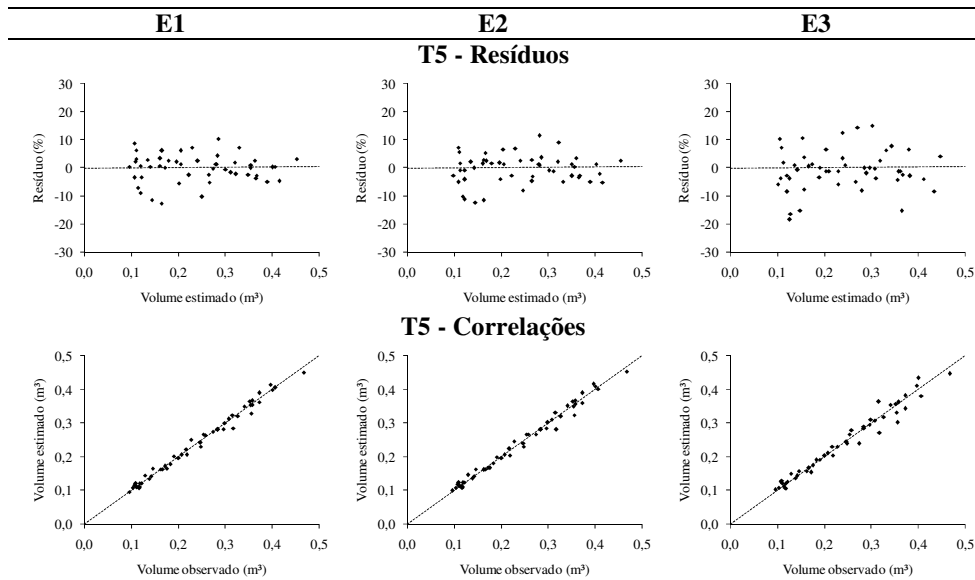


Figura 6 - Dispersão de resíduos e correlações para o cenário T5; para as equações E1, E2 e E3, resultantes dos modelos 1 a 3.

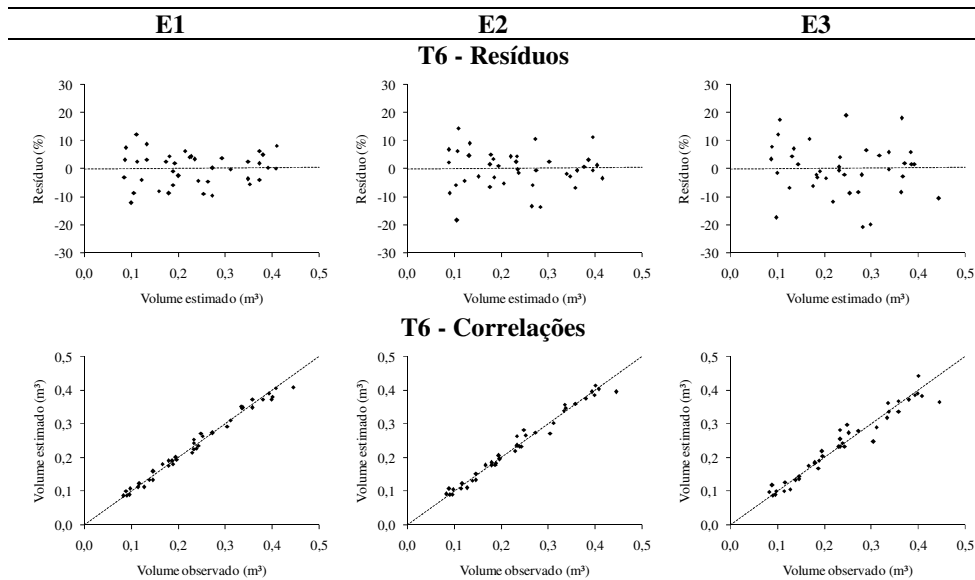


Figura 7 - Dispersão de resíduos e correlações para o cenário T6; para as equações E1, E2 e E3, resultantes dos modelos 1 a 3.

As equações de Schumacher e Hall (1933) (modelo 1) foram submetidas à base de dados para validação, com 45 indivíduos em cada classe diamétrica. A Tabela 4 apresenta as estatísticas de precisão das equações validadas na base de dados independente.

Tabela 4 - Estatísticas de ajuste e precisão para cada tratamento, após aplicação na base de dados da validação

Tratamento	r	S _{yx} (%)
T1	0,994	4,87
T2	0,994	4,96
T3	0,994	4,97
T4	0,994	4,94
T5	0,993	5,33
T6	0,994	4,92

É possível notar que não há diferença entre as estatísticas nos dados de validação. Dessa forma fica evidenciado que o T6, que utilizou para o ajuste do modelo volumétrico apenas oito indivíduos por classe diamétrica, gerou uma equação eficiente, que representou bem a população avaliada. Para ilustrar quantitativamente a relação e o comportamento das equações nos dados de validação, a Figura 8 apresenta a dispersão de resíduos entre os valores observados e estimados, que não estavam presentes nos dados de ajuste.

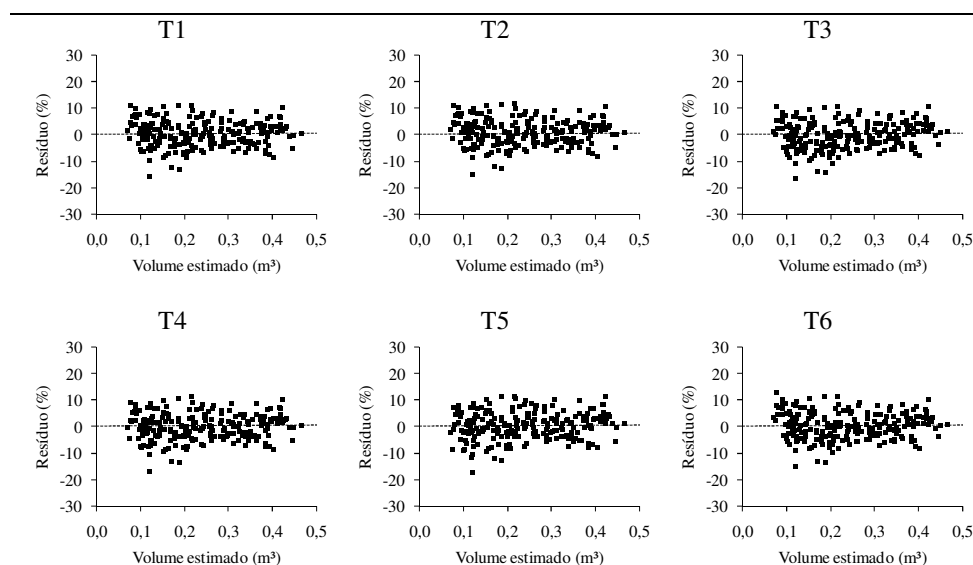


Figura 8 - Dispersão de resíduos para os cenários avaliados, em relação aos dados de validação, aplicando-se as equações resultantes do modelo 1.

Na dispersão de resíduos é notório perceber que em todas as situações o comportamento da equação foi o mesmo, ora superestimando e ora subestimando o volume. Fato é que na validação, os resíduos ficaram compreendidos entre erros de aproximadamente $\pm 10\%$.

A fim de verificar a diferença entre os valores estimados e observados, para os dados da validação, foi aplicado teste *t*, ao nível de probabilidade de 95%. A média, desvio padrão, erro padronizado, valores de *t* calculados e a probabilidade (*p-value*), são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resumo do teste *t* aplicado aos dados de validação entre o volume observado e volume advindo das equações ajustadas para cada tratamento

Tratamentos	Média (m ³)	Desvio padrão	Syx (m ³)	<i>t</i> calculado	<i>p-value</i>
T1	0,24243	0,01179	0,00079	1,2244	0,222
T2	0,24130	0,01186	0,00079	2,6495	0,009 *
T3	0,24277	0,01206	0,00080	0,7773	0,438
T4	0,24301	0,01199	0,00080	0,4839	0,629
T5	0,24178	0,01284	0,00086	1,8822	0,061
T6	0,24201	0,01187	0,00079	1,7478	0,082

* Significativo ao nível de 95% de probabilidade, n = 225.

Diante dos dados da Tabela 5 é possível verificar que houve diferença estatística, ao nível de 95% de probabilidade, apenas para o tratamento T2, em que foram utilizados 153 indivíduos (Tabela 1). Entretanto, para todos os outros cenários não houve diferenças estatísticas entre os volumes estimados. Ressalta-se, inclusive, o sexto tratamento (T6) que foi utilizado apenas oito indivíduos em cada classe diamétrica, que não se diferenciou dos valores observados.

Conclusões

A equação ajustada de Schumacher e Hall (1933) estimou com precisão o volume das árvores (m³) em todos os cenários avaliados e apresentou estatísticas de ajuste e precisão bastante aceitáveis.

A quantidade de árvores por classe diamétrica não foi fator determinante na precisão do ajuste e estimativa do volume das árvores.

Foi suficiente o esforço amostral de apenas oito árvores por classe diamétrica.

Agradecimentos

À CAPES e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

LEAL, F. A.; CABACINHA, C. D.; CASTRO, R. V. O.; MATRICARDI, E. A. T. Eucalyptus trees sampled in the cubed for estimating volumetric models. *Rev. Bras. Biom.*, São Paulo, v.33, n.1, p.91-103, 2015.

- **ABSTRACT:** This study aimed to adjust and validate volumetric models to estimate volume of *Eucalyptus urophylla* trees, in order to reduce the number of trees scaled in Rio Verde / GO. Were scaled by Smalian, 1,753 trees in different diameter classes. The data were divided into groups: fit, with 87% of the data (1528); validation, with 13% of the data, being here, selected 45 trees in each diameter class. There were six treatments with reduced number of trees between them. In the first three treatments was maintained at diametric distribution trend: T1 adjustments with the total number of individuals (1528); T2 10% of individuals in each diameter class of T1 (153); T3 a third of individuals of each T2 class (48). In the last three treatments were the same number of samples, in each diameter class: T4 33 trees; T5 and T6 8 10 trees. Three models were adjusted for treatment and selected the best to be validated. The estimates were compared to those observed by the t test. The model of Schumacher and Hall was more efficient. The amount of trees was not decisive in the quality of equations. T3 and T6 treatments accounted for accuracy in volumetric estimates of *Eucalyptus* trees.
- **KEYWORDS:** *Eucalyptus*; volumes, Smalian; model validation.

Referências

- ARAÚJO JÚNIOR, C. A.; NOGUEIRA, G. S.; OLIVEIRA, M. L. R.; MIRANDA, R. O. V.; CASTRO, R. V. O.; PELLI, E. Projeção da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto em diferentes amplitudes de classe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.1275-1281, 2010.
- CABACINHA, C. D. *Um método para a realização do inventário florestal suprimindo a cubagem rigorosa*. 2003. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, 2003.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 4.ed., Viçosa: Editora UFV, 2013. 605p.
- COLPINI, C. et al. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 39, n.1, p. 97-104, mar. 2009.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. *Applied Regression Analysis*. 2º ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. 709 p. 1980.
- GUIMARÃES, D. P.; LEITE, H. G. Influência do número de árvores na determinação de equação volumétrica para *Eucalyptus grandis*. *Revista Scientia Forestalis*, Piracicaba, SP, n. 50, p. 37-42, dez. 1996.
- LANSSANOVA, L. R. et al. Avaliação de funções de afilamento para a estimativa de diâmetro de espécies florestais comerciais do bioma amazônico Mato-Grossense. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 43, n. 2, p. 215 - 224, abr. / jun. 2013.
- LEITE, H. G. et al. Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f. *Revista Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 39, n. 89, p.53-59, mar. 2011.
- MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. *Dendrometria*, 2ª.ed., 1.ª reimpressão, Guarapuava:UNICENTRO, 2009. 309p.

QUEIROZ, D. et al. Identidade de modelos em funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Bentham em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 38, n. 2, abr./jun. 2008.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. *Biometria Florestal: medição, volumetria e gravimetria*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 285 p.: il. – Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” a Distância: Manejo de Florestas Nativas.

SCOLFORO, J. R. S. *Técnica de regressão aplicada para estimar volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos da madeira*. Lavras: UFLA/FAEP, 1997. 292p.

SCHUMACHER, F.X.; HALL, F.S. Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research*, v.47, n.9, p.719-734, 1933.

SILVA, J.A.A. et al. Equação volumétrica para *Eucalyptus camaldulensis*, na região de Barbalha, Ceará, usando o volume da primeira tora como variável independente. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v.17, n.1, p.30-37, 1993.

SIQUEIRA NETO, M. et al. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p. 63-76, 2011.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUSA, A. L. *Dendrometria e inventário Florestal*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 276p.

SOUZA, C. A. M. et al. Avaliação de modelos de afilamento segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* SP. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v.32, n.3, p.453-463, 2008.

Recebido em 23.09.2014

Aprovado após revisão em 12.03.2015