



Acurácia de relações hipsométricas para diferentes estratégias de validação em *Eucalyptus urograndis*

Accuracy of hipsometric relations to different validations procedures for Eucalyptus urograndis

Roberta Rodrigues de Oliveira¹, Ximena Mendes de Oliveira^{2*}, Gabriela Cristina Costa Silva³, Rafaella Carvalho Mayrinck⁴

Resumo: O uso de relações hipsométricas é essencial para empresas florestais, uma vez que a medição de altura de todas as árvores da parcela tornaria o inventário oneroso. Objetivou-se com este trabalho avaliar cinco modelos hipsométricos com cinco estratégias de ajuste, usando 5, 10, 15, 20 e 25 árvores. Os dados provêm de um povoamento de *Eucalyptus urograndis* em Turmalina, Minas Gerais. Foram estratificadas cinco classes diamétricas, sendo mensuradas 10 árvores por classe. A altura foi obtida com uso de um clinômetro eletrônico, e o DAP, com a utilização de uma suta. Posteriormente, as árvores foram abatidas e suas alturas reais foram obtidas com trena. Com os dados reais de altura e diâmetro, foi possível ajustar os modelos hipsométricos. A seleção do melhor modelo foi baseada nos seguintes critérios: coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), análise gráfica dos resíduos e raiz quadrada do erro médio (RMSE). Foram selecionados os melhores modelos dentro de cada estratégia. Ao analisar o gráfico de dispersão, foi possível perceber se houve tendenciosidade na estimativa, mostrando que existe uma normalidade e homogeneidade da variação entre os dados reais e estimados. Nas estratégias com 5, 10 e 15 árvores, o melhor modelo foi o Parabólico e, para 20 e 25 árvores foi o modelo de Prodan.

Palavras-chave: Análise fatorial; Altura total; Clinômetro eletrônico.

Abstract: The use of hipsometric relationships is essential for forest companies, since a height measurement of all the trees in the plot would make the inventory onerous. The objective of this work was to evaluate five models with five adjustment strategies, using 5, 10, 15, 20 and 25 trees in the fitting. The data come from an *Eucalyptus urograndis* stand in Turmalina, Minas Gerais. Five diametric classes were stratified, and 10 trees per class were measured. The height was obtained with the use of an electronic physician and a DAP using a clinometer. Later, as trees were felled and their actual heights were obtained with a measuring tape. With the real data of height and diameter, it was possible to adjust hipsometric models. (R^2), residual standard error (Syx), graphical residue analysis and mean square error root (RMSE). We selected the best models within each strategy. When analyzing the dispersion graph, it was possible to perceive that there was no tendency in the models, showing that there is a normality and homogeneity of the variation between the real and estimated data. In fitting the models with 5, 10 and 15 trees, the best model for the Parabolic and for fitting using 20 and 25 trees, the best model was Prodan.

Key words: Factor analysis; Total height; Electronic clinometer.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 21/10/2015; aprovado em 12/12/2016

¹Graduada em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Minas Gerais, roberta_r@hotmail.com

²*Estudante de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, 38 91287516, ximena_mendes@hotmail.com

³Estudante de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, gbcrisina.silva@gmail.com

⁴Estudante de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, rafamka@hotmail.com



INTRODUÇÃO

A necessidade constante das empresas florestais por estimativas assertivas justifica os estudos que possam melhorar a acurácia e precisão das metodologias empregadas na estimativa do estoque volumétrico das árvores. Estas informações são necessárias para o planejamento das atividades e estratégias econômicas de comercialização (CAMPOS; LEITE, 2013).

Os dados necessários para a estimativa do volume são obtidos através do procedimento de amostragem do inventário florestal, e são eles, o diâmetro à altura de 1,30 m do solo ou a altura do peito (DAP) e altura total das árvores. Ao efetuar a medição do DAP, o operador tem contato com a árvore, ou seja, é uma medição de forma direta que fornece informações mais confiáveis. A altura total é dada por uma medição indireta, onde o operador deve se portar a uma escala de distância da árvore, tornando essa atividade mais sujeita a erros (SOARES et al., 2011).

Para a mensuração da altura total de árvores em pé, são utilizados os aparelhos hipsométricos (GONÇALVES et al., 2009). Estes podem acarretar erros sistemáticos na medição, ocasionados em maiores e menores proporções, de acordo com as classes diamétricas e o treinamento dos operadores (OLIVEIRA et al., 2014). Para minimizar os erros, apenas algumas árvores das parcelas têm sua altura mensurada, e as demais são obtidas por relações hipsométricas (COUTO; BASTOS, 2004).

Muitos modelos hipsométricos são avaliados para diversas espécies florestais, utilizados para estimar a altura média das árvores com confiabilidade (BARTOSZECK et al., 2002; AZEVEDO et al., 2011; SOUSA et al., 2013). No entanto, deve-se tomar cuidado na escolha das árvores que irão compor a amostra, tendo em vista que muitos fatores afetam a relação hipsométrica, tais como idade, qualidade de sítio, densidade, posição sociológica e práticas silviculturais (SOUSA et al., 2013).

Assim, este trabalho consiste em avaliar diferentes relações hipsométricas para diferentes estratégias de ajuste e validação por classe diamétrica, em um povoamento *Eucalyptus urograndis*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados em um povoamento de *Eucalyptus urograndis*, plantado no espaçamento 3m x 3m, com nove anos de idade. O estudo foi realizado no município de Turmalina, situado na região do Médio Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil.

A predominância de um relevo plano, composto por chapadas, tem despertado o interesse de empresas florestais nessa região desde a década de 70 (BATISTA, 1977). Turmalina é classificada, de acordo com Köppen e Geiger, como clima tropical, com estação seca de inverno (Aw). A temperatura média anual é 22,9°C, com 24,4°C no verão e 22°C no inverno. A média anual de precipitação é de 955 mm, tendo grande concentração entre os meses de novembro e fevereiro (SÁ JUNIOR et al., 2012).

Os dados foram coletados em cinco classes de diâmetro, variando entre 9 e 24 cm. Em cada classe, 10 árvores foram amostradas aleatoriamente, quanto à altura e diâmetro. A altura das árvores foi mensurada com o uso de um clinômetro eletrônico, e o diâmetro foi mensurado com uso de uma suta.

Após as medições das cinquenta árvores, estas foram abatidas, com cautela quanto à direção de queda, evitando acidentes e garantindo espaço livre de obstáculos para realizar a medição. Em seguida, dois operadores efetuaram a medição da altura total real das árvores, com o uso de uma trena.

A partir dos pares diâmetro e altura amostrados, cinco modelos hipsométricos (Tabela 1) foram ajustados, usando o programa Sisflor (THIERSCH et al., 2007) e o Microsoft Excel®. Os ajustes foram realizados por meio das seguintes estratégias de ajuste e validação, na primeira, foram ajustadas cinco árvores (uma por classe de DAP), na segunda, 10 árvores (duas por classe de DAP), na terceira, 15 árvores (três por classe de DAP), na quarta, 20 árvores (quatro por classe de DAP) e, na quinta, 25 árvores (cinco por classe de DAP). A Tabela 2 mostra o resumo dos dados ajustados, conforme estas estratégias. As árvores que não foram utilizadas nos ajustes, 45, 40, 35, 30 e 25 respectivamente, foram utilizadas nas validações dos modelos.

Tabela 1. Modelos hipsométricos utilizados no ajuste.

Relação hipsométrica	Modelo
Linha reta	$H = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \varepsilon$
Parabólico	$H = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_2 * DAP^2 + \varepsilon$
Stofel	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \ln(\varepsilon)$
Curtis	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{DAP} \right) + \ln(\varepsilon)$
Prodan	$H = \frac{1}{\beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_2 * DAP^2 + \varepsilon}$

Nota: H = altura total da árvore (m); DAP = diâmetro a 1,30 m do solo (cm); β_i = parâmetros dos modelos a serem estimados; ε_i = erro da estimativa.

Tabela 2. Caracterização dos dados amostrais do povoamento de *Eucalyptus urograndis*.

Estratégia	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	CV (%)
25	27,45	6,18	15,80	40,70	22,49
20	27,49	6,04	17,60	40,70	21,99
15	27,37	6,20	15,80	38,00	22,65
10	26,73	6,75	15,80	38,00	25,23
5	29,88	9,08	15,80	37,80	30,40

A seleção da melhor estratégia de ajuste foi baseada nos seguintes parâmetros estatísticos: análise gráfica dos resíduos, coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro padrão de estimativa (Syx) e raiz quadrada do erro médio (RMSE).

O coeficiente de determinação (R^2) informou a porcentagem da variação dos dados observados, que estão sendo explicados pelo modelo ajustado, e o ($R^2_{aj.}$), permitiu fazer a comparação entre modelos que apresentam graus de liberdade distintos (BARROS et al., 2012):

$$R^2_{aj.} = 1 - \frac{n-1}{n-p-1} * \frac{SQ_{res}}{SQ_{total}}$$

Em que:

$R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado;

n = tamanho da amostra;

p = número de variáveis independentes do modelo;

SQ_{res} = soma de quadrado dos resíduos;

SQ_{total} = soma dos quadrados total.

O erro padrão da estimativa (S_{yx}) é uma estatística muito utilizada para a seleção do melhor ajuste de equações de regressão. Indica quanto o modelo errou em média, ao estimar a variável dependente, sendo desejável que se obtenha o menor valor possível (BARROS et al., 2012):

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2}{n-p-1}}$$

Em que:

S_{yx} = erro padrão residual em metros;

h_i = altura observada;

\hat{h}_i = altura estimada;

i = altura estimada pelos modelos;

n ; p = definidos anteriormente.

A análise gráfica dos resíduos é considerada o principal parâmetro estatístico para a seleção do melhor modelo, pois permite identificar se há ou não tendência na estimativa da variável dependente, ao longo da linha de regressão. Porém, essa análise deve ser realizada em conjunto com as estatísticas citadas acima.

O RMSE calcula a diferença quadrática média entre os valores observados e os valores estimados, sendo satisfatórios valores baixos de RMSE para uma melhor precisão da estimativa (MEHTÄTALO et al., 2006):

$$RMSE (\%) = 100 \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} / \bar{y}$$

Em que:

\bar{y} = médias dos valores observados;

y_i = valor observado da variável;

\hat{y}_i = valor estimado da variável;

n = definido anteriormente.

A seleção dos melhores modelos foi feita dentro de cada estratégia de ajuste. O experimento foi analisado em fatorial duplo, onde foram estudadas as estimativas de cada modelo (Fator 1, com 5 níveis: Linha reta, Parabólico, Prodan, Stofel, Curtis) e as estratégias de ajuste (Fator 2, com 5 níveis: 5, 10, 15, 20 e 25 árvores para o ajuste), totalizando 25 tratamentos. As análises foram feitas no programa Sisvar (FERREIRA, 2011), com o teste de Scott-Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância não foi observada diferença significativa entre os modelos usados e entre os diferentes níveis da interação destes com a estratégia de ajuste. Entretanto, as estratégias de ajuste diferiram entre si. Desta forma, foi realizado um teste de médias Scott-Knott para analisar as estratégias de ajuste. Os resultados desta análise estão representados na Tabela 3.

Apenas as estratégias com 25 e 10 árvores-amostra não diferiram estatisticamente da média da altura real obtida com trena (26,76 m), pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As estratégias com 20 e 15 árvores-amostra diferiram da altura real, mas não diferiram entre si. A estratégia de ajuste com 5 árvores diferiu das demais e foi a

que mais superestimou a altura real, apresentando um erro de 1,27 m.

Tabela 3. Medidas de ajuste em cada estratégia de ajuste, teste de Scott-Knott para cada estratégia de ajuste, e o erro em relação à altura real.

Estratégia	Média (m)	Resultado	Erro (m)
25	26,53	A	0,23
20	27,01	B	-0,25
15	27,10	B	-0,34
10	26,27	A	0,49
5	28,03	C	-1,27

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

De acordo com Silva et al. (2007), ao realizar a amostragem, deve-se preocupar com a suficiência amostral. Para isso, ajustes com quantidades superiores a 27 árvores apresentaram uma melhor resposta a estimativas da altura das árvores quando comparados a menores amostras, devido à representatividade mais consistente dos dados.

Ribeiro et al. (2010) testaram três estratégias de ajuste com número diferente de árvores e verificaram uma melhora significativa nos ajustes, com o aumento de árvores amostradas. Em casos onde o número de árvores amostradas é reduzido, a utilização das redes neurais artificiais vem apresentando bons resultados (BINOTI et al., 2013; VENDRUSCOLO et al., 2017)

A Tabela 4 mostra os parâmetros estimados dos cinco modelos em cada estratégia de ajuste, e seus respectivos coeficientes de determinação ajustados, e erro padrão residual em metros. Com o objetivo de sintetizar esses valores e obter o tamanho dos erros da amostra, foi realizada uma validação, com dados retirados de forma aleatória, da base de dados, configurando dados independentes do ajuste. Essa validação permitiu verificar a precisão das estimativas de cada modelo nas diferentes estratégias, por meio do RMSE (diferença quadrática média entre valores observados e estimados). Assim, quanto menor o valor do RMSE, melhor a precisão da estimativa.

Com relação aos coeficientes de determinação, foram encontrados baixos valores para praticamente todos os modelos, em todas as estratégias de ajuste. Houve um sutil aumento deste valor com a diminuição do número de árvores usadas no ajuste. Ao considerar 25 árvores, essa estatística variou de 0,5919 a 0,7231, enquanto que, para 5 árvores, a variação foi de 0,8059 a 0,9586. Tedeschi (2006) alerta sobre a utilização do coeficiente de determinação, uma vez que o valor tende a crescer quando diminui o número de observações da amostra, gerando resultados equivocados.

Silva et al. (2016) realizaram o ajuste dos modelos de Stofel e Curtis, e encontraram, respectivamente, coeficientes de determinação de 0,6857 e 0,7254. Os autores justificam a baixa precisão, ao fato da base de dados com 159 árvores pertencerem a um plantio seminal de mogno africano, apresentando maior variabilidade dos dados, em comparação aos plantios clonais. Almeida et al. (2016) utilizaram 46 árvores de um plantio homogêneo de *Tectona grandis* e realizaram o ajuste de sete modelos hipsométricos, em que, o coeficiente de determinação, variou de 0,482 a 0,949.

Tabela 4. Parâmetros ajustados e desempenho dos modelos em cada estratégia de ajuste analisada.

Estratégia	Modelo	β_0	β_1	β_2	R ² aj.	Syx (m)	RMSE (m)
25	Linha reta	8,3308	1,1897		0,5919	4,31	12,25
25	Parabólico	-24,7602	5,5404	-0,1330	0,6886	3,76	11,55
25	Stofel	1,2440	0,7440		0,6883	4,25	12,73
25	Curtis	4,0339	-11,1880		0,7231	3,99	11,74
25	Prodan	9,4891	-0,8550	0,0497	0,6802	3,82	10,58
20	Linha reta	12,5633	0,9274		0,4580	4,45	13,78
20	Parabólico	-29,2678	6,5503	-0,1746	0,6782	3,43	11,78
20	Stofel	1,6660	0,5933		0,5997	4,34	12,87
20	Curtis	3,8949	-8,9536		0,6590	4,05	11,29
20	Prodan	11,8257	-1,3080	0,0677	0,6569	3,54	10,93
15	Linha reta	8,8004	1,1606		0,5901	3,97	11,23
15	Parabólico	-15,0907	4,3138	-0,0975	0,6167	3,83	9,69
15	Stofel	1,3066	0,7219		0,6493	3,93	11,39
15	Curtis	4,0150	-10,9258		0,6927	3,75	10,67
15	Prodan	7,1831	-0,5838	0,0426	0,6296	3,77	9,99
10	Linha reta	8,7143	1,1049		0,5708	4,42	13,38
10	Parabólico	-11,3371	3,7235	-0,0790	0,5733	4,41	11,30
10	Stofel	1,2943	0,7129		0,6347	4,37	13,44
10	Curtis	3,9711	-10,7359		0,6726	4,18	12,61
10	Prodan	4,9262	-0,2619	0,0328	0,5735	4,40	11,62
5	Linha reta	4,4985	1,5433		0,8059	4,00	13,39
5	Parabólico	-31,5116	6,4173	-0,1501	0,9586	2,85	12,29
5	Stofel	0,7205	0,9558		0,8524	4,14	12,63
5	Curtis	4,2985	-14,0999		0,9296	2,96	13,32
5	Prodan	9,7339	-0,8736	0,0468	0,9554	3,91	12,89

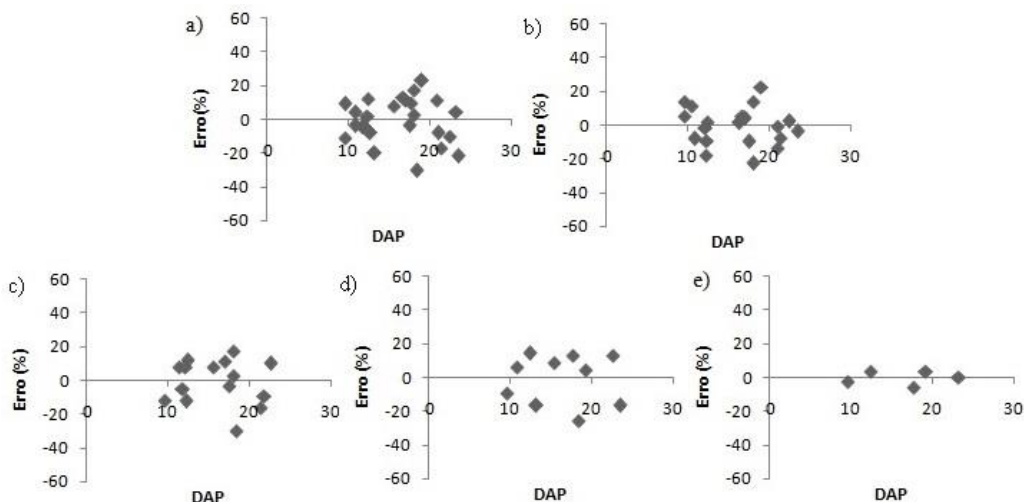
O erro padrão residual variou de 2,85 a 4,45 m neste estudo. Oliveira et al. (2015) ajustaram modelos hipsométricos para árvores de eucalipto em plantio seminal e encontraram erros superiores, variando de 6,19 a 6,81 m. Sousa et al. (2013) utilizaram uma base de dados de *Eucalyptus urophylla* com 35 árvores sob regime de alto fuste, e 59 árvores sob regime de talhadia, e encontraram erros menores (0,81 a 1,21 m).

Com base no RMSE encontrado nos dados de ajuste, o modelo que teve pior ajuste para as estratégias com 25, 15 e 10 árvores, foi o modelo de Stofel e, para as estratégia com 20 e 5 árvores, foi o modelo em linha reta. O melhor modelo

para as estratégias de ajuste usando 25 e 20 árvores foi o de Prodan. O modelo parabólico foi o melhor para o ajuste feito usando as demais estratégias de ajuste. Esses dois modelos também foram recomendados em outros estudos (SOUSA et al., 2013; ALMEIDA et al., 2016).

A Figura 1 mostra a distribuição dos erros nas estimativas para os melhores modelos (cujo RMSE está em destaque em negrito na Tabela 4) para as estratégias de ajuste de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores. Percebe-se que no geral, as estratégias de ajuste testadas resultaram em erros bem distribuídos em relação à média.

Figura 1. Distribuição residual das relações hipsométricas selecionadas para as cinco estratégias de ajuste. Em que: a) modelo de Prodan para a estratégia com 25 árvores; b) modelo de Prodan para a estratégia com 20 árvores; c) modelo Parabólico para a estratégia com 15 árvores; d) modelo Parabólico para a estratégia com 10 árvores; e) modelo Parabólico para a estratégia com 5 árvores.



CONCLUSÃO

O modelo de Prodan foi o que melhor se ajustou às estratégias com 25 e 20 árvores, e o modelo Parabólico foi o melhor para as estratégias de ajuste com 5, 15 e 20 árvores. Assim, como idealmente deve-se trabalhar com um volume grande de dados, recomenda-se o uso do modelo de Prodan.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. L. C. da S. de; SILVA, F. R.; SANTOS, A. C. A.; GARCIA, M. L.; WOJCIECHOWSKI, J. C. Determinação de equação volumétrica e hipsométrica para um plantio de *Tectona grandis* L. f. em Alta Floresta, MT. Revista de Ciências Agroambientais, Alta Floresta, v.14, n.2, p.1-9, 2016.
- AZEVEDO, T. L.; MELLO, A. A.; FERREIRA, R. A.; SANQUETTA, C. R.; NAKAJIMA, N. Y. Equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp. localizado na FLONA do Ibura, Sergipe. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v.6, n.1, p.105-112, 2011.
- BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Modelagem da relação hipsométrica para Bracatingais da região Metropolitana de Curitiba-PR. Revista Floresta, Curitiba, v.32, n.2, p.189-204, 2002.
- BATISTA, R. B. Anisotropia em solos de alguns ecossistemas brasileiros e sua implicação na utilização agrícola. Viçosa, MG. Imprensa Universitária. 107 p. 1977.
- BINOTI, M. L. M. da S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G. Aplicação de redes neurais artificiais para estimação da altura de povoamentos equiâneos de eucalipto. Revista Árvore, Viçosa, v.37, n.4, p.639-645, 2013.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração florestal: perguntas e respostas. 4. ed. Viçosa: UFV, 2013. 605p
- COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Erros de medição de altura em povoamentos de *Eucalyptus* em região plana. IPEF, Piracicaba, 39: 21-31, 1988. Cunha, U.S. Dendrometria e Inventário Florestal. Escola Agrotécnica Federal de Manaus. Manaus, 2004.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- GONÇALVES, D. de A.; ELDIK, T. van; POKORNY, B. Uso do dendrômetro a Laser em florestas tropicais: aplicações para o manejo florestal na Amazônia. Revista Floresta, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 175-187, 2009.
- MEHTATALO, L.; MALTAMO, M.; KANGAS, A. The use of quantile trees in the prediction of the diameter distribution of a stand. Silva Fennica, v.40, n.3, p.501-516, 2006.
- OLIVEIRA, X. M., OLIVEIRA, R. R., RAMALHO, F. M. G., CABACINHA.C. D., ASSIS, A.L. Precisão e tempo de operação de alguns instrumentos para medir altura de árvores. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 23-36, 2014.
- RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; MELLO, J. M. de; FERREIRA, M. Z.; LISBOA, P. M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. Revista Cerne, Lavras, v. 16, n. 1, p. 22-31, 2010.
- SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. Theoretical and Applied Climatology, Viena, v.108, n.1, p.1-7, 2012.
- SILVA, G. F. S.; 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, v.31, n.4, p.685-694, 2007.
- SILVA, L. F.; FERREIRA, G. L.; SANTOS, A. C. A.; LEITE, H. G.; SILVA, M. P. Equações hipsométricas, volumétricas e de crescimento para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora. Floresta e Ambiente, Seropédica, v.23, n.3, p.362-368, 2016.
- SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. P.; SOUZA, A. L. Dendrometria e Inventário Florestal. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 272p.
- SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; JÚNIOR, V. C. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. Scientia Plena, Sergipe, v.9, n.4, p.1-7, 2013.
- THIERSCH, C. R.; SCOLFORO, JRS; BENTO, M. F. SISFLOR: Sistema para análise de regressão com ênfase em modelos utilizados em biometria florestal. Simpósio de estatística aplicada à experimentação agrônômica–Seagro, v. 10, p. 140-145, 2007.
- TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. Agricultural Systems, v.89, p.225–247, 2006.
- VENDRUSCOLO, D. G. S.; CHAVES, A. G. S.; MEDEIROS, R. A.; SILVA, R. S. da; SOUZA, H. S.; DRESCHER, R.; LEITE, H. G. Estimativa da altura de árvores de *Tectona grandis* L.f. utilizando regressão e redes neurais artificiais. Nativa, Sinop, v.5, n.1, p.52-58, jan./fev. 2017.