

Modelagem do crescimento e produção para um povoamento de *Eucalyptus* utilizando dois métodos para quantificação do índice de localGrowth and production modeling for a *Eucalyptus* population by the use of two methods for the quantification of the site indexRenato Vinícius de Oliveira Castro<sup>1</sup>, André Barreto Cunha<sup>2</sup>, Lorena Vaz da Silva<sup>2</sup>, Helio Garcia Leite<sup>3</sup> e Antonilmar Araujo Lopes da Silva<sup>4</sup>**Resumo**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência e a aplicabilidade de dois métodos de classificação da capacidade produtiva por meio do índice de local (S): Curva-Guia e Equação das Diferenças, para serem utilizados como variáveis independentes na modelagem do crescimento e da produção para povoamentos comerciais de *Eucalyptus*. Os dados utilizados são provenientes do monitoramento de 791 parcelas permanentes, sendo que 70% delas foram utilizadas para ajuste dos modelos e 30%, para a validação. A classificação da capacidade produtiva por meio de índices de local (S) foi eficiente pelos dois métodos avaliados (Curva Guia e Equação das Diferenças), e os modelos de Clutter ajustados utilizando as variáveis S pelos dois métodos foram precisos. Entretanto, na validação dos modelos, aquele utilizando a variável S estimada pelo método das equações das diferenças mostrou-se mais eficiente para realização da prognose, apresentando melhores estimativas na validação dos modelos. **Palavras-chave:** classificação da capacidade produtiva, modelagem florestal, validação de modelos.

**Abstract**

The aim of this study was to evaluate the efficiency and reliability of two classification methods of production capacity through the site index (S): Guide Curve and Differences equation to be used as independent variables in the modeling of growth and yield of commercial *Eucalyptus* populations. The data used are derived from the monitoring of 791 permanent sample plots; 70% were used for model adjustment and 30% for validation. The classification of productive capacity by site index (S) was efficient for both methods evaluated (Guide Curve and Equation of Differences), and Models of Clutter adjusted using the S variables by the two methods were accurate. However, validation of the models, one using the S variable estimated using the equations of the differences proved to be more efficient to perform the prognosis, with best estimates in the validation of models. **Keywords:** classification of productive capacity, forest modeling, model validation.

**INTRODUÇÃO**

Entre as florestas equiâneas, as de *Eucalyptus* spp. são as mais plantadas e estudadas no Brasil (VITAL, 2007, ABRAF, 2012). Sua madeira é bastante utilizada na produção de carvão vegetal, celulose, energia, madeira serrada, entre outros produtos (ASSIS, 2000, ABRAF, 2012). Para o manejo dessas florestas, é necessário conhecer o potencial de crescimento e produção total do povoamento para planejar o volume a ser colhido (ALCÂNTARA, 2012).

As estimativas da produtividade de um determinado local são elementos fundamentais para o manejo florestal, pois contribuem para a estimativa da colheita anual, do período de rotação e da escolha de espécies adequadas (VARGAS-LARRETA et al., 2010). Há vários métodos descritos para proceder à classificação da capacidade produtiva de florestas equiâneas, entretanto, a altura dominante correlacionada com a idade tem sido considerado o método mais prático e usual (SELLE; PAULESKI; BRAZ, 2008), uma vez que esta variável representa a resposta aos

<sup>1</sup>Professor Doutor do Departamento de Ciências Agrárias. UFSJ – Universidade Federal de São João del Rei - Campus Sete Lagoas - 35701-970 – Sete Lagoas, MG. E-mail: [castrorvo@ymail.com](mailto:castrorvo@ymail.com).

<sup>2</sup>Pós Graduação em Ciências Florestais. UnB – Universidade de Brasília - 70904-970 – Brasília, DF. E-mail: [andre.florestal.unb@gmail.com](mailto:andre.florestal.unb@gmail.com); [lorenavaz.unb@gmail.com](mailto:lorenavaz.unb@gmail.com).

<sup>3</sup>UFV – Universidade Federal de Viçosa - 36570-000 – Viçosa, MG. E-mail: [hgleite@ufv.br](mailto:hgleite@ufv.br).

<sup>4</sup>Engenheiro Florestal Cenibra. BR 381 Km, 172 s/n - 35195-000 - Belo Oriente, MG. E-mail: [antonilmar.silva@cenibra.com.br](mailto:antonilmar.silva@cenibra.com.br).

fatores ambientais interrelacionados e não sofre significativa influência dos tratamentos silviculturais e da competição (TONINI et al., 2002).

A classificação de uma floresta em relação à sua produtividade é de grande importância, pois a produtividade do sítio está relacionada com as diferentes respostas das espécies, que influem diretamente sobre a viabilidade de empreendimentos florestais (TONINI et al., 2002, LEITE et al., 2011; CAMPOS; LEITE, 2013).

Parece haver consenso entre vários autores de que a altura das árvores, apesar das falhas que pode apresentar, é atualmente o melhor índice para representar a capacidade produtiva do local (SPURR, 1952; DEVAN; BURKHART, 1982; STOUT; SHUMWAY, 1982). Desta forma o índice de local é apresentado como a altura das árvores dominantes e codominantes de acordo com Assmann (1970), apud Bila (2010), de um povoamento numa determinada idade, a qual é chamada de idade índice.

Diversos métodos de classificação de sítios foram desenvolvidos, dentre eles, o método da construção de curvas de índice de local que permite uma classificação baseada na análise quantitativa da influência ambiental (CAMPOS; LEITE, 2013).

As curvas de índice de local constituem-se atualmente no método mais prático e difundido para classificar a produtividade florestal, uma vez que utiliza a variável altura dominante, que é a resposta aos fatores ambientais inter-relacionados, sendo altamente correlacionada com a produção volumétrica, não sofrendo a influência dos tratamentos silviculturais e da competição (CAMPOS; LEITE, 2013).

Diante do exposto acima, percebe-se a necessidade de estudos para a classificação da capacidade produtiva de povoamentos comerciais, visando o aprimoramento de modelos de crescimento e da produção florestal.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência e a aplicabilidade de dois métodos de classificação da capacidade produtiva pelo índice de local ( $S$ ), curva-guia e equação das diferenças, para serem utilizados como variável independente na modelagem e produção em nível de povoamento de plantios comerciais de eucalipto por meio do sistema de equações de Clutter (CLUTTER et al., 1983).

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos de um inventário florestal contínuo de clones do híbrido de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake realizado entre os anos de 2001 e 2006. O povoamento tem área de 4.162 ha e foi implantado em espaçamento de 3x2 m na região de Santa Bárbara, estado de Minas Gerais. A produtividade média em volume do povoamento variou de 26 a 44 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Os solos predominantes na região são do tipo Latossolo. As temperaturas médias variam de 17 a 27°C, com umidade relativa média de 65% e precipitação média anual de 1.440 mm (LEITE et al., 2011).

Foram utilizados dados provenientes de 791 parcelas permanentes com formato retangular e dimensão média de 295 m<sup>2</sup>, as quais foram mensuradas em idades variando de 25 a 122 meses, sendo cada parcela medida no mínimo em três ocasiões. Em cada ocasião foram mensurados os diâmetros a altura do peito (*dap*) dos indivíduos, considerando como nível de inclusão, de 4 cm de *dap*, com auxílio de uma suta; e a altura total (*Ht*, em m) das 10 primeiras árvores de cada parcela utilizando clinômetro digital.

Além disso, mensurou-se a altura das 3 árvores dominantes de cada parcela seguindo o conceito de Assmann (1970), apud Bila (2010), que diz respeito à altura média das 100 árvores mais grossas por hectare, que em outras palavras refere-se à altura de uma árvore dominante a cada 100 m<sup>2</sup>.

As árvores foram identificadas como dominantes na primeira ocasião da medição das parcelas. Os critérios utilizados para a qualificação da dominância foram características de sanidade, ausência de bifurcação, tortuosidade e danos, e copa situada no dossel superior recebendo radiação solar direta.

O volume individual das árvores foi estimado a partir de equações volumétricas específicas para as unidades de manejo em estudo. O volume e a área basal foram extrapolados por hectare e são apresentados na Tabela 1.

Foram utilizados modelos lineares para estimar a altura das árvores dominantes. Para o método da curva-guia foi utilizado o modelo  $\ln(Hd_i) = \beta_0 + \beta_1 \cdot I_i^{-1} + \varepsilon_i$  (SCHUMACHER, 1939)

**Tabela 1.** Amplitude e valores médios de idade, altura total (Ht) diâmetro a altura do peito (dap), área basal e volume com casca de toda a população.

**Table 1.** Amplitude and mean values of age, total height (Ht) diameter at breast height (DBH), basal area and volume with bark of the entire population.

Idade (meses)		Ht (m)			dap (cm)			Área Basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )			Volume (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )		
Mín	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx
25	122	6,00	21,58	45,10	5,00	14,13	35,40	4,30	18,96	37,01	19,93	200,67	592,16

e para o método da equação das diferenças o modelo  $\ln(Hd_{2i}) - \ln(Hd_{1i}) = \beta_1(I_{2i}^{-1} - I_{1i}^{-1}) + \varepsilon_i$ , em que Hd é a média da altura dominante em metros, I é a idade em meses, os subscritos 1 e 2 referem-se às variáveis nas idades atuais e futuras, respectivamente,  $\alpha_i$  são os parâmetros do modelo e  $\varepsilon$  é o erro aleatório.

Os dois métodos foram utilizados para os ajustes das curvas de capacidade produtiva e mostram a estimativa do crescimento médio ao longo do tempo, partindo da premissa de que quando a idade do povoamento for igual à idade de índice, a altura dominante (Hd) será igual ao índice de local, conforme apresentado por Campos e Leite (2013).

A partir da variação da altura dominante na idade índices, foram geradas 6 curvas de capacidade produtiva S(19), S(22), S(25), S(28), S(31) e S(34), sendo as mesmas, separadas em três categorias: I - baixa capacidade produtiva (Hd < 23,5), II - média capacidade produtiva (23,5 ≤ Hd ≤ 29,5) e III - alta capacidade produtiva (Hd > 29,5).

Após a estimação do índice de local das parcelas, pelos dois métodos, foi feito então o ajuste do modelo de Clutter (m1), sendo um modelo utilizando o S calculado pelo método da curva-guia e outro modelo utilizando o S estimado pelo método da equação das diferenças. Para isso foi utilizando 70% do total das parcelas, sendo estas selecionadas de forma aleatória.

$$\begin{cases} \ln B_2 - \ln B_1 \left( \frac{I_1}{I_2} \right) + \alpha_0 \left( 1 - \frac{I_1}{I_2} \right) + \alpha_1 \left( 1 - \frac{I_1}{I_2} \right) S_1 + Lm\varepsilon \\ \ln V_2 - \beta_0 + \beta_1 \frac{I_1}{I_2} + \beta_2 S_1 + \beta_3 \ln B_1 + Lm\varepsilon \end{cases} \quad (m1)$$

Em que:  $S_i$  é o índice de local calculado pelos métodos da curva-guia ou da equação das diferenças,  $I_1$  é a idade atual em meses,  $I_2$  a idade futura em meses,  $B_1$  é a área basal inicial, em m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>;  $B_2$  é a área basal futura, em m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>;  $V_2$  é o volume futuro com casca, em m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>;  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  são os parâmetros do modelo que projeta o volume;  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são os parâmetros do modelo que projeta a área basal; e  $\varepsilon$  é o erro aleatório.

A precisão dos ajustes foi avaliada com base

em: R múltiplo (coeficiente de correlação entre as variáveis Y estimadas e observadas), erro padrão, coeficiente de variação (CV %), BIAS e a análise gráfica dos resíduos em porcentagem, todos recalculados para a variável original (SIIPILEHTO, 2000; BINOTI, 2012; CAMPOS; LEITE, 2013).

A validação foi feita aplicando o sistema de equações aos 30% das parcelas separadas para isso. Para tanto, a partir dos dados de medição realizada em uma primeira ocasião, fez-se a projeção da área basal e do volume para a idade seguinte e assim sucessivamente até a última idade de cada parcela. A avaliação da precisão dos modelos foi verificada com base nos mesmos critérios avaliados para o ajuste modelo de Clutter.

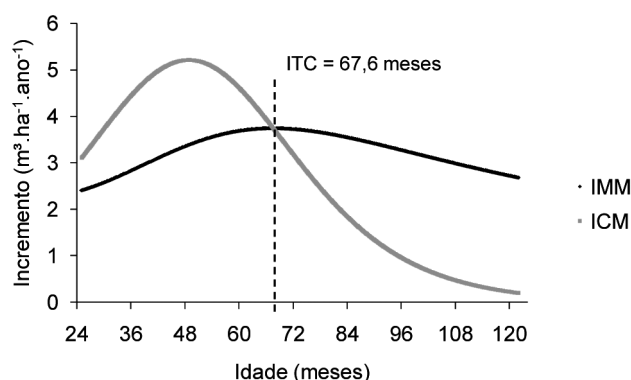
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para estabelecer a idade técnica de corte foram calculados o Incremento Médio Mensal e o Incremento Corrente Mensal (Figura 1). Observa-se que as curvas se cruzam na idade de 67,6 meses, indicando que a partir desse momento a floresta atingiu a idade de máxima produtividade volumétrica (CAMPOS; LEITE, 2013). Deste modo, foi estabelecida a idade 67,6 como a idade índice do povoamento, sendo utilizada como referência para o cálculo do Índice de local.

A partir do conceito de índice de local (S é igual à altura dominante quando a idade do povoamento for igual à idade-índice), foram obtidas as equações e os parâmetros estatísticos, conforme descrito por Campos e Leite (2013), correspondentes aos dois métodos, curva-guia (eq1) e equação das diferenças (eq2), respectivamente:

$$\ln(Hd) = \ln(S) - (-29,6999) \left[ \left( \frac{I}{I_i} \right) - \left( \frac{I}{67,6} \right) \right] \quad (1)$$

$$\ln(Hd) = \ln(S) - (-29,9076) \left[ \left( \frac{I}{I_i} \right) - \left( \frac{I}{67,6} \right) \right] \quad (2)$$



**Figura 1.** Incremento Corrente Mensal (ICM) e Incremento Médio Mensal (IMM) para determinação da idade índice.  
**Figure 1.** Monthly Increment (ICM) and Average Monthly Increment (IMM) for age determination index.

**Tabela 2.** Parâmetros estatísticos obtidos por regressão linear pelo método dos mínimos quadrados correspondentes aos dois métodos, curva-guia e equação das diferenças.

**Table 2.** Statistical parameters obtained by linear regression by the method of least squares corresponding to the two methods, the guide curve and difference equation.

	Curva-guia	Equação das diferenças
R <sup>2</sup> ajustado	0,6456	0,5590
Erro padrão	13,2221	6,0141

**Tabela 3.** Coeficientes para os dois métodos por regressão linear pelo método dos mínimos quadrados em dois estágios do modelo de Clutter para a simulação do volume.

**Table 3.** Coefficients for both methods for linear regression by the least squares method in two stages of the Clutter model for the simulation of the volume parameters.

Métodos / Parâmetros	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha_0$	$\alpha_1$
Curva guia	1,6983	-25,5412	0,0340	1,0654	3,9722	-0,0101
Equação das Diferenças	1,7019	-25,7969	0,0340	1,0657	3,9692	-0,0100

Utilizando estas equações, foram gerados os feixes de curvas de índices de local ilustrados na Figura 2, sendo que os valores atribuídos a S foram baseados na variação da altura dominante observada na idade índice, com amplitude de 3 m, para os dois métodos de classificação do índice de local.

Os índices S foram utilizados no ajuste do modelo de Clutter. Os parâmetros estimados quando utilizou-se da variável S pelo método da curva-guia e o modelo utilizando o S pelo método da equação das diferenças são apresentadas na Tabela 3 e as estatísticas de área basal e volume estimados são apresentados na Tabela 4.

Observa-se que as medidas de precisão obtidas para os dois métodos não apresentaram grandes diferenças, ou seja, todos apresentaram resultados muito próximos e satisfatórios (DIAS et al., 2005; LEITE et al., 2011). A correlação entre as variáveis Y observada e estimada foi alta, representada pelo R Múltiplo. O Erro Padrão e o Coeficiente de Variação (%) foram baixos para

as variáveis em análise. Resultados semelhantes a estes podem ser observados por Demolinari et al. (2007), em estudo realizados em plantios clonais de eucaliptos não desbastados na região de Monte Dourado e por Soares et al. (2004).

Os resultados do BIAS, foi a medida de precisão que mais diferiu entre os dois métodos na simulação do volume e variaram entre -86,881 e 75,398 para o método da Curva-guia e -86,848 e 75,229 para o método da Equação das Diferenças, na simulação da variável volume.

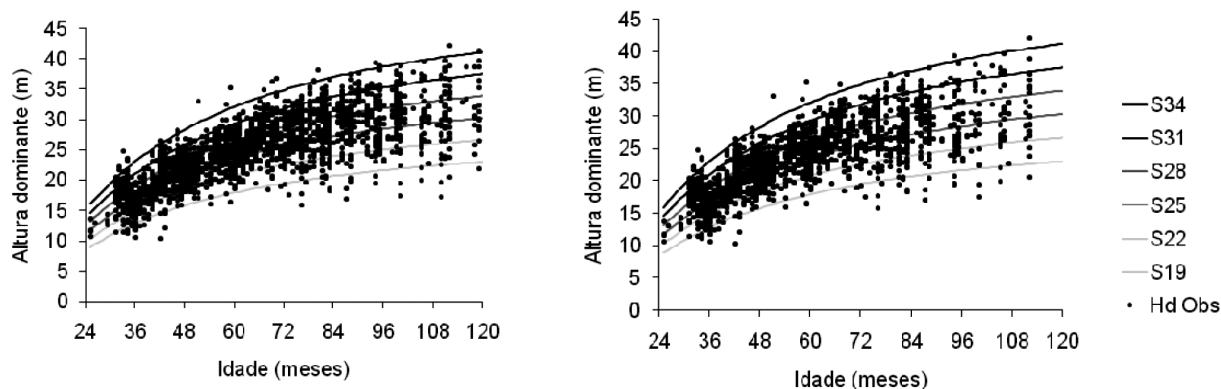
A Figura 3 apresenta os gráficos de resíduos em termos percentuais para área basal e volume estimado com o ajuste do modelo de Clutter. Observa-se que, tanto para o modelo que utiliza a variável S obtida pelo método da curva-guia como para o método da equação das diferenças, que a dispersão dos resíduos apresentou comportamento homogêneo e satisfatório (GUJARATI, 2006).

Pode-se afirmar que o modelo de Clutter é preciso para estimar a área basal e o volume do

**Tabela 4.** Resultados das estatísticas de precisão do ajuste para os dois métodos de índice de sítio dos ajustes do modelo de Clutter.

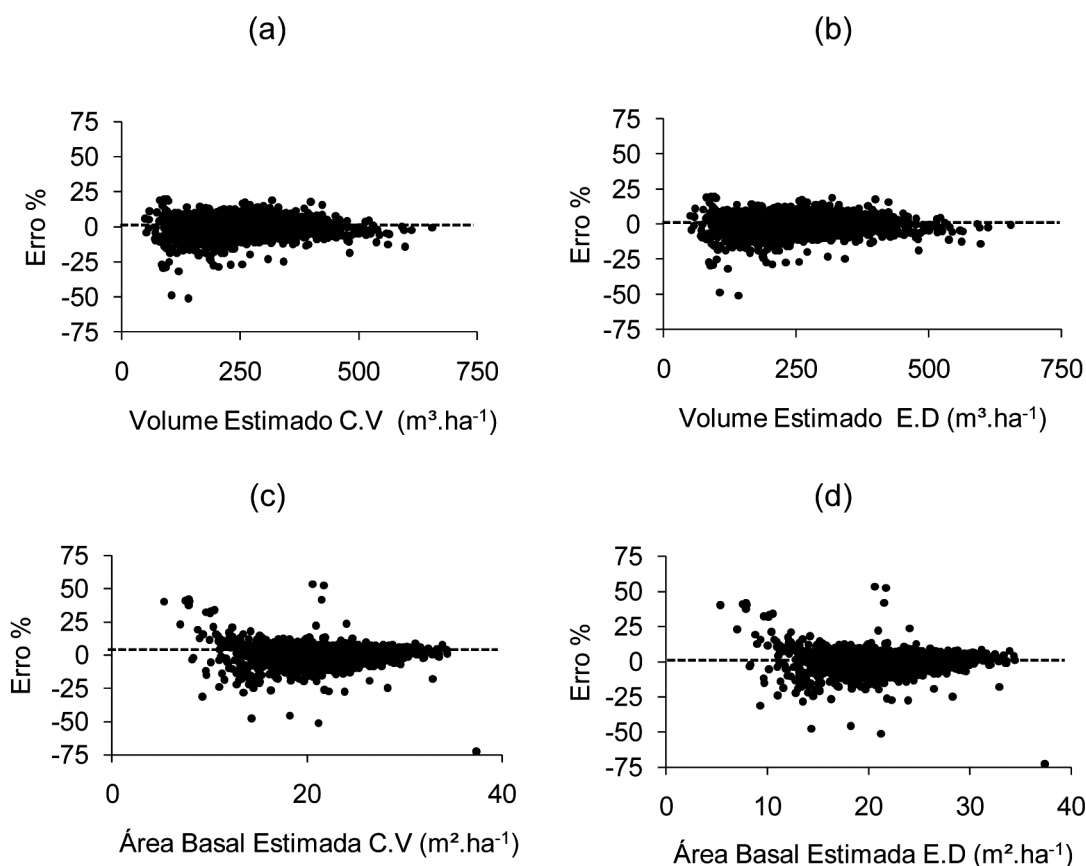
**Table 4.** Results of the statistical precision of calibration for the two methods of site index adjustments of the Clutter model.

Variável Dependente	Métodos	R múltiplo	Erro padrão	CV (%)	BIAS
Volume	Curva-guia	0,986092	15,642	6,1139	-0,787
	Equação das diferenças	0,986095	15,641	6,1137	-0,795
Área Basal	Curva-guia	0,947958	7,2022	1,5713	-0,1145
	Equação das diferenças	0,947957	7,2020	1,5712	-0,1139



**Figura 2.** Curvas de índice de local para a classificação da capacidade produtiva pelo método da curva guia (a) e equação das diferenças (b).

**Figure 2.** Curves' Site index for classification of production capacity by the guide curve (a) and (b) difference equation method.



**Figura 3.** Distribuição dos resíduos percentuais para os dados de ajuste do modelo de Clutter: Volume estimado ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) utilizando a variável S pelo método da curva-guia (a) e equação das diferenças (b), e área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) estimada utilizando a variável S pelo método da curva-guia (c) e equação das diferenças (d).

**Figure 3.** Distribution of the residual percentage for the adjusted data of the Clutter Model: Estimated volume ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) using the variable S by the method of the (a) guide curve and (b) difference equation, and basal area ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) estimated using the variable S by the method of (c) guide curve and (d) differences equation.

povoamento de *Eucalyptus*, independente do método de cálculo dos índices de local (S).

A seleção do melhor modelo foi feita tendo como orientação os resultados das estatísticas de precisão, obtidos na validação realizada ao aplicar o sistema de equações aos 30% das parcelas independentes do ajuste. Para tanto, a partir dos dados de medição realizada em uma primeira ocasião, fez-se a projeção para a idade seguinte e assim sucessivamente até a última idade de cada parcela.

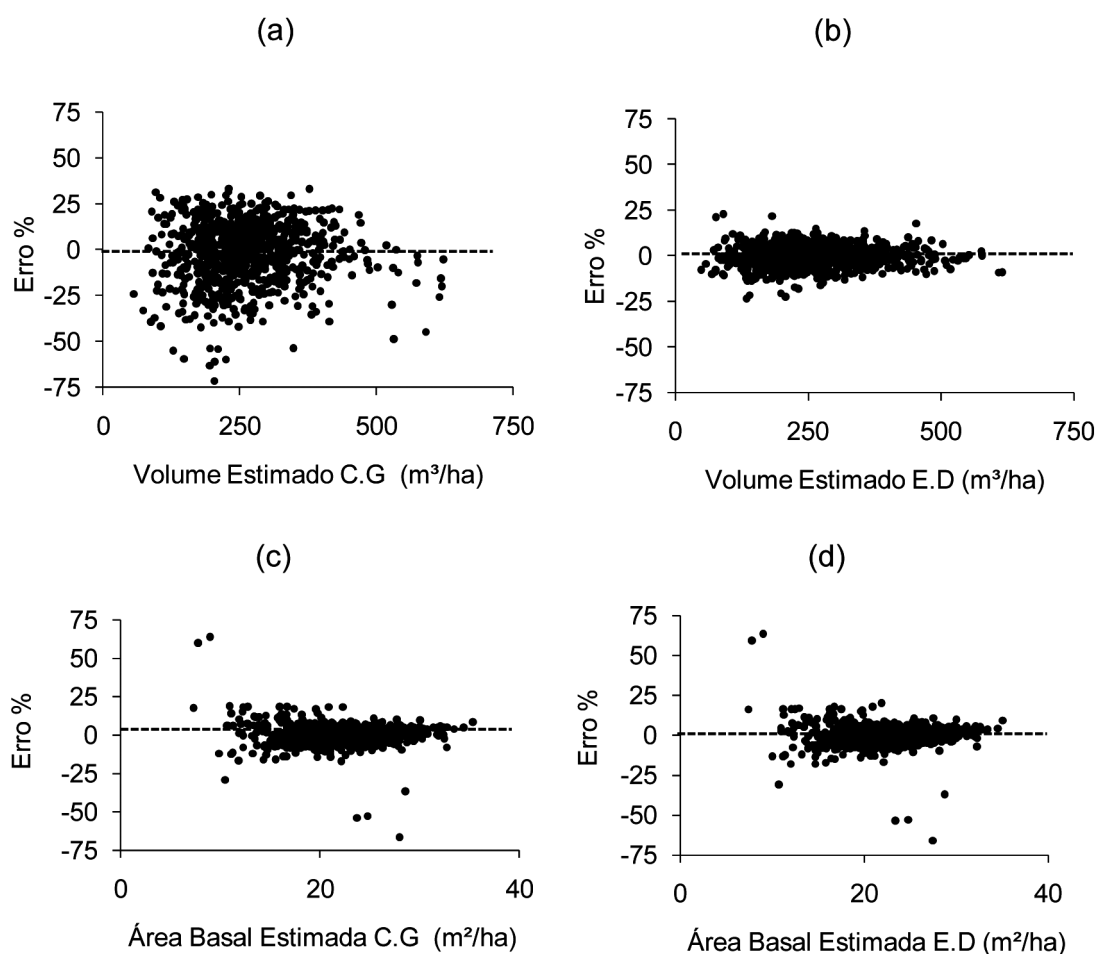
Na análise dos resíduos da validação, podem ser observados bons resultados para os dois métodos, porém o modelo que utiliza o S obtido pelo método da equação das diferenças é o mais preciso. Esse apresentou um maior coeficiente de correlação tanto na estimação da área basal quanto do volume, menor erro padrão e coeficiente de variação (%) (Tabela 5)

Observa-se nos gráficos de resíduos, que a variável volume apresentou uma tendência a homocedasticidade (GUJARATI, 2006) na al-

**Tabela 5.** Resultado das estatísticas de precisão para a validação dos dois métodos de índice de sítio utilizados nos ajustes do modelo de Clutter.

**Table 5.** Results of statistical precision for the validation of the two methods used in site index adjustments of the Clutter model.

Variável Dependente	Métodos	R múltiplo	Erro padrão	CV (%)	BIAS
Volume	Curva-guia	0,8990	16,2960	43,1632	-1,9328
	Equação das diferenças	0,9871	5,9440	15,7438	-0,1785
Área Basal	Curva-guia	0,8973	9,3765	2,0932	-0,1346
	Equação das diferenças	0,9120	9,3331	2,0835	-0,1388



**Figura 4.** Distribuição dos resíduos percentuais para os dados de validação do modelo de Clutter: volume estimado ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) utilizando a variável S pelo método da curva-guia (a) e equação das diferenças (b), e área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) estimada utilizando a variável S pelo método da curva-guia (c) e equação das diferenças (d).

**Figure 4.** Distribution of percent residue data for validating the model Clutter: estimated volume ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) using the variable S by the method of (a) the guide curve and (b) difference equation, and basal area ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) estimated using the variable S by the method of (c) guide curve and (d) differences equation.

ternativa que utiliza o método da equação das diferenças, enquanto no método da curva-guia existe uma maior dispersão dos resíduos. Já nos gráficos da simulação da área basal, a dispersão dos resíduos apresentou comportamento semelhante nos dois métodos. Pode ser observado nos gráficos a presença de *outliers*, entretanto, os valores que extrapolaram a tendência geral dos dados, em área basal ou volume em função da idade, não foram eliminados a fim de verificar a capacidade dos modelos em estimar esses valores extremos, visto que não foram advindos de erros de medição.

## CONCLUSÕES

A classificação da capacidade produtiva por meio de índices de local foi eficiente pelos dois métodos avaliados, e os modelos de Clutter ajustados utilizando as variáveis *S* pelos dois métodos foram precisos.

Entretanto, na validação do modelo, o modelo utilizando a variável *S* estimada pelo método das equações das diferenças mostrou mais eficiente para realização da prognose do povoamento de *Eucalyptus* estudado, apresentando melhores estimativas na validação dos modelos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. *Anuário estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011*. Brasília, 2012. 150 p.

ALCÂNTARA, A. E. M. *Alternativas de modelagem para projeção do crescimento de eucalipto em nível de povoamento*. 2012. 52 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

ASSIS, A. L. *Avaliação de modelos polinomiais segmentados e não segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de Pinus taeda*. 2000. 198 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

BILA, J. M. *Classificação de sítios com base em fatores edáficos para Pinus caribaea var. hondurensis na região de Prata, Minas Gerais*. 2010. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BINOTI, M. L. M. S. *Emprego de redes neurais artificiais em mensuração e manejo florestal*. 2012. 130 p. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G. *Mensuração Florestal: perguntas e respostas*. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 605 p.

CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. *Timber management: a quantitative approach*. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333 p.

DEMOLINARI, R. A. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de Monte Dourado (PA). *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 503-512, 2007.

DEVAN, J. S.; BURKHART, H. E. Polymorphic Site Index Equations for Loblolly Pine Based on a Segmented Polynomial Differential Model. *Forest Science*, Bethesda, v. 28, n. 3, p. 544-555, 1982.

DIAS, A. N.; LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; RODRIGUES, F. L. Avaliação de métodos de ajuste de curvas de índices de local em povoamentos de eucalipto desbastados. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 741-747, 2005.

GUJARATI, D. N. *Econometria Básica*. 4.ed. São Paulo: Elsevier, 2006. 812 p.

LEITE, H.; CASTRO, R.; SILVA, A.; JÚNIOR, C.; BINOTI, D.; CASTRO, A. F.; BINOTI, M. Classificação da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto utilizando diâmetro dominante. *Silva Lusitana*, Lisboa, v. 19, n. 2, p. 181-195, 2011.

SCHUMACHER, F. X. A new growth curve and its application to timber studies. *Journal of Forestry*, Bethesda, v. 37, n. 10, p. 819-820, 1939.

SELLE, G. L.; PAULESKI, D. T.; BRAZ, E. M. *Como classificar sítios florestais através da altura dominante do povoamento*. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 46 p. (Documentos, n. 166)

SHIPLEHTO, J. A comparison of two parameter prediction methods for stand structure in Finland. *Silva Fennica*, Helsinki, v. 34, n. 4, p.331-349, 2000.

SOARES, C. P. B., LEITE, H. G., OLIVEIRA, M. L. R., CARVALHO, A. Especificação de um modelo de crescimento e produção florestal. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 831-837, 2004.

- SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: Ronald Press, 1952. 476 p.
- Stout B. B.; Shumway D. L. Site Quality Estimation Using Height and Diameter. **Forest Science**, Bethesda, v. 28, n. 3, p. 639-645, 1982.
- TONINI, H.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; SPATHELF, P. Comparação gráfica entre curvas de índice de sítio para *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* desenvolvidas no Sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 143-152, 2002.
- VARGAS-LARRETA, B.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J. G.; CORRAL-RIVAS, J. J.; AGUIRRE CALDERÓN, O. A. Construcción de curvas dinámicas de índice de sitio para *Pinus cooperi* Blanco. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 33, n. 4, p. 343-351, 2010.
- VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, dez. 2007.

Recebido em 20/12/2013  
Aceito para publicação em 22/09/2014