

Comparação de Modelos de Crescimento em Altura de Duas Espécies de Eucalipto em Sistemas Agrossilvipastoris



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 315**

Comparação de Modelos de Crescimento em Altura de Duas Espécies de Eucalipto em Sistemas Agrossilvipastoris

*Sebastião Pires de Moraes Neto
Karina Pulrolnik
Lourival Vilela
Robélio Leandro Marchão
Roberto Guimarães Júnior
Giovana Alcantara Maciel
Priscila Oliveira*

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link:
<http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/bolpd>

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970 Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
<https://www.embrapa.br/cerrados>
<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Claudio Takao Karia*
Secretária-Executiva: *Marina de Fátima Vilela*
Secretárias: *Maria Edilva Nogueira*
Alessandra S. Gelape Faleiro

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbues*

Revisão: *Jussara Flores de Oliveira Arbues*

Normalização bibliográfica: *Fabio Lima Cordeiro*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Fotos da capa: *Karina Pulrolnik*

Impressão e acabamento: *Alexandre Moreira Veloso*
Divino Batista de Souza

1ª edição

1ª impressão (2014): tiragem 100 exemplares

Edição online (2014)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) **Embrapa Cerrados**

C737 Comparação de modelos de crescimento em altura
de duas espécies de eucalipto em sistemas
agrossilvipastoris / Sebastião Pires de Moraes Neto...
[et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2014.

20 p. — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento /
Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-
509X ; 315).

1. *Eucalyptus urophylla*. 2. *Eucalyptus grandis*. 3.
Eucalyptus cloeziana. 4. Estatura da planta.l. Moraes Neto,
Sebastião Pires de. II. Série.

634.973766 - CDD-21

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Conclusão	18
Referências	19

Comparação de Modelos de Crescimento em Altura de duas Espécies de Eucalipto em Sistemas Agrossilvipastoris

*Sebastião Pires de Moraes Neto*¹; *Karina Pulrolnik*²; *Lourival Vilela*³;
*Robélio Leandro Marchão*⁴; *Roberto Guimarães Júnior*⁵;
*Giovana Alcantara Maciel*⁶; *Priscila Oliveira*⁷

Resumo

A modelagem do crescimento em altura de árvores dá subsídios de qualidade de sítio e estimativa de volume para planejamento, ordenamento e uso da madeira. O presente trabalho teve como objetivo verificar, entre três modelos de crescimento em altura, quais que se adaptam melhor para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, em dois tipos de sistemas ou arranjos agrossilvipastoris, e *Eucalyptus cloeziana* em um tipo de arranjo agrossilvipastoril. Testou-se um modelo semilogarítmico, um modelo exponencial e o modelo de Weibull. Para os três arranjos testados, o modelo de Weibull mostrou-se mais eficiente, ou seja, os dados observados foram melhor ajustados por esse modelo em comparação com os outros dois modelos.

Termos para indexação: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus cloeziana*, altura dominante, erro padrão de estimativa, análise dos resíduos.

¹ Engenheiro-florestal, D.Sc. em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Cerrados, sebastiao.moraes@embrapa.br

² Engenheira-florestal, D.Sc. em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, karina.pulrolnik@embrapa.br

³ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, lourival.vilela@embrapa.br

⁴ Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, robelio.marchao@embrapa.br

⁵ Médico-veterinário, D.Sc. em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Cerrados, roberto.guimaraes-junior@embrapa.br

⁶ Zootecnista, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Cerrados, giovana.maciel@embrapa.br

⁷ Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, priscila.oliveira@embrapa.br

Comparison of tree Growth Height Models for two Eucalyptus Species in Agricultural-Forestry-Pasture Systems

Abstract

The modeling of tree growth height provides site quality and estimated volume for planning, ordering and use of wood. This study aimed to verify among three models of height growth, which them were better fitted for hybrid Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis, in two types of agricultural-forestry-pasture systems or arrangements, and Eucalyptus cloeziana in one type of arrangement. The models tested were semilogarithmic, exponential and Weibull. For all arrangements evaluated, the Weibull model proved to be more efficient, since the observed data were better fitted in this model as compared to the others two models.

Index terms: Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis and Eucalyptus cloeziana, dominant height, standard error of estimate, examination of residuals.

Introdução

A preocupação com o planejamento, ordenamento e o uso da madeira cada vez mais exige uma maior precisão na quantificação do volume dos povoamentos florestais (MIGUEL et al., 2010). Conhecer o estoque de madeira de um empreendimento florestal é um fator de grande relevância, pois gera planejamentos mais precisos e com tomadas de decisões mais sensatas.

Para determinar o volume de uma árvore, existe a necessidade em se medir sua altura. A medição periódica da altura das árvores é de extrema importância para o planejamento da produção florestal, pois é fundamental na determinação do volume e na classificação de sítios por método direto (FINGER, 1992; SCOLFORO, 1993). Além da medição em altura, o registro histórico de uso da terra, o volume e área basal do povoamento em séries temporais são utilizados para classificação de sítios por método direto.

A produtividade é quantificada por índices ou classes de sítio. Índice de sítio expressa a produtividade local em termos quantitativos, expresso pela altura média das árvores dominantes e codominantes, numa idade de referência, considerada normalmente como a idade de rotação silvicultural (CARVALHO, 2010). Em modelos hipsométricos, a inclusão da variável altura dominante média, em geral, promove uma maior qualidade ao modelo (SCOLFORO, 2005; CAMPOS; LEITE, 2006).

Entretanto, medir a altura de todas as árvores de um povoamento ano após ano é uma tarefa árdua, por esse motivo, são realizadas amostragens da população. Há muito que se utiliza a amostragem para estudar florestas por dois motivos principais. Para estudar o crescimento das árvores ao longo do tempo, é necessária a aquisição de dados em séries temporais e o ajustamento de um ou vários modelos para descrever o comportamento de crescimento de povoamentos florestais. Existem modelos lineares e não lineares para ajuste dos dados de variação da altura, em que, geralmente, os não lineares levam certa vantagem (BATISTA et al., 2001; MORAES NETO et al., 2010).

Na escolha dos modelos, os critérios considerados são o ajustamento da função aos dados, o afastamento dos dados com relação ao modelo e a análise gráfica dos resíduos.

O presente trabalho teve como objetivo testar três modelos de crescimento em altura em três arranjos agrossilvipastoris, em que dois arranjos foram com o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*Eucalyptus urograndis*) e um arranjo foi com *Eucalyptus cloeziana*.

Material e Métodos

O experimento está sendo conduzido na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. O experimento de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) foi implantado em janeiro de 2009 em área anteriormente ocupada durante 6 anos por pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*. A área experimental está localizada na latitude 15°36'38.82" S e longitude 47°42'13.63" W, com altitude de 980 m e possui precipitação anual média de 1.346 mm concentrada nos meses de outubro a abril, temperatura anual média de 21,9 °C e a classificação climática, segundo Köppen (1931), é Aw. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa. As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área do experimento nas camadas de 0 cm-20 cm e 20 cm-40 cm de profundidade.

Camada (cm)	pH (H ₂ O)	P mg/L	K mg/L	Alcmol _c /dm ³	Ca	Mg	H+Al	T	V	MO
									%	%
0-20	5,55	0,48	67,24	0,14	1,45	0,86	4,41	6,90	35,70	2,86
20-40	5,47	0,64	33,44	0,23	0,96	0,57	4,19	5,81	27,37	2,32

Os tratamentos experimentais foram definidos pelos espaçamentos entre plantas das espécies florestais e entre renques, gerando diferentes populações de plantas das espécies florestais (Tabela 2). A área experimental compreende aproximadamente 20 hectares, com base

em diferentes arranjos espaciais de eucalipto, de plantas nativas e pastagem. No ano de 2007, a área recebeu em cobertura, conforme recomendação obtida pela análise química do solo, as doses de 2,0 t/ha e 800 kg/ha de calcário e gesso agrícola, respectivamente. Os tratamentos, parcelas de 1,4 ha, foram distribuídos em blocos ao acaso com três repetições.

Tabela 2. Relação dos tratamentos experimentais (sistemas) em implantação na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Sistema ¹				Espaçamento		Nº de linhas do renque	Densidade (árvores/ha)
Ano 1	Ano 2	Ano 4	Ano 4	Entre árvores	Entre renques		
L	L	L	P	-	-	-	sem árvores
L+Eu	L+Eu	L+Eu	P+Eu	2x2	22	2	417
L+Eu	L+Eu	L+Eu	P+Eu	2x2	12	2	715
L+Ec	L+Ec	L+Ec	P+Ec	2x2	22	7	1.030
L+N	L+N	L+N	L+N	4x4	12	2	313

¹ L = lavoura de grãos; P = pastagem consorciada; Eu = *Eucalyptus urograndis*; Ec = *Eucalyptus cloeziana*; N = espécies nativas arbóreas.

As mudas de *Eucalyptus cloeziana* foram produzidas por sementes no viveiro da Embrapa Cerrados e as mudas de "*Eucalyptus urograndis*" foram obtidas de viveiro comercial local, e também por sementes. Inicialmente, as linhas de plantio foram dessecadas com glifosato e foi realizado o controle do ataque de formigas na área experimental e áreas adjacentes. No plantio, as plantas de eucalipto (*E. cloeziana* e "*E. urograndis*") foram adubadas com 150 g de NPK (0-20-20) na cova e as plantas nativas receberam 150 g de NPK (8-20-15 + micro) na cova de plantio. Nas faixas intercalares, entre renques das espécies florestais e no tratamento testemunha, foi cultivado sorgo (plantio direto) no primeiro ano (2009) e soja (plantio direto), no segundo ano (2009-2010). No terceiro ano (2011-2012), foi cultivada soja precoce e, logo após a colheita da soja, foi cultivado sorgo + capim. Após a colheita do sorgo, o componente animal foi introduzido na área.

Para facilidade de identificação dos tratamentos utilizados neste trabalho, fez-se a seguinte padronização:

- Tratamento 1: povoamento de "*Eucalyptus urograndis*" com renques de 2 linhas e espaçamento entre renques de 22 m.
- Tratamento 2: povoamento de "*Eucalyptus urograndis*" com renques de 2 linhas e espaçamento entre renques de 12 m.
- Tratamento 3: povoamento de *Eucalyptus cloeziana* com renques de 7 linhas e espaçamento entre renques de 22 m.

Os modelos que são citados na sequência foram testados com dados coletados na área experimental por três anos consecutivos: aos 18, 30 e 42 meses do plantio.

Os modelos hipsométricos extraídos de Demolinari (2006) foram:

$$Ht = \beta_0 + \beta_1 (DAP \cdot LnHd) + \beta_2 \left(\frac{1}{I}\right) + \varepsilon_i \quad (\text{semilogarítmico}) \quad (1)$$

$$LnHt = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{DAP}\right) + \beta_2 Hd + \beta_3 I + \varepsilon_i \quad (\text{exponencial}) \quad (2)$$

$$Ht = \beta_0 - \beta_1 \exp(-\beta_2 (DAP \cdot LnHd \cdot LnI)^{\beta_3}) + \varepsilon_i \quad (\text{Weibul}) \quad (3)$$

Em que:

Ht = altura total (m); DAP = diâmetro a altura do peito (cm).

Hd = altura média das árvores dominantes (m).

I = idade das árvores em meses (relativo a data de plantio).

$\beta_0 \beta_1 \beta_2 \beta_3$ = coeficientes ou parâmetros dos modelos.

Os modelos 1 e 2 podem ser considerados lineares, pois seus parâmetros estão dispostos de forma linear (CHATTERJEE; PRICE, 1977; DRAPER; SMITH, 1981) e, o modelo 3 é considerado não linear, pois não é possível obter uma transformação apropriada, que reduza o modelo a forma linear (MAZUCHELI; ACHCAR, 2002).

A altura total das árvores foi mensurada com hipsômetro digital; o diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores foi mensurado com suta mecânica; e a altura total foi determinada utilizando a média em altura das cinco árvores de maior DAP por bloco, dentro de cada tratamento.

A qualidade do ajustamento pode ser medida pelas estatísticas: soma de quadrados do erro (SQ_{res}), quadrado médio do erro (QM_{res}), erro-padrão de estimativa (Sy_x), coeficiente de determinação ou proporção da variância explicada em relação à variação total (R^2) (SOUZA, 1998 citado por FLORIANO et al., 2006).

A comparação do modelo exponencial ou logarítmico com os outros dois modelos foi realizada pela variável dendrométrica estimada e não por meio da variável dependente transformada. Portanto, o quadrado médio dos resíduos (QM_{res}) do modelo exponencial foi calculado pela fórmula:

$$QM_{res} = \frac{(\sum(h_i - \hat{h}_i)^2)}{GL_{res}}$$

Em que:

QM_{res} = quadrado médio dos resíduos.

$h_i = e^{y_i}$ = altura observada, sendo que y_i = valor observado transformado.

$\hat{h}_i = e^{\hat{y}_i}$ = altura estimada, sendo que \hat{y}_i = valor estimado pelo modelo exponencial.

e = base do logaritmo neperiano.

GL_{res} = grau de liberdade do resíduo.

$$Sy_x = \sqrt{QM_{res}}$$

$$CV\% = \frac{100 \cdot Sy_x}{\bar{h}}$$

Em que:

\bar{h} = altura média observada nos três períodos de medição.

O coeficiente de determinação das regressões, descrito em Draper e Smith (1981), foi calculado pela fórmula:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{h}_i - \bar{h})^2}{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}$$

Em que:

n = número total de árvores amostradas.

O coeficiente de determinação ajustado foi calculado pela fórmula:

$$R_{aj}^2 = 1 - \frac{(n-1)(1-R^2)}{(n-p)}$$

Em que:

n = número total de árvores amostradas.

R^2 = coeficiente de determinação.

p = número de parâmetros estimados pelo modelo.

Mesmo sendo os estimadores de ajuste bons indicadores para a escolha do melhor modelo, considera-se como indispensável para a escolha em questão a análise gráfica de resíduos, pois, ela permite detectar se há ou não tendenciosidade na estimativa da variável dependente, ao longo da linha de regressão, se os resíduos são independentes ou se há homogeneidade na variância (MACHADO et al., 2005). O resíduo foi calculado pela fórmula:

$$\text{Resíduo (\%)} = \frac{(h_j - \hat{h}_j)}{h_j} \times 100$$

Os parâmetros ou coeficientes das equações foram determinados pelos procedimentos PROC REG e PROC MODEL do SAS e, para o resumo da estatística descritiva, utilizou-se o PROC UNIVARIATE (SAS INSTITUTE, 2003). O PROC REG foi usado para os modelos semilogarítmico e exponencial e, o PROC MODEL, para o modelo de Weibull.

Resultados e Discussão

As tabelas e figuras apresentadas a seguir têm como objetivo definir o melhor modelo de crescimento em altura do componente arbóreo para cada arranjo agrossilvipastoril. Os critérios de performance envolvem as estatísticas de ajuste (R^2_{aj}) e precisão (Syx e CV%), sendo a última aquela que abrange duas formas de representação relativas ao quadrado médio do resíduo. Já a análise de resíduos serve para visualizar o quanto os valores estimados são compatíveis com os observados numa amplitude de valores.

Na Tabela 3, apresentam-se o resumo da estatística descritiva dos dados de diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total das espécies arbóreas inseridas em três arranjos. Nota-se que em todos os casos os coeficientes de variação foram maiores no DAP do que na altura das árvores e, que, aos 42 meses do plantio, o valor médio do DAP, no Tratamento 1, foi ligeiramente superior ao do Tratamento 2. Esse fato pode ser atribuído, em parte, a uma maior insolação nas árvores do Tratamento 1, cuja distância entre renques é de 22 m e a média em altura das árvores é de 17,9 m, que ocasiona menor sombreamento de um renque sobre outro do que no Tratamento 2, cuja distância entre renques é de 12 m e a média de altura das árvores é de 17,8 m. Outro fato, que também pode contribuir para o maior DAP no Tratamento 1, é o volume maior de solo que pode ser explorado pelas raízes das árvores (água e nutrientes) neste tratamento do que as árvores no Tratamento 2.

Tabela 3. Resumo da estatística descritiva dos dados de diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (ALT) das espécies arbóreas inseridas em três arranjos. Os números entre parênteses são o de árvores amostradas.

<i>Eucalyptus urograndis</i> , espaçamento de 22 m entre renques (Tratamento 1)						
Resumo estatístico	18 meses (110)		30 meses (102)		42 meses (93)	
	DAP	ALT	DAP	ALT	DAP	ALT
	(cm)	(m)	(cm)	(m)	(cm)	(m)
Mínimo	1,2	2,0	4,3	7,3	7,4	11,0
1º Quartil	3,0	3,7	8,6	11,2	12,4	16,3
Mediana	4,7	5,7	10,3	12,2	14,7	18,4
Média	5,0	5,8	10,5	12,9	14,6	17,9
3º Quartil	6,8	7,6	12,2	14,9	16,8	20,0
Máximo	10,5	9,4	16,7	18,5	23,5	22,1
Coef. de variação	45	37	26	20	22	14
<i>Eucalyptus urograndis</i> , espaçamento de 12 m entre renques (Tratamento 2)						
Resumo estatístico	18 meses (109)		30 meses (105)		42 meses (111)	
	DAP	ALT	DAP	ALT	DAP	ALT
	(cm)	(m)	(cm)	(m)	(cm)	(m)
Mínimo	1,3	2,2	4,6	7,6	7,0	10,9
1º Quartil	4,3	5,2	9,1	11,0	11,2	16,0
Mediana	6,00	7,1	10,9	12,3	14,0	18,0
Média	5,73	6,7	10,7	12,6	13,5	17,8
3º Quartil	7,2	8,00	12,3	14,3	15,9	19,5
Máximo	10,0	9,5	16,9	17,4	20,3	23,8
Coef. de variação	35	28	23	18	22	14

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Resumo estatístico	<i>Eucalyptus cloeziana</i> , espaçamento de 22 m entre renques (Tratamento 3)					
	18 meses (112)		30 meses (108)		42 meses (91)	
	DAP (cm)	ALT (m)	DAP (cm)	ALT (m)	DAP (cm)	ALT (m)
Mínimo	0,9	2,1	4,5	5,8	7,5	11,0
1º Quartil	3,6	5,1	7,8	10,0	10,6	15,3
Mediana	6,2	7,4	9,7	12,6	13,5	17,6
Média	5,6	6,9	9,8	12,0	13,2	17,5
3º Quartil	7,3	8,9	12,0	14,1	15,4	19,7
Máximo	9,6	10,0	17,0	17,3	22,5	24,2
Coef. de variação	38	30	28	21	24	17

Na Tabela 4, são mostrados os parâmetros e o critério de performance dos modelos em relação ao crescimento em altura de “*Eucalyptus urograndis*” no Tratamento 1. Observa-se que o modelo de Weibull (não linear) foi ligeiramente superior aos outros dois, confirmado pelo valor superior do coeficiente de determinação (R^2) e menor coeficiente de variação (CV%). Na Figura 1, confirma-se a superioridade do modelo de Weibull nesse arranjo específico, em que os resíduos estão mais próximos ao eixo central em toda sua extensão, comparativamente aos resíduos dos outros dois modelos.

Tabela 4. Modelos ajustados para altura total no Tratamento 1(1) e suas respectivas medidas de precisão.

Modelo ⁽²⁾	Parâmetros				Critério de Performance		
	β_0	β_1	β_2	β_3	R^2_{aj}	S_{yx}	CV%
1	9,29	0,258	-111,24	-	0,94	1,39	11,7
2	1,83	-2,441	0,06055	0,00107	0,92	1,34	11,3
3	27,54	26,38	0,00734	0,9685	0,95	1,26	10,6

⁽¹⁾ Tratamento 2 = “*Eucalyptus urograndis*” com distância de 22 m entre faixas de 2 linhas.

⁽²⁾ Modelo 1 = semilogarítmico (linear); Modelo 2 = exponencial (linear); Modelo 3 = Weibull (não linear)

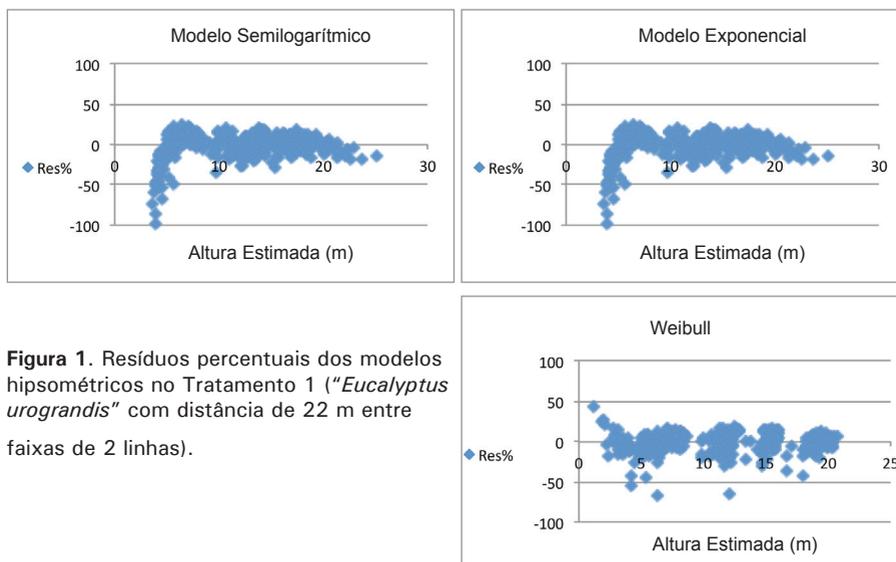


Figura 1. Resíduos percentuais dos modelos hipsométricos no Tratamento 1 (*Eucalyptus urograndis*) com distância de 22 m entre faixas de 2 linhas).

Observa-se, na Tabela 5, relativamente ao crescimento em altura de *Eucalyptus urograndis* no Tratamento 2, que o coeficiente de variação foi ligeiramente inferior no modelo exponencial em comparação com os outros dois modelos. Contudo, a distribuição de resíduos no modelo de Weibull apresenta-se de forma melhor distribuída ao longo do eixo central do que o modelo exponencial (Figura 2).

Tabela 5. Modelos ajustados para altura total no Tratamento 2 (1) e suas respectivas medidas de precisão.

Modelo ⁽²⁾	Parâmetros				Critério de Performance		
	β_0	β_1	β_2	β_3	R^2_{aj}	S_{yx}	CV%
1	9,45	0,263	-110,27	-	0,92	1,39	11,2
2	1,92	-2,605	0,05842	0,000408	0,93	1,28	10,4
3	45,19	44,07	0,006997	0,837	0,93	1,36	11,0

⁽¹⁾ Tratamento 2 = *Eucalyptus urograndis* com distância de 12 m entre faixas de 2 linhas.

⁽²⁾ Modelo 1 = semilogarítmico (linear); Modelo 2 = exponencial (linear); Modelo 3 = Weibull (não linear)

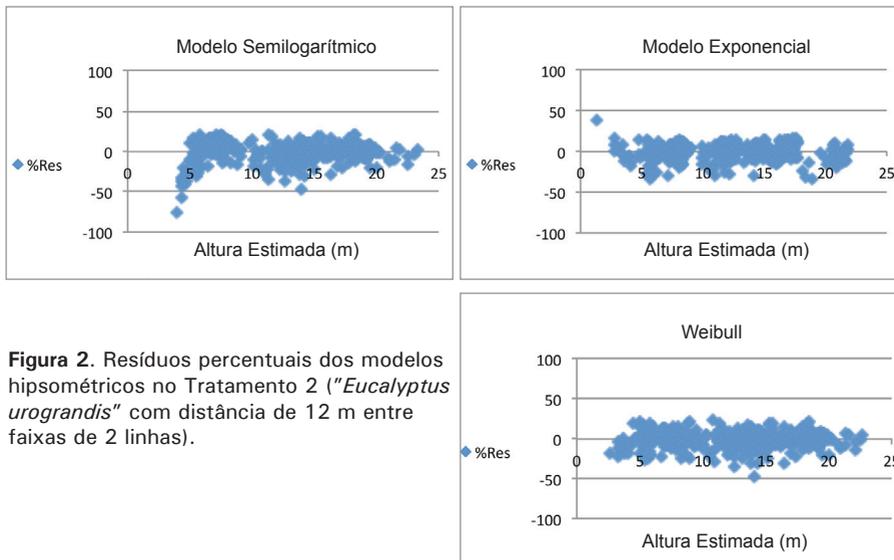


Figura 2. Resíduos percentuais dos modelos hipsométricos no Tratamento 2 (*Eucalyptus urograndis*) com distância de 12 m entre faixas de 2 linhas.

Nota-se, na Tabela 6, relativamente ao crescimento em altura de *Eucalyptus cloeziana* no Tratamento 3, que o modelo de Weibull apresentou coeficiente de determinação ligeiramente superior e coeficiente de variação levemente inferior que os outros dois modelos. A análise de resíduos valida essas estatísticas, em que, no modelo de Weibull, observa-se uma maior aderência dos resíduos ao longo do eixo central em relação aos outros dois modelos (Figura 3).

Tabela 6. Modelos ajustados para altura total no Tratamento 3 (1) e suas respectivas medidas de precisão.

Modelo ⁽²⁾	Parâmetros				Critério de Performance		
	β_0	β_1	β_2	β_3	R^2_{aj}	S_{yx}	CV%
1	7,15	0,290	-68,47	-	0,91	1,49	12,6
2	1,89	-1,993	0,06300	0,00428	0,88	1,62	13,8
3	342,6	342,5	0,002174	0,632	0,92	1,40	11,9

⁽¹⁾ Tratamento 3 = *Eucalyptus cloeziana* com distância de 22 m entre faixas de 7 linhas.

⁽²⁾ Modelo 1 = semilogarítmico (linear); Modelo 2 = exponencial (linear); Modelo 3 = Weibull (não linear)

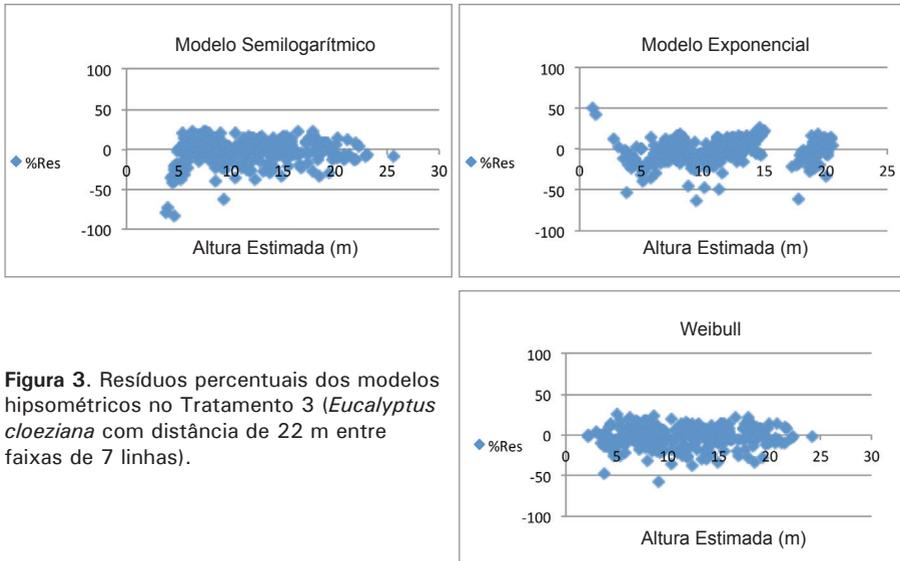


Figura 3. Resíduos percentuais dos modelos hipsométricos no Tratamento 3 (*Eucalyptus cloeziana* com distância de 22 m entre faixas de 7 linhas).

Demolinari (2006), em estudo de crescimento em altura, utilizando dados do primeiro ao sétimo ano de *Eucalyptus grandis*, testou 8 modelos (5 lineares e 3 não lineares). Observou que os modelos não lineares, inclusive o de Weibull, comportaram-se melhores que os lineares, ou seja, tanto neste trabalho como no presente houve maior precisão nas estimativas de altura das árvores utilizando o modelo de Weibull e, por conseguinte, nas estimativas de volume de madeira, o que torna o planejamento, ordenamento e uso da madeira mais eficientes, facilitando a tomada de decisões.

Conclusão

Dos três modelos hipsométricos testados, em relação ao crescimento de altura do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* ("*Eucalyptus urograndis*") em dois arranjos diferentes e, de *Eucalyptus cloeziana* em somente um arranjo, constatou-se que o modelo de Weibull mostrou-se mais consistente com os valores observados.

Referências

- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p. 149-163, 2001.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 470 p.
- CARVALHO, S. P. C. **Uma nova metodologia de avaliação do crescimento e da produção de *Eucalyptus* sp clonal para fins energéticos**. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- DEMOLINARI, R. A. **Crescimento de povoamentos de eucalipto não-desbastados**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CHATTERJEE, S.; PRICE, B. **Regression analysis by example**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1977. 228p. (Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics).
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1981. 709 p. (Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics).
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM; CEPEF; FATEC, 1992. 269 p.
- FLORIANO, E. P.; MÜLLER, I.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Ajuste e seleção de modelos tradicionais para série temporal de dados de altura de árvores. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 177-199, 2006.
- KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 390 p.
- MACHADO, S. A.; URBANO, E; CONCEIÇÃO, M. B. Comparação de métodos de estimativa de volume para *Pinus oocarpa* em diferentes idades e diferentes regimes de desbastes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 50, p. 91-98, 2005.
- MAZUCHELI, J.; ACHCAR, J. A. Algumas considerações em regressão não linear. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 34, n. 6, p. 1761-1770, 2002.
- MIGUEL, E. P.; CANZI, L. F.; RUFINO, R. F.; SANTOS, G. A. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde – GO. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-13, 2010.

MORAES NETO, S. P. de; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MUNHOZ, D. J. de M.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; MARCHÃO, R. L. **Modelos hipsométricos para *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em sistema agrossilvipastoril.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 33 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 286).

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows:** release 9.1 (software). Cary, 2003.

SCOLFORO, J. R. S. **Mensuração florestal 4:** classificação de sítios florestais. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 138 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal:** parte I: modelos de regressão linear e não linear: parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso da matéria seca. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 352 p.

Embrapa

Cerrados

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 11612