

MODELAGEM DA ALTURA DE *Tectona grandis* L. f. CLONAL E SEMINAL

Alessandro Soares da MOTTA¹
Everton José ALMEIDA¹
Diogo Guido Streck VENDRUSCOLO²
Hudson Santos SOUZA²
Reginaldo Antonio MEDEIROS³
Raiane Scandiane da SILVA⁴

- RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a modelagem linear e não linear para predição da altura total de árvores de *Tectona grandis* L. f (teca) em povoamentos jovens de origem clonal e seminal no município de Figueirópolis D'Oeste, Mato Grosso. A coleta de dados foi realizada por meio de censo florestal, nas idades de 36 e 48 meses, sendo mensurado o diâmetro com casca a 1,3 m de altura (*dap*) e a altura total (*h*) das árvores. Foram avaliados seis modelos de regressão subdivididos em duas categorias: lineares e não lineares para estimativa da altura total da teca. O critério de seleção dos modelos foi de acordo com o maior coeficiente de determinação ajustado, menor erro padrão residual e análise gráfica dos resíduos. A validação das equações foi efetuada com base no teste de qui-quadrado, com um nível de significância de 5%. Os modelos lineares foram superiores aos não lineares para três dos quatro tratamentos avaliados. As equações hipsométricas foram validadas e são recomendadas para estimativa da altura de teca em condições semelhantes.
- PALAVRAS-CHAVE: Inventário florestal; relação hipsométrica; teca.

1 Introdução

A maioria dos países iniciou seu processo de desenvolvimento utilizando o capital oriundo de recursos florestais (MIGUEL et al., 2014) e isto, em parte, tem contribuído para redução dos reservatórios naturais de madeira nas últimas décadas. A alternativa que tem sido seguida para minimizar o impacto do consumo de madeira sobre as florestas

¹ Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT, Campus Cáceres, Setor de Engenharia Florestal, CEP: 78200-000, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: alessandro-polaco@hotmail.com; everton.almeida@cas.ifmt.edu.br

² Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Campus Cuiabá, Departamento de Engenharia Florestal, CEP: 78060-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: diogoguido@hotmail.com; HUDSON.SSH@HOTMAIL.COM

³ Universidade Federal de Viçosa - UFV, Departamento de Engenharia Florestal, CEP: 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. E-mail: reginaldo.medeiros@cas.ifmt.edu.br

⁴ Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Campus Cáceres, Departamento de Agronomia, CEP: CEP: 78200-000, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: raiane.scandian@gmail.com

naturais são os plantios equiâneos (ASSAD, 2002), como aqueles com *Eucalyptus*, *Pinus* e *Tectona grandis* L.f. (teca).

Originária do continente asiático, a teca é uma espécie de grande potencial para substituição da madeira advinda de florestas naturais. Sua madeira apresenta excelentes propriedades tecnológicas, o que possibilita sua destinação para diferentes usos, como no setor naval e na movelaria (PANDEY; BROWN, 2000; PELISSARI et al., 2014).

No Brasil, os primeiros plantios de teca foram feitos no final da década de 1960, na região de Cáceres - Mato Grosso (MATRICARDI, 1989; TSUKAMOTO FILHO et al., 2003), em função das características edáficas e climáticas da região, adequadas ao plantio da espécie.

Além de condições ambientais favoráveis, o desenvolvimento de técnicas de manejo adequadas, o uso de sementes selecionadas e a clonagem permitem o sucesso da espécie na região, alcançando inclusive a diminuição do ciclo de corte para 20 a 25 anos, com obtenção de madeira para serraria de ótima qualidade, enquanto nos países de origem, esse ciclo varia de 60 a 80 anos (CENTENO, 1997; PASSOS et al., 2006).

A redução do ciclo da teca, juntamente com as evidências do seu cultivo ser lucrativo, impulsionou o aumento das áreas plantadas no estado de Mato Grosso, a qual passou de cerca de 10 mil hectares em 1986, para mais de 65 mil hectares de plantios em 2012, com crescimento anual de 1% em área plantada, principalmente nos estados de Mato Grosso e no Pará (ABRAF, 2013).

Com o avanço dos plantios florestais, surge também a necessidade de técnicas apuradas para o acompanhamento do desenvolvimento destes plantios, visando à predição e a prognose adequada, que é fundamental para o gerenciamento dos investimentos florestais. Nesse contexto, o monitoramento do crescimento das plantações de teca, principalmente das variáveis altura e diâmetro, torna-se obrigatório no manejo florestal (CAMPOS; LEITE, 2013). A altura tem sido utilizada para diversos fins, como classificação da capacidade produtiva e estimação do volume de árvores individuais (BINOTI et al., 2013; MIRANDA et al., 2014) e os efeitos de intensidades de desbastes (WEBER et al., 2013).

A altura pode ser obtida por medição direta, com a árvore abatida, ou de modo indireto, empregando hipsômetros ou clinômetros. Em certos casos, principalmente em idades mais avançadas, devido ao fechamento do dossel e falta de visibilidade no topo, a medição indireta pode resultar em erro e custo elevado (CALDEIRA et al., 2002; BINOTI et al., 2013; SOUSA et al., 2013). Por isso, e pela impossibilidade, em termos econômicos, de se medir todas as alturas, são empregadas equações hipsométricas nos inventários florestais (MENDONÇA et al., 2015).

A relação hipsométrica expressa a relação entre a altura das árvores com algumas variáveis, como idade, altura dominante, diâmetro médio, área basal e, principalmente o diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*). Desta forma, pode-se caracterizar o comportamento da altura das árvores nas quais esta variável não foi mensurada, sendo estimada através de relações hipsométricas (ANDRADE et al., 2006). A modelagem pode ser feita empregando modelos lineares ou não lineares.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a modelagem linear e não linear da altura de árvores de *Tectona grandis* L.f. em povoamentos jovens de origem clonal e seminal no município de Figueirópolis D'Oeste, Mato Grosso.

2 Material e métodos

O presente estudo foi desenvolvido utilizando dados obtidos em povoamentos de *Tectona grandis* L.f., de origem seminal e clonal, localizados no município de Figueirópolis D'Oeste – MT (Figura 1). O clima da região é do tipo Aw, caracterizado por duas estações distintas durante o ano, sendo uma chuvosa que vai de outubro a abril, e outra seca de maio a setembro. A temperatura anual varia entre 25 a 38 °C e as precipitações pluviométricas em torno de 1.500 mm/ano (MORETTI et al., 2014). A cobertura florística original é composta por vegetação do tipo floresta estacional decidual, e o relevo é plano a suavemente ondulado (SEPLAN, 2004). O solo é classificado como Cambissolo Háplico Tb Eutrófico (EMBRAPA, 2006). Segundo Lepsch (2010) esses solos se caracterizam por serem embriônicos, com pouca profundidade efetiva, e apresentam pedregosidade.

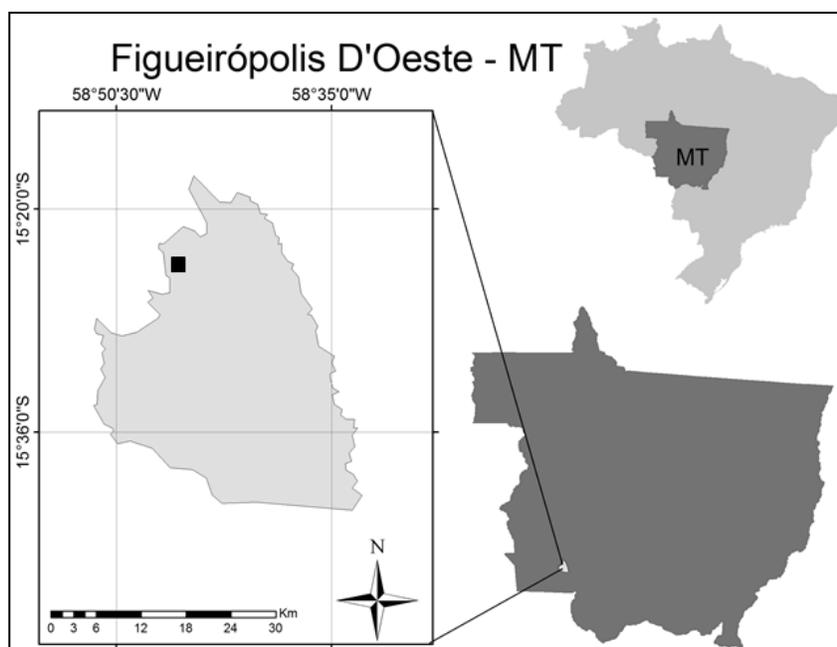


Figura 1 - Localização do povoamento de *Tectona grandis* (■).

Para a limpeza da área foi utilizado método químico de dessecação da braquiária que ocupava o local. O solo foi preparado pelo método convencional, com três gradagens, sendo duas com grade aradora e uma com grade niveladora, com profundidade média de 25 cm.

As mudas clonais de teca foram fornecidas por uma empresa reflorestadora e as seminais adquiridas de produtores de mudas da região. As clonais foram produzidas em tubetes de 55 cm³ e as seminais em sacolas plásticas de 144 cm³.

O plantio foi realizado em janeiro de 2010, em covas de 20 cm de diâmetro e 30 cm de profundidade, abertas manualmente com o auxílio de cavadeiras. O espaçamento de plantio foi 4x2 m. O controle de plantas daninhas foi feito com a aplicação do herbicida *glyphosate* aos 60 dias após plantio, e aos 36 meses de idade. As desramas foram feitas trimestralmente, com a retirada de galhos em até 2/3 da copa.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com dois tratamentos, sendo: plantas clonais e plantas seminais com seis repetições. As parcelas experimentais são constituídas por 20 plantas excluindo as de bordadura.

A coleta de dados foi realizada por meio de censo florestal, nas idades de 36 e 48 meses, sendo mensurado o diâmetro com casca a 1,3 m de altura (*dap*) com fita métrica, e a altura total (*h*) com haste de alumínio graduada. Esses dados foram utilizados para ajuste e avaliação de seis modelos (Tabela 1), divididos em duas categorias: lineares e não lineares. Os ajustes dos modelos lineares foram realizados no software Excel®, e dos não lineares pelo programa CurveExpert versão 1.4 (HYAMS, 1993).

Tabela 1 - Modelos de regressão testados para a predição da altura total de *Tectona grandis*

Número	Denominação	Modelo	Categoria
1	Trorey	$h = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + e_i$	Linear
2	Linha Reta	$h = \beta_0 + \beta_1 dap + e_i$	Linear
3	Stoffels	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \ln(dap) + e_i$	Linear
4	Curtis	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{dap} + e_i$	Linear
5	Logística	$h = \frac{\beta_0}{1 + \beta_1 e^{-\beta_2 dap}} + e_i$	Não linear
6	Gompertz	$h = \beta_0 e^{-e^{\beta_1 - \beta_2 dap}} + e_i$	Não linear

h = altura total (m); *dap* = diâmetro a 1,30 m de altura (cm); β_i = parâmetros do modelo; e e_i = erro aleatório.

As equações ajustadas foram comparadas com base nas estatísticas: coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) (1), erro padrão residual ($S_{yx}\%$) (2) e na análise gráfica dos resíduos, estimados pela expressão 3.

$$R^2_{aj.} = 1 - \left(\frac{SQ_{res}}{SQ_{tot}} \right) \cdot \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \quad (1)$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2}{n-p}} \quad \therefore S_{yx}\% = \frac{S_{yx}}{\bar{h}} \cdot 100 \quad (2)$$

$$E\% = \left(\frac{h_i - \hat{h}_i}{h_i} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

em que: h_i = altura observada; \hat{h}_i = altura estimada; \bar{h} = média aritmética das alturas; n = número de observações; p = número de coeficientes do modelo; SQ_{res} = soma dos quadrados dos resíduos; e SQ_{tot} = soma de quadrados total.

A validação das equações foi efetuada com base no teste de Qui-quadrado (χ^2), com um nível de significância (α) de 0,05 (4), dada por:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(h_i - \hat{h}_i)^2}{h_i} \quad (4)$$

em que: h_i = altura observada; \hat{h}_i = altura estimada.

Para essa validação foram utilizados dados de *dap* e *h* de 20 árvores por tratamentos. As árvores amostradas para o teste de validação não foram utilizadas no ajuste das equações, como recomendado por Prodan (1997). O teste de qui-quadrado (χ^2), foi aplicado para as equações selecionadas, com 19 graus de liberdade. Os valores tabelados foram comparados com os calculados. Quando o χ^2 calculado for menor que seu valor tabelado, indica que não há significância e que as equações são acuradas para predição da altura das árvores. Sendo assim, foram testadas duas hipóteses:

H₀: A equação selecionada é acurada para predição das alturas; e

H₁: Rejeita-se H₀.

3 Resultados e discussão

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise estatística descritiva das principais variáveis dos povoamentos de teca de origem clonal e seminal aos 36 e 48 meses respectivamente.

Tabela 2 - Análise estatística descritiva das variáveis de diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) e altura total (*h*) do povoamento *Tectona grandis* L.f.

Trat.	Idade (meses)	Variável	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão
Clone	36	<i>dap</i> (cm)	4,90	7,76	9,74	0,83
		<i>h</i> (m)	5,90	7,93	9,00	0,62
Clone	48	<i>dap</i> (cm)	8,18	11,44	13,66	1,04
		<i>h</i> (m)	8,00	10,72	12,00	0,63
Semente	36	<i>dap</i> (cm)	3,44	6,22	9,04	1,19
		<i>h</i> (m)	3,60	6,83	9,00	1,10
Semente	48	<i>dap</i> (cm)	5,32	8,27	10,54	1,18
		<i>h</i> (m)	5,00	8,59	11,00	1,27

Trat. = tratamento.

Observou-se um aumento dos diâmetros mínimos, máximos e médios dos povoamentos de teca em função da idade e dos materiais genéticos. Verificou-se que plantas clonais apresentaram médias de *h* e *dap* superior em comparação com as plantas seminais. Schuuhli e Paludszyn Filho (2010) comentam que a seleção de genótipos

superiores aumenta consideravelmente o potencial produtivo da teca. Estudos realizados por Smit et al. (2011) verificaram uma produtividade de 39% superior de plantios clonais em relação aos seminais aos 5,2 anos de idade no município de Tangará da Serra-MT.

Avaliando o desvio padrão, foi verificado que o povoamento clonal apresentou desvios relativamente inferiores em relação ao povoamento seminal, devido a maior homogeneidade desse material genético.

De modo geral, foi observado que as equações apresentaram valores significativos do teste F, indicando que as mesmas podem explicar a variabilidade da altura total em função do diâmetro à 1,3 m de altura - *dap* (SANQUETTA et al., 2014). Foi observado semelhança dos valores de R^2_{aj} e $S_{yx}\%$ entre os diferentes modelos avaliados dentro de cada tratamento (Tabela 3).

Tabela 3 – Coeficientes e estatísticas dos modelos de regressão ajustados para *Tectona grandis* L.f.

Trat.	Mod.	β_0	β_1	β_2	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$	F	
36 meses								
Clone	1	Trorey	0,56982	1,32312	-0,04664	0,76	3,37	96,160*
	2	Reta	3,31654	0,60358	-	0,75	3,39	141,12*
	3	<u>Stoffels</u>	0,86825	0,59143	-	<u>0,78</u>	<u>3,21</u>	158,07*
	4	<u>Curtis</u>	2,65494	-4,43666	-	<u>0,77</u>	<u>3,28</u>	152,36*
	5	Logística	10,50980	3,60041	0,31652	0,76	3,39	94,93*
	6	Gompertz	10,83272	0,71756	0,24798	0,76	3,37	95,73*
48 meses								
Clone	1	Trorey	-3,07713	2,12976	-0,07998	0,40	4,04	19,30*
	2	Reta	6,97954	0,32890	-	0,35	4,17	24,01*
	3	Stoffels	1,49258	0,36169	-	0,38	4,06	26,06*
	4	Curtis	2,73047	-4,06150	-	0,40	4,02	27,77*
	5	<u>Logística</u>	11,16525	106,06340	0,71250	<u>0,41</u>	<u>4,01</u>	20,21*
	6	<u>Gompertz</u>	11,17652	4,25181	0,67474	<u>0,41</u>	<u>4,01</u>	20,36*
36 meses								
Seminal	1	Trorey	-1,58640	1,95563	-0,09330	0,77	6,92	92,71*
	2	Reta	2,08639	0,76698	-	0,75	7,13	128,35*
	3	<u>Stoffels</u>	0,59137	0,72963	-	<u>0,82</u>	<u>6,05</u>	179,20*
	4	<u>Curtis</u>	2,64516	-4,40706	-	<u>0,80</u>	<u>6,38</u>	163,67*
	5	Logística	9,18614	6,17157	0,47670	0,77	6,96	91,67*
	6	Gompertz	9,51791	1,09189	0,36312	0,77	6,94	92,31*
48 meses								
Seminal	1	Trorey	-1,28763	1,63482	-0,05183	0,57	9,17	35,14*
	2	Linha	2,15717	0,78162	-	0,56	9,16	52,37*
	3	<u>Stoffels</u>	0,52970	0,76758	-	<u>0,58</u>	<u>8,87</u>	55,86*
	4	Curtis	2,88468	-6,00199	-	0,56	9,14	52,83*
	5	<u>Logística</u>	11,94400	5,89920	0,33357	<u>0,57</u>	<u>9,14</u>	35,44*
	6	Gompertz	12,95743	0,94176	0,22472	0,57	9,15	35,26*

Trat. = tratamento; Mod. = modelo; β_i = parâmetros do modelo; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; $S_{yx}\%$ = erro padrão da estimativa em porcentagem; F = valor de F da análise de variância; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p \leq 0,05$).

Os modelos apresentaram os melhores ajustes na idade mais jovem (36 meses) com valores de R^2_{aj} superiores a 0,74 para clone e semente, enquanto aos 48 meses os valores de R^2_{aj} foram baixos, apresentando valores inferiores a 0,42 e 0,59 para clone e semente respectivamente. Esse comportamento também foi observado por Araújo et al. (2012) ajustando modelos de relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) em diferentes idades em espaçamento de 1,5x2 m em Minas Gerais.

Os baixos valores R^2_{aj} apresentados para a teca, demonstram haver uma fraca correlação entre a altura total e o diâmetro das árvores, principalmente para os clones aos 48 meses. Isso pode ser explicado pelo fato da maior homogeneidade do povoamento clonal em relação ao seminal, (menor desvio padrão, Tabela 2), o que implica em pouca variação das alturas e dos diâmetros, diminuindo assim, a precisão da relação hipsométrica, à medida que aumenta a idade. Já nas idades mais jovens o povoamento é mais heterogêneo devido às plantas estarem em fase de adaptação, dessa forma há maior variação entre o diâmetro e a altura podendo propiciar em um aumento na correlação e consequentemente do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}).

Por outra análise, foi verificado que o erro padrão residual foi inferior a 10%, sendo esses resultados mais acurados do que aos encontrados por Rossi et al. (2011) e Pereira et al. (2014), em ajustes hipsométricos para teca no estado do Pará, onde as estimativas foram superiores a 11,93% e 16,60% respectivamente, e semelhante ao observado por Vendruscolo et al. (2015) ajustando e validando um modelo de relação hipsométrica para teca onde obtiveram valores de S_{yx} inferiores a 10%.

Foram selecionados com base nas estatísticas de R^2_{aj} e $S_{yx}\%$, os dois melhores modelos por material genético e idade (em destaque na Tabela 3), para avaliação gráfica dos resíduos (Figura 2).

A distribuição gráfica dos resíduos mostrou-se semelhante para as seis equações selecionadas sendo que todas apresentaram valores dispersos adequadamente em torno da média, sem a ocorrência de tendências em superestimar ou subestimar a variável h em função da variável dap , dando ênfase ao modelo de Stoffels, que dentre as seis equações selecionadas, três vezes se apresentou como a mais acurada. Resultados semelhantes foram observados por Koehler et al. (2010) para *Araucaria angustifolia* no estado do Paraná e por Araújo et al. (2012) para *Eremanthus erythropappus* em Minas Gerais.

Dessa forma, a melhor equação para cada material genético nas diferentes idades, foi escolhida por meio da análise gráfica dos resíduos em associação com as estatísticas de precisão. Assim, foi selecionado o modelo 3 (Stoffels) para material genético clonal aos 36 meses, enquanto aos 48 meses o melhor desempenho foi verificado pelo modelo 6 (Gompertz). Já para o material genético seminal permaneceu o melhor desempenho o modelo 3 (Stoffels) aos 36 e 48 meses respectivamente.

Analisando os modelos selecionados, foi observado que a equação linear de Stoffes gerou estatísticas superiores em relação aos demais em três dos quatro tratamentos analisados. Isso é explicado devido o povoamento ser jovem e estar em plena fase de crescimento, apresentando assim um crescimento linear, sendo perfeitamente expresso por esse tipo de modelo. Por outro lado, o uso de modelos não lineares quando ajustados para povoamentos mais velhos cujo crescimento em altura das árvores tendem a estabilização, geram resultados mais acurados em relação aos modelos lineares, devido a fundamentação biológica desses modelos e maior flexibilidade em relação as

particularidades não lineares dos dados (BATISTA et al., 2001; CRUZ et al., 2008; HESS et al., 2014).

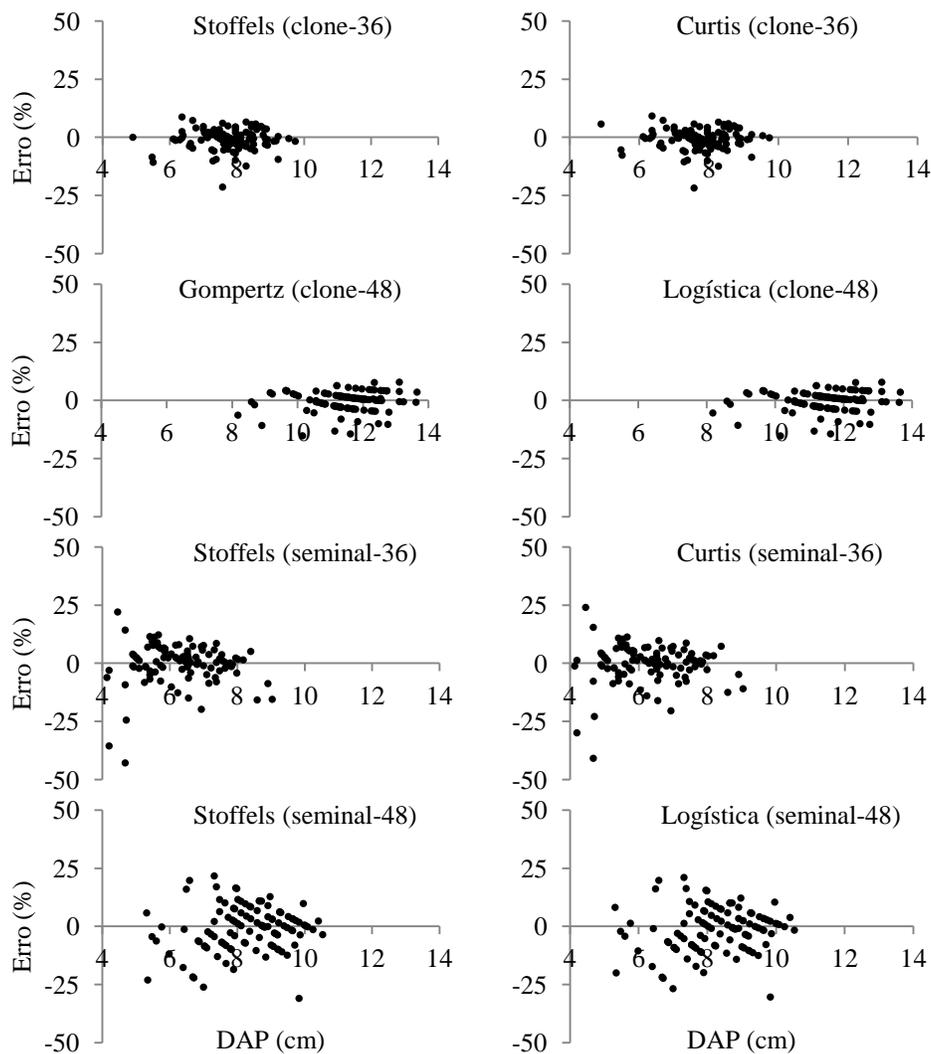


Figura 2 - Distribuição dos resíduos dos modelos de regressão, ajustados para *Tectona grandis* L.f. clonal e seminal nas diferentes idades.

O teste de Qui-quadrado (χ^2) aplicado para as quatro equações selecionadas, confirmou não haver diferença significativa entre as alturas observadas e as estimadas a 5% de probabilidade (aceita-se H_0). O valor de χ^2 calculado foi menor que o tabelado para

todas as equações selecionadas (Tabela 4). Portanto, as quatro equações validadas podem ser utilizadas, e são recomendadas para estimativa das alturas de teca.

Tabela 4 - Valores do Qui-quadrado calculado e tabelado ($p \leq 0,05$)

Trat.	Idade	GL	$\chi^2_{\text{calculado}}$	χ^2_{tabelado}	Teste
Clone	36	19	0,818878	10,117	NS
	48	19	0,455615	10,117	NS
Seminal	36	19	1,626936	10,117	NS
	48	19	1,514293	10,117	NS

Trat.= tratamento, GL= graus de liberdade, NS= não significativo.

Conclusões

Devido o povoamento avaliado ser jovem e estar em plena fase de crescimento, os modelos lineares apresentaram-se superiores aos não lineares para três dos quatro tratamentos avaliados.

O modelo linear de Stoffels foi o mais eficiente para estimativa da altura total da teca, para os tratamentos clone aos 36 meses, semente aos 36 e 48 meses, enquanto para clone aos 48 meses o modelo de Gompertz foi o mais adequado.

As equações hipsométricas foram validadas e são recomendadas para estimativa da altura de *Tectona grandis* em condições semelhantes.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT); Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT); Sr. Antônio Medeiros e família e aos alunos do IFMT que colaboraram na coleta de dados, agradecemos.

MOTTA, A. S. da; ALMEIDA, E. J.; VENDRUSCOLO, D. G. S.; SOUZA, H. S.; MEDEIROS, R. A.; SILVA, R. S. da. Modeling of height *Tectona grandis* L. f clonal and seminal. *Rev. Bras. Biom.*, Lavras, v.34, n.3, p.395-406, 2016.

▪ **ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the linear and non-linear modeling to predict the total height of *Tectona grandis* L.f. trees (teak) in young stands of clonal origin and seminal in the municipality of Figueirópolis D'Oeste, Mato Grosso. Data collection was performed by forest census, at ages 36 and 48 months, and measured the diameter with bark 1.3 m height (dbh) and total height (h) of trees. It were evaluate six regression models subdivided into two categories: linear and non-linear estimation for the total height of teak. The criterion for selection of the models was in accordance with the highest adjusted coefficient of determination, lower standard error of estimate in percentage and graphical analysis of waste. The validation of the equation was made based on the chi-square test, with a significance level of 0.05. The linear models showed to be superior to non-linear for three of the four treatments evaluated. The hypsometric equations were validated and are recommended for estimation of teak tall in similar condition.

- **KEYWORDS:** *Forest inventory; hypsometric relation; teak.*

Referências

- ABRAF - *Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas*. Anuário estatístico da ABRAF 2013 - ano base 2012. Brasília, 2013. 148p.
- ANDRADE, V. C. L.; MARTINS, S. V. CALEGARIO, N.; CHICHORRO, J. F. Influência de três sistemas de amostragem na estimativa da relação hipsométrica e do volume de árvores em um fragmento de Mata Atlântica. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.70, p.31-37, 2006.
- ARAÚJO, E. J. G.; PELISSARI, A. L. DAVID, H. C.; SCOLFORO, J. R. S.; PÉLLICO NETTO, S.; MORAIS, V. A. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v.32, n.71, p.257-268, 2012.
- ASSAD, L. T. *Tradição-Modernidade-Sustentabilidade. Icapuí-CE: os desafios do desenvolvimento de uma comunidade diante do imperativo da sustentabilidade*. 2002. 272f. Tese (Doutorado) Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- 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.16, p.149-163, 2001.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Redução de custos em inventário de povoamentos equiâneos. *Agrária*, Recife, v.8, n.1, p.125-129, 2013.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SCHEEREN, L. W.; BARICHELLO, L. R.; WATZLAWICK, L. F. Relação hipsométrica para *Acacia mearnsii* com diferentes idades. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.45, p.57-68, 2002.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 4. ed. Viçosa: UFV, 2013. 605p.
- CENTENO, J. C. El manejo de las plantaciones de teca. *Actualidad Forestal Tropical*, Japón, v.5, n.2, p.10-12, 1997.
- CRUZ, J. P.; LEITE, H. G.; SOARES, C. P. B.; CAMPOS, J. C. C.; SMIT, L.; NOGUEIRA, G. S. Curvas de crescimento e de índice de local para povoamentos de *Tectona grandis* em tangará da serra, Mato Grosso. *Revista Árvore*, Viçosa, v.32, n.4, p.679-685, 2008.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306p.
- HESS, A. F.; BRAZ, E. M.; THAINES, F.; MATTOS, P. P.; Ajuste de relação hipsométrica para espécies da Floresta Amazônica. *Ambiência*, Guarapuava, v.10, n.1, p.21-29, 2014.
- HYAMS, D. CurvExpert 1.4. *Microsoft Corporation*, 1993. Disponível em: (www.curveexpert.net/curveexpert-basic). Acesso em ago.2014.

- KOEHLER, A. B.; CORAIOLA, M.; PELLICO NETTO, S. Crescimento, tendência de distribuição das variáveis biométricas e relação hipsométrica em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Ktze., em Tijucas do Sul, PR. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.38, n.85, p.53-62, 2010.
- LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216p.
- MATRICARDI, W. A. T. *Efeitos dos fatores de solo sobre o desenvolvimento da teca (Tectona grandis L.f.) cultivada na grande Cáceres - Mato Grosso*. 1989. 135f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.
- MENDONÇA, A. R.; CARVALHO, S. P. C.; CALEGARIO, N. Modelos hipsométricos generalizados mistos na predição da altura de *Eucalyptus* sp. *Revista Cerne*, Lavras, v. 21, n.1, p.107-115, 2015.
- MIGUEL, E. P.; LEAL, F. A.; ONO, H. A.; LEAL, U. A. S. Modelagem na predição do volume individual em plantio de *Eucalyptus urograndis*. *Rev. Bras. Biom*, São Paulo, v.32, n.4, p.584-598, 2014.
- MIRANDA, R. O. V. DAVID, H. C.; EBLING, Â. A.; MÔRA, R.; FIORENTIN, L. D.; SOARES, I. D. Estratificação hipsométrica em classes de sítio e de altura total em plantios clonais de eucaliptos. *Advances in Forestry Science*, Cuiabá, v.1, n.4, p.113-119, 2014.
- MORETTI, M. S.; TSUKAMOTO FILHO, A. A.; COSTA, R. B.; RONDON NETO, R. M.; MEDEIROS, R. A.; SOUSA, R. A. T. M. Crescimento inicial de plantas de teca em monocultivo e sistema Taungya com milho em Figueiropolis D'Oeste, Estado de Mato Grosso. *Scientia forestalis*, Piracicaba, v.42, n.102, p.269-277, 2014.
- PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. *Unasylva*, v.51, n.201, p.3-13, 2000.
- PASSOS, C. A. M.; JUNIOR, L. B.; GONÇALVES, M. R. Avaliação silvicultural de *Tectona grandis* L.f., em Cáceres – MT, Brasil: resultados preliminares. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.16, n.2, p.225-232, 2006.
- PELISSARI, A. L. et al. Cultivo da teca: características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. *Agrarian Academy*, Goiânia, v.1, n.01, p.127-145, 2014.
- PEREIRA, K. D.; PAIXÃO, M. V. C.; MONTEIRO, C. W. B.; LAURIDO, F. T.; FERREIRA, P. S. T. Ajuste de modelos hipsométricos para árvores de *Tectona grandis* L.f. no município de Mojú, Pará. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.10, n.18; p.181-189, 2014.
- PRODAN, M.; PETERS. R.; COX. F.; REAL. P. *Mensura Forestal*. San José: IICA, 1997. 586p.
- ROSSI, A. S.; DRESCHER, R.; PELISSARI, A. L.; LANSSANOVA, L. R. Relação hipsométrica e crescimento de *Tectona grandis* L.f. no município de Monte Dourado PA. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.39, p.301-307, 2011.

- SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; RUZA, M. S.; SIMON, A. A.; SÃO JOSÉ, J. F. B. Relação hipsométrica em inventários pré-corte em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. *Científica*, Jaboticabal, v.42, n.1, p.80-90, 2014.
- SCHUUHLI, G. S.; PALUDZSZYN FILHO, E. O cenário da silvicultura de Teca e perspectivas para o melhoramento genético. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v.30, n.63, p.217-230, 2010.
- SEPLAN. *Mapa de vegetação do Estado de Mato Grosso*. 2004. Disponível em: <www.zsee.seplan.mt.gov.br>. Acesso em: 30 mai. 2015.
- SMIT, L.; ARIAS, L.A.U.; SILVA, A.P.; OESTREICH FILHO, E. *Plantation performance of teak clones and seeds in different types of soils at 5,2 years of age in Tangará da Serra, Mato Grosso, Brazil*. CATIE/FAO/TEAKNET: San José, Costa Rica, 1 de nov. de 2011. Palestra proferida na International Teak-Conference. Disponível em: <http://web.catie.ac.cr/conferencia_teca/presentaciones/Sesion_7_7.pdf> Acesso em: 19 nov. 2014.
- SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; C. JUNIOR, V. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. *Scientia Plena*, Aracaju, v.9, n.4, p.1-7, 2013.
- TSUKAMOTO FILHO, A. A.; SILVA, M. L.; COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. *Revista Árvore*, Viçosa, v.27, n.4, p.487-494, 2003.
- VENDRUSCOLO, D. G. S.; CHAVES, A. G. S.; SILVA, R. S.; SOUZA, H. S.; MEDEIROS, R. A.; MOTTA, A. S.; SILVA, F. T. Identidade em modelos hipsométricos para *Tectona grandis* com diferentes espaçamentos em Cáceres-MT. *Nativa*, Sinop, v.3, n.1, p.44-49, 2015.
- WEBER, V. P.; FINGER, C. A. G.; FLEIG, F. D.; SOUZA, C. A. M.; MUNARETO, F. F.; SILVA, L. T. M. Diretrizes para desbaste de *Pinus taeda* L. em função da altura dominante, *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.23, n.1, p.193-201, 2013.

Recebido em 14.08.2015

Aprovado após revisão em 09.03.2016