



Artigo

## Determinação de equação volumétrica e hipsométrica para um plantio de *Tectona grandis* L. f. em Alta Floresta, MT

Daniela Lopes Correa da Silva de Almeida<sup>1</sup>, Fabricia Rodrigues Silva<sup>1\*</sup>, Anne Francis Agostini Santos<sup>1</sup>, Marcos Leandro Garcia<sup>1</sup> e Júlio Cesar Wojciechowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, MT. E-mail: fabriciarodri@hotmail.com (Autor Correspondente).

Recebido: 15/05/2016; Aceito: 21/11/2016

**Resumo:** A espécie *Tectona grandis* tem se destacado no setor florestal como alternativa para o suprimento da indústria madeireira, sendo essencial para o planejamento da gestão e ordenamento dos povoamentos a utilização de uma ferramenta simplificada para obter valores precisos de altura e volume. O presente trabalho teve como objetivo ajustar e selecionar equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Tectona grandis* L. f. localizado na fazenda IDC, município de Alta Floresta - MT. O plantio seminal de Teca tem 12 anos de idade, espaçamento de 2,2 m X 3 m, no qual foi realizado dois desbastes com intensidade de 25%. Para a coleta dos dados, foram utilizadas 14 parcelas permanentes instaladas na área, com dimensões de 900 m<sup>2</sup>. A partir dos dados da altura e diâmetro e a cubagem rigorosa de 46 indivíduos selecionados, foi possível ajustar os modelos hipsométricos e volumétricos. As equações foram selecionadas com base nos seguintes critérios: coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), erro padrão da estimativa ( $Sy_x\%$ ), e análise gráfica dos resíduos. Os modelos hipsométricos tiveram uma baixa correlação entre diâmetro e altura resultando em valores baixos ao coeficiente de determinação ajustado, exceto o de Prodan. Entre as equações de volume testadas, nos gráficos de resíduo foi possível notar que o modelo de Husch apresentou uma tendenciosidade, sendo que os demais modelos apresentaram uma boa distribuição dos resíduos e uma normalidade e homogeneidade da variação entre os dados reais e os estimados. Dentre os modelos testados, o modelo de Prodan, para relação hipsométrica, e o de Schumacher-Hall, para relação volumétrica, apresentaram melhores ajustes.

**Palavras-chave:** Teca, ajuste de equações, cubagem rigorosa, relação altura-diâmetro.

## Determination of volumetric and hypsometric equation for planting of *Tectona grandis* L. f. in Alta Floresta, MT

**Abstract:** *Tectona grandis* species has excelled in the forestry sector as an alternative to the supply of the timber industry, being necessary to have a simple tool that obtains precious values of high and volume, which are essential to plan the management and planning of the populations. This study aimed to adjust and select hypsometric and volumetric equations for a population of *Tectona grandis* L. f. located in IDC farm in Alta Floresta, MT. The seminal plantation of Teca is 12 years old, spacing of 2,2 m x 3 m, in which two thinnings were realized in a 25% intensity. For the data collection, 14 permanent plots installed in this area were realized, com 900 m<sup>2</sup> dimensions. From the height and diameter data and the rigorous cubage of 46 selected individuals, it was possible to adjust the hypsometric and volumetric models. The equations were selected based on the following criteria: adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), standard error of estimate ( $Sy_x\%$ ) and graphical analysis of the residuals. The hypsometric models had a low correlation between diameter and high, resulting in low values to the adjusted determination coefficient, except Prodan's. Among the tested volume equations, on the residual graphics it was possible to note that Husch model presented a tendentiousness, being that the other models presented a good residual distribution, as normal and homogeneous variation among real and estimated data. Among the tested models, Prodan model and Schumacher-Hall model presented better adjustments to hypsometric relation and to volume ratio, respectively.

**Key-words:** Teca, equations adjustment, rigorous cubage, height-diameter relationship.

## 1. INTRODUÇÃO

A teca é uma espécie arbórea da família Lamiaceae (FLÓREZ, 2012). É nativa do continente asiático, sendo introduzida em diversas regiões da África e América, em especial em países como Índia, Tailândia, Mianmar, Camboja, Vietnã, Indonésia, Malásia e Laos, atingindo altura de 35 m e diâmetro maior que 100 cm (LAMPRECHT, 1990).

A espécie é bastante utilizada em plantações devido sua fácil propagação, estabelecimento e manejo, além de possuir madeira de excelente qualidade. É empregada em uma variedade de usos tradicionais e atuais, incluindo mobiliário, elementos estruturais, laminados e pisos. Essas propriedades mantêm a teca como uma das principais espécies de madeira tropical de alto valor neste século (CAMINO & MORALES, 2013).

O interesse do Brasil na Teca vem crescendo nas regiões Centro-Oeste e Norte do país (FIGUEIREDO et al., 2005; SCHUHLI & PALUDZYSZYN FILHO, 2010), sendo que os principais plantios encontram-se nos estados de Mato Grosso, Pará e Roraima, destacando-se o Mato Grosso como pioneiro nos plantios de Teca (OLIVEIRA, 2014). Atualmente, a espécie se destaca por ser considerada uma alternativa de elevado valor econômico para o suprimento sustentável das indústrias de base florestal (PELISSARI et al., 2014).

Com as vantagens de se cultivar a teca e com o valor de mercado da madeira no Estado de Mato Grosso (SHIMIZU et al., 2007), há necessidade da utilização de uma ferramenta simplificada para obter valores precisos do volume, sendo essencial para o planejamento da gestão e ordenamento dos povoamentos em grandes áreas. A técnica mais utilizada para se obter o estoque volumétrico é a cubagem rigorosa (HUSCH et al., 1972). A cubagem deve abranger todas as classes de diâmetro e altura, sendo que os tratamentos silviculturais devem ser iguais para todas, esperando assim que os indivíduos tenham formas parecidas e constantes (GOMES, 1957).

Um dos métodos utilizados na estimativa do volume é o emprego de equações volumétricas, onde o volume é uma variável dependente e o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (comercial, total) são as variáveis independentes. Porém, nem todos os modelos matemáticos de volume apresentam estatísticas favoráveis para todas as espécies e condições edafoclimáticas. Logo, é preciso testar vários modelos e com auxílio da análise estatística, pode-se identificar o melhor para cada situação (MACHADO et al., 2002).

A altura é uma variável importante para a obtenção do volume, porém de difícil medição comparada ao diâmetro, podendo ser medida de modo indireto com instrumentos apropriados, obtendo assim resultados acurados, mas não econômicos. Devido a isso, é apropriado medir o diâmetro de todas as árvores do local amostrado e apenas algumas alturas. As alturas restantes são estimadas via modelos matemáticos chamados de relação hipsométrica, onde há estimativa da altura das árvores remanescentes (BARTOSZECK et al., 2004).

Para se obter a relação hipsométrica de uma população florestal, são suficientes de 30 a 40 alturas distribuídas em todas as classes diamétricas, sendo aceitável um erro de 1% a 2% em média por classe, sendo testado vários modelos matemáticos para se obter a melhor equação para o povoamento (FINGER, 1992).

O trabalho teve como objetivo selecionar modelos volumétricos e de relação hipsométrica para um povoamento de *Tectona grandis* L. f. localizado no município de Alta Floresta, Estado de Mato Grosso, os quais serão utilizados no inventário florestal contínuo, que servirá de base para o planejamento e manejo do povoamento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um talhão com 129,10 ha de Teca em plantio homogêneo (Fazenda IDC), entre as coordenadas mínimas do retângulo envolvente 10°02'0" S 56°2'0" W e coordenadas máximas 10°0'0" S 55°59'0" W (Figura 1).

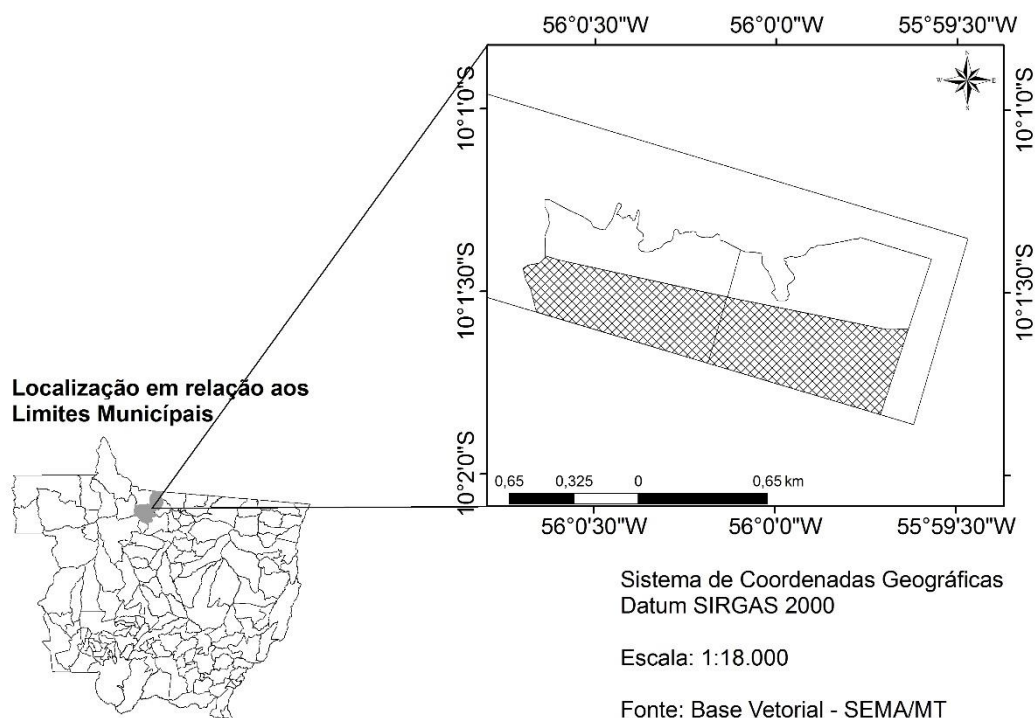


Figura 1. Detalhe da área experimental no Município de Alta Floresta - MT.

As regiões norte e centro norte Mato-grossense possuem clima quente e úmido, com a presença de temperatura média anual superior a 24°C e pluviosidade média anual acima de 2.400 mm, destacando-se uma estação seca bem definida de 3-5 meses, tipo climático Am e Aw conforme Köppen (ZAPPI et al., 2011; ALVARES et al., 2013).

O plantio de Teca com idade de 12 anos e espaçamento de 2,2 m X 3 m tem o seguinte histórico de tratos silviculturais: No primeiro ano ocorreu a limpeza dos talhões e replantio das mudas em casos de mortalidade superior a 20%; Do segundo ao quarto ano foi feita a limpeza com o uso de roçadeira e aplicação de herbicida para combate de gramíneas, sendo também realizada a desrama e desbaste das árvores sem aproveitamento comercial; Após o quinto ano, manteve-se a desrama até que o fuste comercial atingisse uma altura de 8 metros e a roçada a cada dois anos; O primeiro desbaste foi feito aos 6 anos e o segundo aos 12 anos, todos com intensidade de 25%.

Foi efetuada a cubagem rigorosa de 46 árvores para obtenção dos volumes reais individuais. As árvores cubadas foram selecionadas por classes de diâmetro aleatoriamente no plantio florestal, sendo medidas as circunferências ao longo do tronco nas posições: 0,0 m; 1,0 m; 1,30 m; 2,0 m e em distância regulares de 2 m até a altura final da árvore, segundo método de Smalian (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2009).

A distribuição de frequência das árvores empregadas na cubagem é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição de frequência de árvores-amostra utilizadas para ajuste dos modelos.

Classe de DAP (cm)	Classe de altura (m)					Total
	15-17	17-19	19-21	21-23	23-25	
14-16	1	1	1			3
16-18	1	5	5	2		13
18-20	1		5	1		7
20-22		1	8	2		11
22-24		2	2	5		9
24-26			1	1		2
26-28					1	1
Total	3	9	22	11	1	46

A fórmula de Smalian mostra que através do cálculo de função do comprimento e das áreas basais obtidas nas extremidades das secções pode-se obter o volume de cada secção, sendo ela expressa:

$$V_i = \frac{(g_1 + g_2)}{2} * L \tag{1}$$

Onde: Vi= volume das secções individuais em m<sup>3</sup>; g1 e g2= são a área basal do início e final da secção, em m<sup>2</sup>; L= comprimento das seções, em metros.

Desta forma o volume total da tora será:

$$V_s = g_0 * l_0 + \sum_{vi} + \frac{1}{3} * g_c * l_c \tag{2}$$

Onde: g<sub>0</sub> = área basal do toco; l<sub>0</sub> = comprimento do toco; Σ<sub>vi</sub> = somatória das secções individuais sendo i = 1, 2, 3...n; g<sub>c</sub> = área basal do cone; l<sub>c</sub> = comprimento da secção do cone ou ponta.

Após a obtenção dos volumes reais e da altura total foram ajustados modelos volumétricos e hipsométricos para estimar a altura total e o volume das árvores de *Tectona grandis*.

Foram testados os seguintes modelos volumétricos (COLPINI et al., 2009; DRESCHER, 2014), que constam na Tabela 2.

**Tabela 2.** Modelos de equação de volume.

Nº	Autor	Modelo
1	Schumacher-hall	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln d + \beta_2 * \ln(h)$
2	Husch	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d)$
3	Prodan	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln d + \beta_2 * \ln^2 d + \beta_3 * \ln h + \beta_4 * \ln(h^2)$
4	Spurr	$v = \beta_0 + \beta_1(d^2 h)$
5	Meyer	$v = \beta_0 + \beta_1 * d + \beta_2 * d^2 + \beta_3 * (d * h) + \beta_4(d^2 * h) + \beta_5 * (h)$
6	Näslund modificado	$v = \beta_0 + \beta_1 * d^2 + \beta_2 * (d^2 * h) + \beta_3 * (d * h^2) + \beta_4 * h^2$
7	Stoate	$v = \beta_0 + \beta_1 * d^2 + \beta_2 * h + \beta_3 * (d^2 h)$

Em que: Ln= logaritmo natural; v= volume; d= diâmetro; h= altura; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub> e b<sub>5</sub>= coeficientes a serem estimados.

A partir dos pares de altura e diâmetro obtidos na cubagem, foi possível o ajuste dos modelos hipsométricos para estimar a altura das demais árvores do povoamento. Os modelos de relação hipsométrica testados constam na Tabela 3 (OLIVEIRA, 2014; SOUSA et al.,2013; ROSSI et al., 2011):

**Tabela 3.** Modelos de relação hipsométrica.

Nº	Autor	Modelo
1	Stoffells	$\ln(h) = b_0 + b_1 * \ln(d)$
2	Curtis	$\ln(h) = b_0 + b_1 * 1/d$
3	Henricksen	$h = b_0 + b_1 * \ln(d)$
4	Prodan	$h = \left(\frac{d^2}{b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2}\right)^{1,3}$
5	Parabólico	$h = b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2$
6	Linha Reta	$h = b_0 + b_1 * d$
7	-	$h = b_0 + b_1 * 1/d$

Em que: Ln= logaritmo natural; h= altura; d= diâmetro; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub> e b<sub>2</sub>= coeficientes a serem estimados.

Para selecionar o melhor modelo, observaram-se os critérios estatísticos definidos pelo coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), erro padrão da estimativa em percentagem ( $S_{yx}\%$ ), valor de F e a análise gráfica dos resíduos. A discrepância logarítmica na estimativa da variável dependente devido a linearização aplicada ao modelo logarítmico, foi corrigida pelo fator de correção de Meyer (Fm), utilizando a seguinte fórmula:

$$Fm = e^{0,5 \cdot QM_{res}}$$

Onde:  $QM_{res}$  = quadrado médio dos resíduos; e = base do logaritmo natural (2,718281829...).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

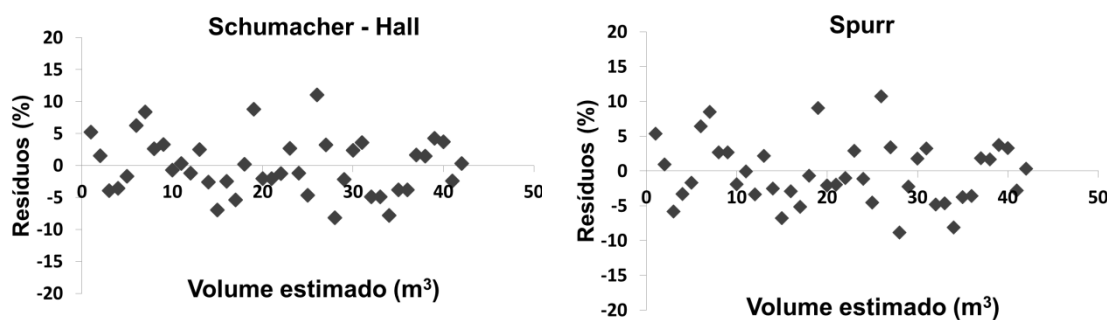
Na Tabela 4 observa-se que os modelos volumétricos apresentaram um coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) próximo, com ajuste em torno de 0,95, valores baixos para o erro padrão da estimativa ( $S_{yx}\%$ ), indicando pouca dispersão relativa entre os valores observados e estimados ao longo da linha de regressão, e estatística F significativa para todas as equações.

**Tabela 4.** Parâmetros estatísticos obtidos pelo ajuste dos modelos de volume em povoamento de *Tectona grandis*, localizado no município de Alta Floresta, MT.

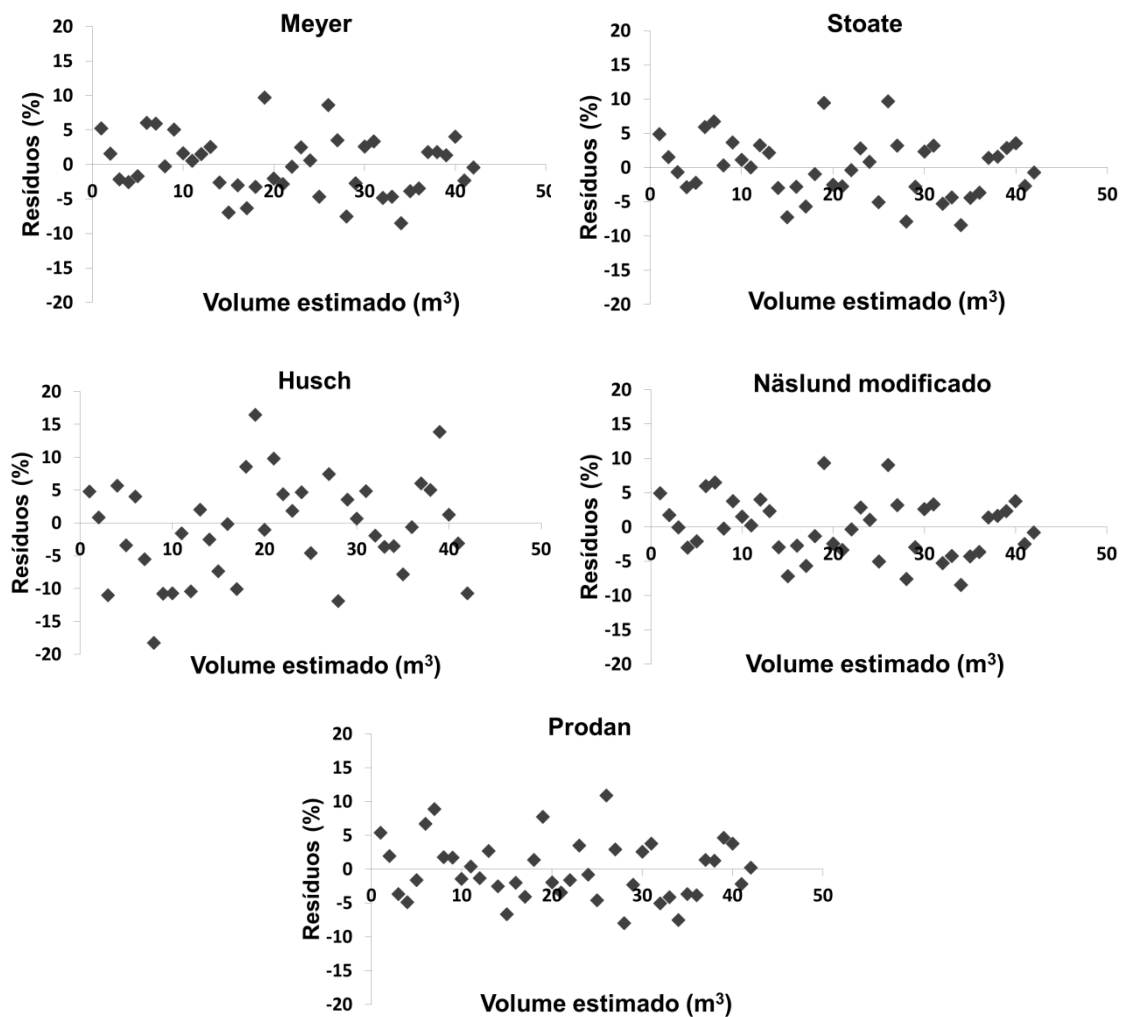
Nº	Coeficientes						$R^2_{aj}$	$S_{yx}\%$	F
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$			
1	-9,9536	1,9518	0,9799	-	-	-	0,981	14,39	1055,00
2	-7,9387	2,2595	-	-	-	-	0,936	26,31	602,68
3	-4,9861	3,5610	-0,2709	-3,9641	0,8305	-	0,980	14,64	509,94
4	0,0107	0,0000	-	-	-	-	0,979	4,86	1868,68
5	0,0990	-0,0285	0,0012	0,0008	-0,00001	0,0013	0,978	4,94	362,88
6	-0,0751	0,0004	0,00002	-0,000002	0,0002	-	0,979	4,86	468,52
7	-0,1169	0,0003	0,0062	0,00002	-	-	0,979	4,84	629,43

Em que:  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$  = erro padrão da estimativa em percentagem; F = F calculado pela regressão.

Na Figura 2 pode-se verificar o comportamento da distribuição dos resíduos, sendo observado pela análise gráfica que todos os modelos obtiveram uma distribuição homogênea dos resíduos e uma ausência de tendências nas estimativas das alturas, com amplitude de erro de  $\pm 11\%$ , exceto o modelo de Husch que teve uma tendenciosidade nas estimativas com uma amplitude de erro de  $\pm 21\%$ .



**Figura 2.** Gráficos dos resíduos em percentagem em função do volume em povoamento de *Tectona grandis* L. F. localizado no município de Alta Floresta, MT (continua...)



**Figura 2.** Gráficos dos resíduos em porcentagem em função do volume em povoamento de *Tectona grandis* L. F. localizado no município de Alta Floresta, MT.

Em relação aos ajustes (Tabela 4) e análise gráfica dos resíduos (Figura 2), podemos notar que os modelos de Schumacher-Hall e Prodan apresentaram resultados semelhantes, sendo o modelo de Schumacher-Hall o mais adequado para descrever o volume, por apresentar ajuste satisfatório, baixo erro padrão da estimativa e distribuição homogênea ao longo do eixo do volume estimado, atendendo os critérios exigidos para seleção da equação.

Resultados semelhantes foram encontrados nos trabalhos de Azevedo (2009) testando modelos de volume em um plantio de *Eucalyptus* sp. em Ibura, SE. Trabalhos como o de Drescher (2004), Silva (2012) e Vendruscolo et al. (2014) confirmam o modelo de Schumacher-Hall como o mais adequado para estimar o volume da Teca no Mato Grosso.

Na Tabela 5 podemos observar os resultados do ajuste das equações hipsométricas para os valores dos coeficientes ( $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão de estimativa ( $S_{yx}^0$ ) e a estatística F.

**Tabela 5.** Modelos, coeficientes e estatísticas para relação hipsométrica.

Modelo	Autor	Coeficientes			R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	S <sub>yx</sub> (%)	F
		b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>			
1	Stoffels	1,8764	0,3794	-	0,510	2,46	40,67
2	Curtis	3,3892	-7,4527	-	0,505	0,26	41,75
3	Prodan	-1,6049	0,5848	0,0273	0,949	5,43	375,20
4	Henricksen	-2,2561	7,5626	-	0,497	5,22	40,53
5	Parábola	8,4018	0,8173	-0,0108	0,482	5,30	19,58
6	Linha Reta	12,7903	0,3767	-	0,490	5,25	39,46
7	-	0,1824	0,9288	-	0,507	0,03	42,06

Em que: R<sup>2</sup><sub>aj</sub>= coeficiente de determinação ajustado; S<sub>yx</sub>%= erro padrão da estimativa em porcentagem; F= F calculado pela regressão.

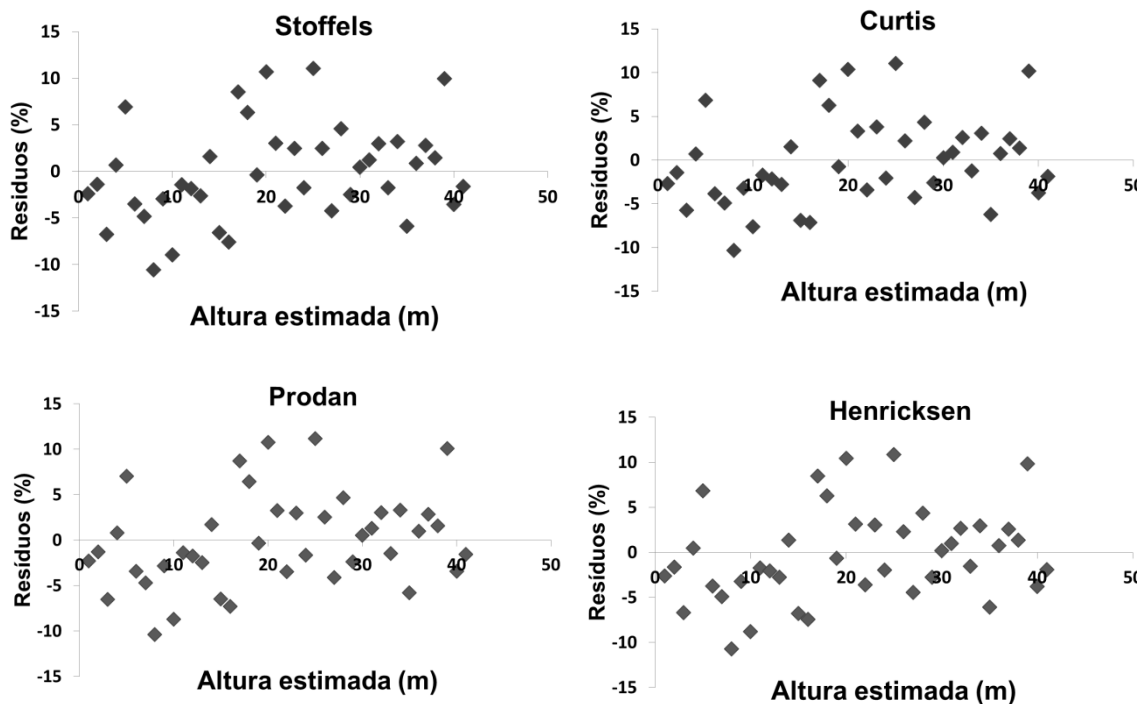
Dentre os modelos testados, o que obteve o melhor coeficiente de determinação ajustado foi o modelo de Prodan com 0,949, sendo que os demais modelos apresentaram uma R<sup>2</sup><sub>aj</sub> em torno de 0,5.

Quanto ao erro padrão (S<sub>yx</sub>%) os modelos variaram de 0,03 a 5,30, sendo que o modelo de 7 apresentou o menor valor com 0,03.

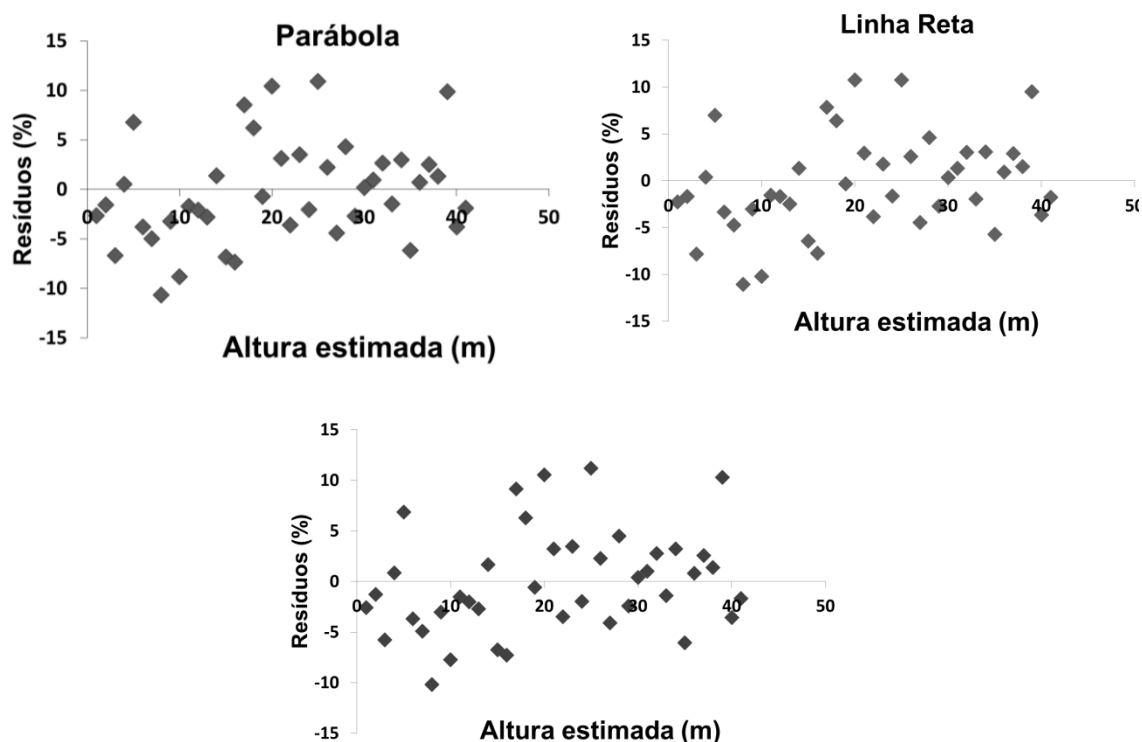
Considerando à estatística F, este parâmetro foi significativo para todos os modelos, destacando-se o modelo de Prodan, indicando que há evidências que as variáveis independentes explicam a variável dependente.

É interessante ressaltar que o comportamento dos critérios R<sup>2</sup><sub>aj</sub> e S<sub>yx</sub>% foram parecidos com os observados por Barros et al. (2002), que constataram uma baixa correlação entre diâmetro e altura, o que resulta em baixos valores para o coeficiente de determinação e também os menores desempenhos do erro padrão residual. Segundo o autor isso ocorre devido à homogeneização das alturas, ou seja, árvores com diferentes diâmetros apresentaram as mesmas alturas, em virtude da prática de desbastes, que acabam por descaracterizar a relação hipsométrica.

Na Figura 3 pode-se verificar o comportamento da distribuição dos resíduos, sendo observada uma dispersão homogênea dos resíduos e uma ausência de tendências nas estimativas das alturas, os resíduos tiveram uma amplitude de erro de ±11%.



**Figura 3** - Gráficos dos resíduos em porcentagem em função da altura estimada em povoamento de *Tectona grandis* L. f. localizado no município de Alta Floresta – MT (continua...)



**Figura 3** - Gráficos dos resíduos em porcentagem em função da altura estimada em povoamento de *Tectona grandis* L. f. localizado no município de Alta Floresta - MT.

Em relação ao ajuste das equações altura-diâmetro, os resultados (Tabela 5 e Figura 3) apontam que o modelo de Prodan foi o mais adequado para estimar a altura, com maior coeficiente de determinação ( $R^2_{aj.} = 0,949$ ), erro padrão de estimativa de 5,43% e uma distribuição homogênea dos resíduos.

Os resultados do presente estudo corroboram com os trabalhos de Oliveira (2014) em um povoamento de *Tectona grandis* no Mato grosso e Sousa et al. (2013), que avaliaram modelos de relação hipsométrica em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. Silva (2012) em um estudo de crescimento e produção de um povoamento florestal de *Tectona grandis* testou modelos para a relação hipsométrica e considerou o modelo de Prodan como o mais adequado para gerar estimativas da relação hipsométricas.

#### 4. CONCLUSÕES

Para a equação hipsométrica, o melhor ajuste aos dados do povoamento de *Tectona grandis* L. f. no município de Alta Floresta, foi obtido com o modelo de Prodan;

Quanto à equação de volume, o que apresentou melhor ajuste foi o modelo de Schumacher – Hall.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AZEVEDO, T.L. **Ajuste de equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus sp.*, localizado na floresta nacional do Ibura, Sergipe.** 2009. 38f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão – SE.
- BARROS, D.A. de; MACHADO, S.A.; ACERBI JUNIOR, F.W.; SCOLFORO, J.R.S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.45, p. 3-28, 2002.
- BARTOSZECK, A.P.S.; MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E.B.A. Dinâmica da distribuição hipsométrica em função da idades, do sítios e densidades inicial de povoamentos de Bracatinga da região metropolitana de Curitiba, PR. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.4, p. 517-533, 2004.



- CAMINO, R.; MORALES, J.P. Las plantaciones de teca em América Latina: mitos y realidades. **CATIE - Informe Técnico**, Turrialba, n° 397, 392p., 2013.
- COLPINI, C.; TRAVAGIN, D.P.; SOARES, T.S.; SILVA, V.S.M. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazônica**, Manaus, vol. 39, p. 97-104, 2009.
- DRESCHER, R. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* Linn F., em povoamentos jovens de duas regiões do Estado de Mato Grosso**. 2004. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.
- DRESCHER, R.; GAVA, F.H.; PELISSARI, A.L.; ACOSTA, F.C.; SILVA, V.S.M. Equações volumétricas para *Tectona grandis* Linn F. em povoamentos jovens no estado de Mato Grosso. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 1, n. 2, p. 65-70, 2014.
- FIGUEIREDO, E.O.; OLIVEIRA, A.D.; SCOLFORO, J.R.S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L. f. na microrregião do baixo rio Acre. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-353, 2005.
- FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFMS, CEPAP – ATEC, 1992. 269p.
- FLÓREZ, J.B. Caracterização tecnológica da madeira jovem de teca (*Tectona grandis* L. f.). 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade de Federal de Lavras, MG.
- GOMES, A.M.A. **Medição de arvoredos**. Lisboa: Livraria Sá da Costa. 1957. 413p.
- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**, 2° ed., New York: Ronald Press, 1972. 409 p.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Berlim: Eschborn. GTZ. 1990. 343p.
- MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 316p.
- MACHADO, S.A.; CONCEIÇÃO, M.B.; FIGUEIREDO FILHO, A. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. Guarapuava. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. v.4, n.2, p.41- 50. 2002.
- OLIVEIRA, B.R. de. **Determinação do volume de cerne produzido em árvores de *Tectona grandis* L. f. em Mato Grosso**. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.
- PELISSARI, A.L.; GUIMARÃES, P.P.; BEHLING, A.; EBLING, A.A. Cultivo da teca: características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 1, n. 01, p. 127-145, 2014.
- ROSSI, A.S.; DRESCHER, R.; PELISSARI, A.L.; LANSANOVA, L.R. Relação hipsométrica e crescimento de *Tectona grandis* L. f. no município de Monte Dourado, Pará. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 301-307, 2011.
- SILVA, F.R. **Crescimento e Produção de *Tectona grandis* L. f. em um plantio no município de Alta Floresta, Mato Grosso**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT.
- SCHUHLLI, G.S.; PALUDZYSZYN FILHO, E. O cenário da silvicultura de teca e perspectivas para o melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 217–230, 2010.
- SHIMIZU, J.Y.; KLEIN, H.; OLIVEIRA, J.R.V. **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso**. Cuiabá: Central de Texto, 2007. 63p.
- SOUSA, G.T.O.; AZEVEDO, G.B.; BARRETO, P.A.B.; JÚNIOR, V.C. Relação hipsométrica para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. **Revista Scientia Plena**, v. 9, n. 4. 2013.
- VENDRUSCOLO, D.G.S.; SILVA, R.S.; SOUZA, H.S.; CHAVES, A.G.S.; MOTTA, A.S. Modelos volumétricos para teca em diferentes espaçamentos em Cáceres, Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 1333-1341, 2014.
- ZAPPI, D. C.; SASAKI, D.; MILLIKEN, W.; IVA, J.; HENICKA, G. S.; BIGGS, N. e FRISBY, S. Plantas vasculares da região do Parque Estadual Cristalino, Norte de Mato Grosso, Brasil. **Acta Amazônica**, v.41, p. 29-38, 2011.