

**Determinação de fator de forma artificial para  
*Tectona grandis* Linn F. em povoamento equiâneo  
situado em Monte Dourado, estado do Pará, Brasil**

***Artificial form factor determination to *Tectona  
grandis* Linn F. for same age population situated in  
Monte Dourado, Pará, Brazil***

Iohana Weber Both<sup>1</sup>  
Tatiane Gonçalves de Carvalho<sup>1</sup>  
Ronaldo Drescher<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia Florestal –  
Universidade Federal de Mato Grosso

<sup>2</sup> Prof. Dr. Faculdade de Engenharia Florestal –  
Universidade Federal de Mato Grosso

## RESUMO ABSTRACT

Fator de forma é uma característica que influencia na determinação de estimativas de volume em povoamentos florestais, variando conforme espécies, qualidade de sítio e intervenções silviculturais. Para determinar o fator de forma artificial da espécie *Tectona grandis* Linn F., de um povoamento situado em Monte Dourado, PA, foram testados neste estudo 16 modelos predeterminados. De acordo com a análise de regressão e os parâmetros estatísticos obtidos com eles, foi escolhido com base no coeficiente de determinação ( $R^2$  ajustado) e no erro padrão de estimativa (Syx%) o modelo

$$f_{1,3} = 0,284 + 1,836 \cdot \left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + 0,386 \cdot \left(\frac{d_{0,3} \cdot d_{0,7}}{d^2}\right),$$

onde  $f(1,3)$  = fator de forma artificial;  $d_{0,3}$ ,  $d_{0,5}$  e  $d_{0,7}$  = diâmetros relativos de Hohenadl, em centímetros;  $d$  = diâmetro a altura do peito (DAP), em centímetros, como o que melhor se ajustou à ocasião, apresentando erro padrão de estimativa 8,24%, e coeficiente de determinação ajustado de 0,788, sendo os diâmetros relativos de Hohenadl estimados pelas equações:

$$\ln(d_{0,3}) = 0,15306 - 0,78024 \cdot h \left(\frac{1}{d}\right) - 0,10561 \cdot h \left(\frac{1}{h}\right),$$

$$\ln(d_{0,5}) = -0,58373 \cdot h \left(\frac{1}{d}\right) - 0,27886 \cdot h \left(\frac{1}{h}\right) \quad e$$

$$\ln(d_{0,7}) = -0,56958 \cdot h \left(\frac{1}{d}\right) - 0,10823 \cdot h \left(\frac{1}{h}\right) \quad A$$

tabela de fator de forma abrangeu um amplitude de 0,35069 a 0,8173.

Form factor is a characteristic that exerts influences about determining volume estimates in forest stands, varying according species, site quality and silvicultural intervention. To determine the artificial form factor of *Tectona grandis* Linn F., of a stand located in Monte Dourado, PA (Brazil), were tested in this work 16 models predeterminated. According the regression analysis and the statistical parameters obtained, was chosen the following model:

$$f_{1,3} = 0,284 + 1,836 \cdot \left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + 0,386 \cdot \left(\frac{d_{0,3} \cdot d_{0,7}}{d^2}\right),$$

where  $f(1,3)$  = artificial form factor;  $d_{0,3}$ ,  $d_{0,5}$  and  $d_{0,7}$  = relatives diameters of Hohenadl, in centimeters and  $d$  = breast height diameter in centimeters, which was the best model adjusted to the occasion, showing estimated standard error of 8,24% and coefficient of determination ajusted equivalent to 0,788. The Hohenadl relatives diameters were estimated by the following equations:

$$\ln(d_{0,3}) = 0,15306 - 0,78024 \cdot h \left(\frac{1}{d}\right) - 0,10561 \cdot h \left(\frac{1}{h}\right),$$

$$\ln(d_{0,5}) = -0,58373 \cdot h \left(\frac{1}{d}\right) - 0,27886 \cdot h \left(\frac{1}{h}\right) \quad e$$

$$\ln(d_{0,7}) = -0,56958 \cdot h \left(\frac{1}{d}\right) - 0,10823 \cdot h \left(\frac{1}{h}\right) \quad A$$

The form factor table covered an amplitude from 0,35069 to 0,8173.

### PALAVRAS-CHAVE

teca  
*tectona grandis*  
Mato Grosso

### KEY WORDS

teak  
*tectona grandis*  
Mato Grosso

## INTRODUÇÃO

A essência florestal *Tectona grandis* Linn F., conhecida popularmente como Teca, é originária do território asiático e devido ao seu potencial econômico sua utilização vem sendo difundida no território brasileiro por grandes empresas reflorestadoras. No estado do Mato Grosso ela foi introduzida na década de 70 do séc. XX pela empresa Cáceres Florestal, atualmente o estado possui a maior área plantada de Teca do país. O conhecimento sobre o comportamento da Teca é limitado, porém o interesse científico sobre essa espécie exótica vem se expandindo gradualmente.

Quando se deseja avaliar a qualidade de uma determinada floresta plantada é importante que se façam levantamentos das variáveis de interesse. O volume é uma das variáveis mais importantes na qualificação do povoamento, e é muito difícil de ser estimado com precisão. Um dos fatores que torna a estimativa do incremento em volume tão complexa é a forma da árvore. É importante que os volumes das árvores sejam amostrados e determinados de forma mais rigorosa possível, para que, através desses dados, se estabeleça um padrão de fator de forma, que servirá para aplicação em inventários feitos posteriormente, permitindo-se analisar a o rendimento da floresta sem que esta seja derrubada, com um menor erro de amostragem. Fator de forma é uma conversão entre volume do cilindro e o volume real da árvore (FIGUEIREDO *et al.*, 2009).

Esse estudo visa desenvolver um modelo de fator de forma artificial adequado para a espécie em questão, a partir de dados obtidos em plantios no município de Monte Dourado no estado do Pará.

## 1 REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, onde espécies exóticas, como *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* são amplamente expandidas em reflorestamentos, a Teca tem se mostrado uma espécie altamente promissora, principalmente para a indústria madeireira, sendo apreciada por suas características anatômicas. Além disso, a *Tectona grandis* atinge incremento médio anual de 10 a 15 m<sup>3</sup>/ha e preços comerciais elevados, girando em torno de US\$ 400,00 a 3000,00 o metro cúbico, dependendo da qualidade da madeira (ANGELI; STAP – IPEF, 2003).

Segundo experimento realizado por Macedo *et al.* (2005) a teca apresentou um desenvolvimento mais satisfatório quando implantada com espaçamento inicial de 3x2m, e os fatores que limitaram o desenvolvimento inicial da espécie foram a irregularidade e pequenos volumes chuvas e a compactação do solo do local do experimento.

A Teca possui uma madeira de excelente qualidade, beleza, durabilidade e resistência. Tem sido muito utilizada na produção de móveis, esquadrias de luxo embarcações e decoração. A madeira dessa espécie possui grande procura do mercado internacional, e os seus preços algumas vezes podem superar o do mogno em até três vezes (MACEDO *et al.*, 2005).

Para estimar o volume de madeira das florestas plantadas, utiliza-se o fator de forma da árvore em relação a determinado sítio com o objetivo de corrigir o volume estimado da árvore e aumentar a precisão da estimativa. Silva (1977 *apud* SOUZA *et al.*, 2008) relata o fator de forma como a terceira variável mais importante na obtenção do volume com maior precisão. O fator de forma se diferencia entre espécie e por grupos de espécies, de acordo com suas características. Esse fator trata da razão entre volume real da árvore e o volume do cilindro de referência, sendo a área transversal igual à área basal da árvore no nível do DAP e com altura equivalente à altura total da árvore. Podemos também estimar o fator de forma comercial, que corresponde à essa mesma relação, porém o volume do cilindro de referência refere-se à altura da árvore até a inserção da copa e o volume real da árvore também é calculado só até este ponto (DÜRLO; DENARDI, 1998).

O fator de forma é mais facilmente aplicado a florestas homogêneas, mas mesmo assim varia segundo a localidade, o clima, o solo, a topografia, características genéticas, idade e intervenção silvicultural exercida. Segundo Prodan *et al.* (1997 *apud* SOUZA *et al.*, 2008), fatores como espécie, idade e densidade do povoamento, qualidade do sítio, são de difícil determinação e comprovação, principalmente em florestas nativas. Por isso na prática para expressar a função de fator de forma são utilizados fatores mensuráveis como diâmetro, altura e tamanho da copa.

O fator de forma pode ser real ou verdadeiro, e falso ou artificial dependendo da altura utilizada na sua estimativa. Se a medida do diâmetro de referência for feita em altura relativa, o fator de forma será real ou

verdadeira, já se a medida do diâmetro for realizada a uma altura total, o fator de forma será falso ou artificial. O fator de forma artificial geralmente é mais utilizado devido a sua praticidade (DRESCHER *et al.* 2001).

Montagna *et al.* (1993) ao analisarem uma floresta de *Pinus elliottii* var. *elliottii* na estação experimental de Itapetininga – Instituto Florestal, SP verificaram que a desrama afeta significativamente o fator de forma das árvores com ênfase no fator de forma sem casca, além da conicidade dos fustes. Barros *et al.* (2002) confirmaram que o desbaste seletivo aplicado à uma população de *Pinus oocarpa* em Agudos, estado de São Paulo, descaracterizaram a relação hipsométrica da floresta (relação entre altura e diâmetro). Essa conclusão foi possível ao analisar o  $R^2$  em análise de regressão, onde verificou-se que o  $R^2$  diminuiu gradativamente à medida que se aumentou o número de desbastes realizados.

A análise de regressão é uma alternativa muito útil para que sejam ajustados modelos em relação às variáveis florestais, como equações para estimar altura, volume ou fator de forma, servindo para aumentar a precisão de estimativa. Por meio da análise de regressão de vários modelos, escolhe-se o melhor com base no  $R^2$  ajustado, cuja proximidade de 1 revela bom ajuste do modelo com relação à variância, e no menor  $S_{xy}\%$  (erro padrão). O modelo que melhor satisfizer ambas as situações é o mais adequado.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O dados utilizados nesse trabalho são provenientes de florestas equiâneas de *Tectona grandis* situadas no município de Monte Dourado, PA.

A área onde dos dados foram coletados caracteriza-se segundo Coutinho e Pires (1997) como a bacia do Jari, composta por três unidades de relevo: Planície Amazônica, Serra da Maracanaquara (entre 400 e 600 m de altitude) pertencente ao planalto da Bacia Sedimentar da Amazônia e Planalto Rebaixado do Amazonas ou Baixo Planalto Amazônico que situa-se ao nível do Pediplano Pleistocênico (até 200 m de altitude). Ainda segundo o mesmo autor os solos podem ser caracterizados em geral como LATOSSOLOS amarelos e solos podzólicos vermelho-amarelos, na sua maioria com caráter álico, ocorrendo eventualmente solos de terra roxa estruturada, CAMBISSOLOS e PLINTOSSOLOS. O clima é

caracterizado por uma estação chuvosa (entre os meses de janeiro e julho) e outra estação seca (de agosto a dezembro). Segundo a classificação de Köpen o clima é do tipo Amw, quente e úmido, com média anual de precipitação muito elevada, e temperatura média superior a 25°C.

A vegetação se caracteriza basicamente ser multiestratificada composta por Floresta Ombrófila Densa de Terras baixas Submontana e Montana, área com influência fluvial (Matas de Várzea e Matas de Igapós), Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas Submontana com cipós e Submontana com palmeiras, conforme discorrido no Relatório de Avaliação do Manejo Florestal das Plantações da Jari Celulose S.A. (2009).

Para a realização dos estudos utilizaram-se dados originários de parcelas temporárias obtidos em povoamentos de 1, 2, 3, 4, 5 anos e análise de tronco obtidos em povoamentos de 26 anos de idade, tendo como objetivo obter os parâmetros dendrométricos do plantio.

Os povoamentos de teca foram plantados de forma homogênea, com espaçamento 3 x 2 e 3 x 3. Receberam tratamentos de correção de solo, aeração com subsolador, adubação na de 4-14-8, 100g por cova. Foi realizado também a desrama de limpeza e capina mecânica. O plantio de 26 anos não recebeu tratamento silvicultural e foi plantado consorciado com *Gmelina aborea*, espaçamento de 6 x 2 m. Uma linha de teca e uma de gmelina.

O método de amostragem utilizado na obtenção dos dados foi aleatório e estratificado por idade. As parcelas foram instaladas de modo que todas as idades fossem amostradas. Para cada idade, foram determinados o diâmetro de área basal média, a altura média, o número de árvores por hectare e a altura dominante.

As parcelas temporária empregadas possuem forma retangular de 30 x 20m. As medição das circunferências foram realizadas utilizando uma fita dendrométrica com precisão de 0,5 cm, sendo realizado a transformação para diâmetro pela fórmula  $dap = \frac{Cap}{\pi}$ . Para mediar as alturas, foi utilizado o hipsômetro eletrônico (Vertex).

O processamento dos dados, a análise de regressão, a classificação, o ordenamento e a plotagem dos gráficos foram realizados no programa Excel, da Microsoft Office.

Para verificação do fator de forma, o banco de dados foi submetido ao teste de 16 modelos matemáticos pré-selecionados, conforme tabela 1.

**Tabela 1 - Modelos de fator de forma testados.**

Número	Modelo
1	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right)$
2	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right)$
3	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right) + b_3 \cdot \ln\left(\frac{1}{h \cdot d}\right)$
4	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,1}}{d^2}\right) + b_3 \cdot \ln(d_{0,5} \cdot d_{0,1})$
5	$\ln(f_{1,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,7}}{d^2}\right)$
6	$\ln(f_{1,3}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,7}}{d^2}\right)$
7	$f_{1,3} = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right)$
8	$f_{1,3} = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{d_{0,5}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \left(\frac{d_{0,3} \cdot d_{0,7}}{d^2}\right)$
9	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)$
10	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left(\frac{h}{d}\right) + b_2 \cdot \left(\frac{1}{h}\right)$
11	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left(\frac{h}{d}\right) + b_2 \cdot \left(\frac{1}{h}\right) + b_3 \cdot d_{0,7}$
12	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left(\frac{d_{0,1}}{d}\right)$
13	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left(\frac{d_{0,1}}{d}\right) + b_2 \cdot \left(\frac{d_{0,3} \cdot d_{0,5}}{d}\right)$
14	$f_{1,3} = b_1 \cdot \left(\frac{d_{0,1}}{d}\right) + b_2 \cdot \left(\frac{d_{0,3} \cdot d_{0,5}}{d}\right) + b_3 \cdot d_{0,5}$
15	$\ln(f_{1,3}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,7}}{d^2}\right)$
16	$\ln(f_{1,3}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{d_{0,7}}{d^2}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{h}{d}\right)$

Onde: h = altura total em metros; d = diâmetro a 1,3 m do nível médio do solo;  $d_{0,i}$  = diâmetro relativo de Hohenadl em centímetros.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística para os modelos apresentados na Tabela 1 foram relacionados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Coeficientes e estatísticas dos modelos de fator de forma artificial.

Modelo	b0	b1	b2	b3	R <sup>2</sup> ajus	Syx%	F	Prob>f
1	0,126959	0,255868			0,6684	21,088	468,769	0,00
2	0,092338	0,356006	-0,12743		0,6767	20,826	243,769	0,00
3	0,068709	0,352061	-0,10081	-0,01575	0,6754	20,867	161,890	0,00
4	-0,32939	-0,00776	0,921842	0,419139	0,7397	18,687	220,737	0,00
5	0,150752	0,174576	0,076934		0,6775	20,800	244,638	0,00
6		0,156102	0,057605		0,9820	21,283	8353,506	0,00
7	0,347005	3,49718			0,6530	10,544	437,536	0,00
8	0,283593	1,836576	0,386228		0,7883	8,236	432,917	0,00
9		0,605663			0,9582	19,686	5972,086	0,00
10		0,331273	3,158443		0,9736	15,102	5155,609	0,00
11		0,252351	2,718138	0,011186	0,9829	11,485	5999,035	0,00
12		0,462528			0,9743	14,864	10650,58	0,00
13		0,504693	-0,00382		0,9749	14,640	5491,608	0,00
14		0,506895	0,03665	-0,03187	0,9857	10,149	7704,011	0,00
15		0,194181			0,9806	22,286	15215,72	0,00
16		0,188387	0,065338		0,9808	22,150	7703,065	0,00

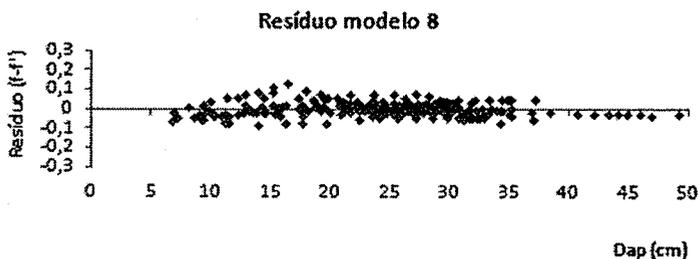
Os modelos testados apresentaram grande variação de erro padrão de estimativa relativo (Syx%) oscilando entre 8,236% a 22,286%, e coeficiente de determinação ajustado variando (R<sup>2</sup>ajus) de 0,6530 a 0,9857.

Os modelos que não apresentaram o coeficiente b0 e os que são calculados utilizando logaritmo neperiano (LN) não apresentaram resultados muito satisfatórios, sendo que nenhum desses modelos foram selecionados entre os melhores ajustados para esse trabalho.

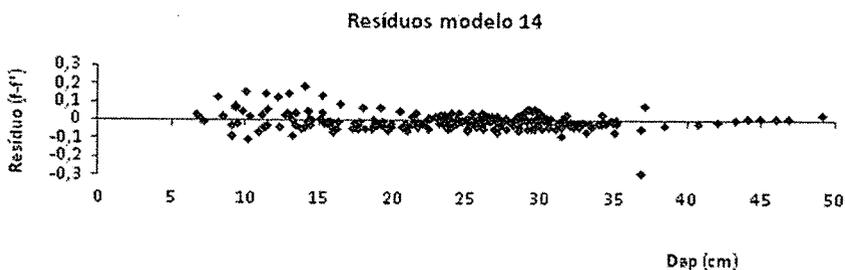
Os resultados mais adequados foram obtidos pelos modelos 8 e 14, que apresentaram menor erro padrão, 8,24% e 10,15% respectivamente. O modelo 14 apresentou maior coeficiente de determinação (0,986) que o modelo 8 (0,788).

Ao analisar os gráficos de dispersão residual (gráficos 1 e 2) verificou-se que o modelo 8 apresentou melhor ajuste que o modelo 14, apesar de seu R<sup>2</sup>ajus ser inferior. Pelo gráfico do resíduo do modelo

14 pode-se observar uma forte tendência nos maiores diâmetros, que exclui a utilização desse modelo.



**Gráfico 1 - Resíduo modelo 8.**



**Gráfico 2 - Resíduo modelo 14.**

Dessa forma o modelo selecionado para determinação do fator de forma artificial foi o 8, expresso por:

$$f_{1,3} = b_0 + b_1 \cdot \left( \frac{d_{0,5}}{d^2} \right) + b_2 \cdot \left( \frac{d_{0,3} \cdot d_{0,7}}{d^2} \right)$$

Onde:  $f$  = fator de forma artificial;  $d_{0,3}$ ,  $d_{0,5}$  e  $d_{0,7}$  = diâmetros relativos de Hohenadl, em centímetros;  $d$  = diâmetro a altura do peito (DAP), em centímetros.

Os diâmetros relativos de Hohenadl,  $d_{0,3}$ ,  $d_{0,5}$  e  $d_{0,7}$  foram estimados indiretamente pelas equações apresentadas nas tabelas 3, 4 e 5.

**Tabela 3 - Coeficientes e estatística para os modelos de  $d_{0,3}$ .**

N.	Modelo	b0	b1	b2	Syx%	R <sup>2</sup> aj.	F
1	$\ln(d_{0,3}) = b_0 + b_1 \cdot d + b_2(h \cdot d)$	1,9488	0,0380	0,0001	4,14	0,879	842,71
2	$\ln(d_{0,3}) = b_1 \cdot d + b_2(h \cdot d)$		0,2090	-0,0054	16,81	0,972	4062,27
3	$\ln(d_{0,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$		0,2746	-0,8349	2,76	0,946	4067,31
4	$\ln(d_{0,3}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$		-0,9216		3,02	0,999	259232
5	$\ln(d_{0,3}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right)$		-0,7648	-0,1778	2,76	0,999	154642
6	$\ln(d_{0,3}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right)$	0,1530	-0,7802	-0,1056	2,73	0,948	2095

**Tabela 4 - Coeficientes e estatística para os modelos de  $d_{0,5}$ .**

N.	Modelo	b0	b1	b2	Syx%	R <sup>2</sup> aj.	F
1	$\ln(d_{0,5}) = b_0 + b_1 \cdot d + b_2(h \cdot d)$	1,8587	0,0243	0,0003	7,04	0,690	259,46
2	$\ln(d_{0,5}) = b_1 \cdot d + b_2(h \cdot d)$		0,1873	-0,0048	18,63	0,966	3291,72
3	$\ln(d_{0,5}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$		0,3244	-0,7271	24,95	0,785	845,43
4	$\ln(d_{0,5}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$		-0,8295		6,07	0,996	63937,70
5	$\ln(d_{0,5}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right)$		0,5837	-0,2788	5,69	0,997	36342,30
6	$\ln(d_{0,5}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right)$	0,0073	-0,5844	-0,2754	5,71	0,796	454,58

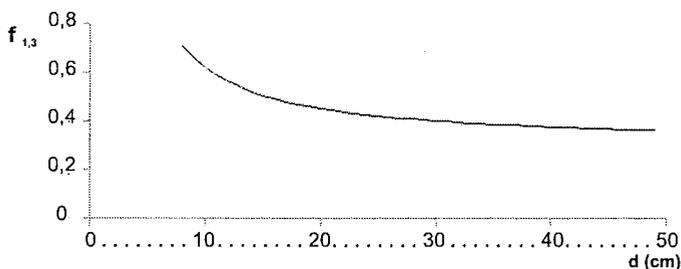
**Tabela 5 - Coeficientes e estatística para os modelos de  $d_{0,7}$ .**

N.	Modelo	b0	b1	b2	Syx%	R <sup>2</sup> aj.	F
1	$\ln(d_{0,7}) = b_0 + b_1 \cdot d + b_2(h \cdot d)$	1,3925	0,0301	-0,0001	12,05	0,455	97,88
2	$\ln(d_{0,7}) = b_1 \cdot d + b_2(h \cdot d)$		0,1523	-0,0040	20,13	0,961	2835,51
3	$\ln(d_{0,7}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$		0,1685	-0,6118	11,33	0,518	250,66
4	$\ln(d_{0,7}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right)$		-0,6649		11,35	0,987	18325,20
5	$\ln(d_{0,7}) = b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right)$		-0,5695	-0,1082	11,33	0,988	9200,55
6	$\ln(d_{0,7}) = b_0 + b_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) + b_2 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right)$	0,0962	-0,5792	-0,0628	11,34	0,517	125,10

Para estimar  $d_{0,5}$  e  $d_{0,7}$  foi selecionado o modelo 5, expresso por  $\ln(d_{0,7}) = b_1 \cdot \ln(1/d) + b_2 \cdot \ln(1/h)$ , que apresentou os melhores parâmetros estatísticos, sendo  $Syx\%$  de 5,97% e  $R^2_{ajus}$  de 0,997 para  $d_{0,5}$  e para  $d_{0,7}$   $Syx\%$  de 11,33% e  $R^2_{ajus}$  igual a 0,988. Esse mesmo modelo foi selecionado por Drescher *et al.* (2010) para estimar os  $d_{0,5}$  para Teca jovem no Mato Grosso. Para  $d_{0,3}$  o melhor modelo foi o 6, apresentando  $Syx\%$  igual a 2,73% e  $R^2_{ajus}$  de 0,948.

Com base no modelo selecionado para estimar fator de forma artificial e das equações de diâmetros relativos de Hohenadl, determinou-se o fator de forma artificial para *Tectona grandis* para Monte Dourado, estado do Pará, em função do diâmetro e altura (tabela 6).

Analisando a Tabela 6, observa-se que árvores com diâmetros superiores a 7 cm possuem fatores de forma menores que 0,82, diminuindo conforme aumento do diâmetro e tornando-se praticamente constante nos maiores, essa tendência pode ser observada no gráfico 3. Tal comportamento já foi observado para povoamentos de Teca na região de Cáceres, Mato Grosso, por Higuchi (1979 *apud* DRESCHER *et al.*, 2010).



**Gráfico 3** - Relação do fator de forma com o diâmetro.

Tabela 6 - Tabela de fator de forma artificial para *Tectona grandis*.

Cap (cm)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
7	0,66983	0,67902	0,70022	0,71022	0,7225	0,7381	0,7521	0,7658	0,7766	0,7856	0,7926	0,7973	0,7999	0,8009	0,8017	0,8022	0,8025	0,8027
8	0,6653	0,6678	0,6702	0,6737	0,6686	0,6745	0,6821	0,6925	0,7056	0,7212	0,7396	0,7603	0,7836	0,8097	0,8382	0,8682	0,8995	0,9319
9	0,5878	0,59722	0,6070	0,6155	0,6233	0,6306	0,6374	0,6439	0,6501	0,6559	0,6615	0,6668	0,6719	0,6768	0,6815	0,6861	0,6905	0,6948
10	0,5575	0,5665	0,5747	0,5822	0,5892	0,5958	0,6019	0,6077	0,6132	0,6184	0,6234	0,6282	0,6327	0,6371	0,6413	0,6454	0,6494	0,6532
11	0,5320	0,5412	0,5496	0,5574	0,5648	0,5718	0,5783	0,5845	0,5903	0,5958	0,6011	0,6062	0,6112	0,6160	0,6207	0,6253	0,6299	0,6344
12	0,5128	0,5203	0,5271	0,5334	0,5392	0,5446	0,5497	0,5545	0,5593	0,5639	0,5684	0,5728	0,5771	0,5814	0,5856	0,5897	0,5939	0,5981
13	0,4959	0,5028	0,5091	0,5149	0,5202	0,5252	0,5299	0,5344	0,5388	0,5432	0,5475	0,5518	0,5560	0,5602	0,5644	0,5685	0,5727	0,5769
14	0,4815	0,4879	0,4938	0,4991	0,5041	0,5089	0,5137	0,5181	0,5224	0,5266	0,5308	0,5349	0,5390	0,5431	0,5472	0,5513	0,5554	0,5595
15	0,4691	0,4751	0,4806	0,4856	0,4902	0,4946	0,4988	0,5029	0,5069	0,5108	0,5147	0,5185	0,5223	0,5261	0,5298	0,5335	0,5372	0,5409
16	0,4584	0,4640	0,4691	0,4738	0,4782	0,4824	0,4865	0,4904	0,4942	0,4979	0,5016	0,5053	0,5089	0,5125	0,5161	0,5197	0,5233	0,5269
17	0,4498	0,4542	0,4583	0,4621	0,4657	0,4692	0,4726	0,4759	0,4791	0,4823	0,4854	0,4885	0,4916	0,4946	0,4976	0,5005	0,5034	0,5063
18	0,4433	0,4468	0,4501	0,4532	0,4562	0,4591	0,4619	0,4646	0,4672	0,4698	0,4724	0,4749	0,4774	0,4799	0,4824	0,4849	0,4874	0,4899
19	0,4383	0,4418	0,4441	0,4461	0,4479	0,4495	0,4511	0,4526	0,4541	0,4556	0,4571	0,4586	0,4601	0,4616	0,4631	0,4646	0,4661	0,4676
20	0,4343	0,4368	0,4388	0,4406	0,4422	0,4438	0,4454	0,4469	0,4484	0,4499	0,4514	0,4529	0,4544	0,4559	0,4574	0,4589	0,4604	0,4619
21	0,4312	0,4328	0,4345	0,4361	0,4376	0,4391	0,4406	0,4421	0,4436	0,4451	0,4466	0,4481	0,4496	0,4511	0,4526	0,4541	0,4556	0,4571
22	0,4287	0,4298	0,4312	0,4326	0,4339	0,4352	0,4365	0,4378	0,4391	0,4404	0,4417	0,4430	0,4443	0,4456	0,4469	0,4482	0,4495	0,4508
23	0,4269	0,4278	0,4285	0,4292	0,4299	0,4306	0,4313	0,4319	0,4326	0,4333	0,4339	0,4346	0,4353	0,4360	0,4367	0,4374	0,4381	0,4388
24	0,4251	0,4259	0,4265	0,4271	0,4276	0,4282	0,4287	0,4293	0,4298	0,4304	0,4309	0,4315	0,4321	0,4327	0,4333	0,4339	0,4345	0,4351
25	0,4233	0,4239	0,4245	0,4250	0,4256	0,4261	0,4267	0,4272	0,4278	0,4283	0,4289	0,4294	0,4300	0,4305	0,4311	0,4317	0,4323	0,4329
26	0,4216	0,4221	0,4226	0,4231	0,4236	0,4241	0,4246	0,4251	0,4256	0,4261	0,4266	0,4271	0,4276	0,4281	0,4286	0,4291	0,4296	0,4301
27	0,4200	0,4204	0,4208	0,4212	0,4216	0,4220	0,4224	0,4228	0,4232	0,4236	0,4240	0,4244	0,4248	0,4252	0,4256	0,4260	0,4264	0,4268
28	0,4185	0,4188	0,4191	0,4194	0,4197	0,4200	0,4203	0,4206	0,4209	0,4212	0,4215	0,4218	0,4221	0,4224	0,4227	0,4230	0,4233	0,4236
29	0,4170	0,4173	0,4176	0,4179	0,4182	0,4185	0,4188	0,4191	0,4194	0,4197	0,4200	0,4203	0,4206	0,4209	0,4212	0,4215	0,4218	0,4221
30	0,4155	0,4158	0,4161	0,4164	0,4167	0,4170	0,4173	0,4176	0,4179	0,4182	0,4185	0,4188	0,4191	0,4194	0,4197	0,4200	0,4203	0,4206
31	0,4140	0,4143	0,4146	0,4149	0,4152	0,4155	0,4158	0,4161	0,4164	0,4167	0,4170	0,4173	0,4176	0,4179	0,4182	0,4185	0,4188	0,4191
32	0,4125	0,4128	0,4131	0,4134	0,4137	0,4140	0,4143	0,4146	0,4149	0,4152	0,4155	0,4158	0,4161	0,4164	0,4167	0,4170	0,4173	0,4176
33	0,4110	0,4113	0,4116	0,4119	0,4122	0,4125	0,4128	0,4131	0,4134	0,4137	0,4140	0,4143	0,4146	0,4149	0,4152	0,4155	0,4158	0,4161
34	0,4095	0,4098	0,4101	0,4104	0,4107	0,4110	0,4113	0,4116	0,4119	0,4122	0,4125	0,4128	0,4131	0,4134	0,4137	0,4140	0,4143	0,4146
35	0,4080	0,4083	0,4086	0,4089	0,4092	0,4095	0,4098	0,4101	0,4104	0,4107	0,4110	0,4113	0,4116	0,4119	0,4122	0,4125	0,4128	0,4131
36	0,4065	0,4068	0,4071	0,4074	0,4077	0,4080	0,4083	0,4086	0,4089	0,4092	0,4095	0,4098	0,4101	0,4104	0,4107	0,4110	0,4113	0,4116
37	0,4050	0,4053	0,4056	0,4059	0,4062	0,4065	0,4068	0,4071	0,4074	0,4077	0,4080	0,4083	0,4086	0,4089	0,4092	0,4095	0,4098	0,4101
38	0,4035	0,4038	0,4041	0,4044	0,4047	0,4050	0,4053	0,4056	0,4059	0,4062	0,4065	0,4068	0,4071	0,4074	0,4077	0,4080	0,4083	0,4086
39	0,4020	0,4023	0,4026	0,4029	0,4032	0,4035	0,4038	0,4041	0,4044	0,4047	0,4050	0,4053	0,4056	0,4059	0,4062	0,4065	0,4068	0,4071
40	0,4005	0,4008	0,4011	0,4014	0,4017	0,4020	0,4023	0,4026	0,4029	0,4032	0,4035	0,4038	0,4041	0,4044	0,4047	0,4050	0,4053	0,4056
41	0,3990	0,3993	0,3996	0,3999	0,4002	0,4005	0,4008	0,4011	0,4014	0,4017	0,4020	0,4023	0,4026	0,4029	0,4032	0,4035	0,4038	0,4041
42	0,3975	0,3978	0,3981	0,3984	0,3987	0,3990	0,3993	0,3996	0,3999	0,4002	0,4005	0,4008	0,4011	0,4014	0,4017	0,4020	0,4023	0,4026
43	0,3960	0,3963	0,3966	0,3969	0,3972	0,3975	0,3978	0,3981	0,3984	0,3987	0,3990	0,3993	0,3996	0,3999	0,4002	0,4005	0,4008	0,4011
44	0,3945	0,3948	0,3951	0,3954	0,3957	0,3960	0,3963	0,3966	0,3969	0,3972	0,3975	0,3978	0,3981	0,3984	0,3987	0,3990	0,3993	0,3996
45	0,3930	0,3933	0,3936	0,3939	0,3942	0,3945	0,3948	0,3951	0,3954	0,3957	0,3960	0,3963	0,3966	0,3969	0,3972	0,3975	0,3978	0,3981
46	0,3915	0,3918	0,3921	0,3924	0,3927	0,3930	0,3933	0,3936	0,3939	0,3942	0,3945	0,3948	0,3951	0,3954	0,3957	0,3960	0,3963	0,3966
47	0,3900	0,3903	0,3906	0,3909	0,3912	0,3915	0,3918	0,3921	0,3924	0,3927	0,3930	0,3933	0,3936	0,3939	0,3942	0,3945	0,3948	0,3951
48	0,3885	0,3888	0,3891	0,3894	0,3897	0,3900	0,3903	0,3906	0,3909	0,3912	0,3915	0,3918	0,3921	0,3924	0,3927	0,3930	0,3933	0,3936
49	0,3870	0,3873	0,3876	0,3879	0,3882	0,3885	0,3888	0,3891	0,3894	0,3897	0,3900	0,3903	0,3906	0,3909	0,3912	0,3915	0,3918	0,3921

Catálogo. Células horizontais correspondem à abreviação dos dados apresentados.

## CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos nesse trabalho foi possível concluir que a equação de fator de forma artificial mais adequada para região de Monte Dourado, PA, para a espécie *Tectona grandis* foi:

$$f_{1,3} = 0,284 + 1,836 \cdot \left( \frac{d_{0,5}}{d^2} \right) + 0,386 \cdot \left( \frac{d_{0,3} \cdot d_{0,7}}{d^2} \right), \text{ onde } f(1,3) = \text{fator}$$

de forma artificial;  $d$  = diâmetro a altura do peito (DAP) e  $d_{0,3}$ ,  $d_{0,5}$  e  $d_{0,7}$  = diâmetros relativos de Hohenadl, estimados pelas seguintes

$$\text{equações: } \ln(d_{0,3}) = 0,15306 - 0,78024 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) - 0,10561 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right),$$

$$\ln(d_{0,5}) = -0,58373 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) - 0,27886 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right) \text{ e}$$

$$\ln(d_{0,7}) = -0,56958 \cdot \ln\left(\frac{1}{d}\right) - 0,10823 \cdot \ln\left(\frac{1}{h}\right).$$

Este modelo foi o que apresentou um menor erro padrão de estimativa 8,24%, um coeficiente de determinação ajustado de 0,788 e uma melhor distribuição gráfica dos resíduos. O modelo obteve um bom ajuste, podendo ser utilizado para estimativa de volumes para Teca na região de estudo.

## REFERÊNCIAS

- ANGELI, A.; STAP, J. L. *Tectona grandis* (Teca) – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), 2003.
- BARROS, D. A. de; MACHADO, S. A.; ARCEBI JR., F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. *Embrapa, Bol. Pesq. Fl.*, Colombo, n. 45, p. 3-28, 2002.
- COUTINHO, S. da C.; PIRES M. J. P. *Jari, um banco genético para o futuro*. Rio de Janeiro: Imago, 1997. 244 p.
- DRESCHER, R.; PELISSARI, A. L.; GAVA, F. H. Fator de forma artificial para povoamentos jovens de *Tectona grandis* em Mato Grosso. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 30, n. 63, p. 191-7, 2010.

DRESCHER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; QUEIROZ, F. L. C. Fator de Forma artificial de *Pinus elliottii* para a região do sudeste do estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 31, n. 1, p. 37-42, 2001.

DÚRLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 8, n. 1, p. 55-6, 1998.

FIGUEIREDO, E. O.; SCHROEDER, R.; PAPA, D. de A. Fatores de forma de 20 espécies florestais comerciais da Amazônia. *Embrapa*, Rio Branco, Comunicado Técnico 173, 2009.

MACEDO, R. L. G.; GOMES, J. E.; VENTURIN, N.; SALGADO, B. G. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L. f. (Teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. *Cerne*, Lavras, v. 11, n. 1, p. 61-6, 2005.

MACHADO, S. do A.; FILHO, A. F. *Dendrometria*. 2. ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2006. 316 p.

MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Produção de *Pinus taeda* L. na região de Cambará do Sul, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 39-52, 1996.

MONTAGNA, R. G.; FERNANDES, P. de S.; ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do. Influência da desrama artificial sobre o crescimento e densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. *IPEF-USP*, Piracicaba, v. 9, n. 27, p. 35-46, 1993.

SOUZA, C. A. M de. *Modelos de afilamento para Pinus taeda L. ajustados segundo a forma do tronco e métodos de estratificação*. 2009. 120f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

SOUZA, C. A. M.; SARTORI, D. B.; ROCHA, A. S.; SCHNEIDER, P. R. Fator de forma artificial de *Pinus taeda* L. na região do centro-oeste paranaense. *Revista Científica Eletrônica da Engenharia Florestal*, Graça, ano VII, n. 12, 2008.