

Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f.Taper models of heartwood of *Tectona grandis* L.f.Helio Garcia Leite², Ricardo Rodrigues de Oliveira-Neto²,
Marco Antonio Monte³, Leonardo Fardin⁴, Aline Mazon de Alcantara³,
Mayra Luiza Marques da Silva Binoti³ e Renato Vinícius Oliveira Castro³**Resumo**

Este estudo foi conduzido visando o ajuste de modelos de regressão com propósito de descrever o afilamento do cerne de árvores de *Tectona grandis* L.f. Os dados utilizados foram obtidos de 108 árvores-amostra, sob espaçamento inicial de 3,0 x 3,0 m, com idades variando de 3 a 12 anos, localizados na região centro-sul do Estado do Mato Grosso. As árvores apresentavam diâmetro a 1,3 m de altura (dap) entre 11 e 32 cm e altura total (Ht) entre 8 e 22 m. As posições de medição do diâmetro no fuste foram: 0,1, 0,5, 1,0 m e a cada metro até o diâmetro do cerne de aproximadamente 5,0 cm. Foi proposto o emprego de um modelo não linear com a inclusão de duas variáveis binárias, visando estimar o afilamento do fuste e do cerne. A percentagem de cerne nas idades entre 3 e 12 anos aumentou exponencialmente com o dap, variando de 10 a 50%. A percentagem de casca decresceu exponencialmente com o dap, variando de 10 a 35%. O afilamento do cerne e do fuste de árvores de teca pode ser estimado empregando o modelo de Garay com a inclusão de duas variáveis binárias. O modelo de Garay pode ser utilizada em inventários de multiprodutos na região de estudo e na faixa de idades observada.

Palavras-chave: Teca, modelos de afilamento, cerne.

Abstract

This study aimed to fit regression models to describe the taper models of the heartwood of trees of *Tectona grandis* L.f. The data used were obtained from 108 sample trees felled in the initial spacing of 3.0 x 3.0 m, aged 3-12 years, located in south-central state of Mato Grosso. The trees had a diameter at 1.3 m height (dap) between 11-32 cm and total height (Ht) between 8-22 m. The positions for measuring the diameter at the stem were: 0.1, 0.5, 1.0 m and every meter until the diameter of the core was about 5.0 cm. It was proposed the use of a nonlinear model with the inclusion of two binary variables, to estimate the tapering of stem and heartwood. The percentage of heartwood in the ages between 3 and 12 years increased exponentially with dap ranging 10-50%. The percentage of bark decreased exponentially with dap ranging 10-35%. The taper model of the heartwood and the stem of teak trees can be estimated using the Garay model; the inclusion of two dummy variables (modified Garay model) can be used in multiproduct inventory in the study region and in the range of ages observed.

Keywords: Teak, taper models, heartwood.

INTRODUÇÃO

A teca (*Tectona grandis* L.f.) - espécie originária da Ásia - tem ganhado destaque mundial, por apresentar características desejáveis para a construção naval e civil (CALDEIRA, 2004) e para a fabricação de móveis de luxo (RONDON NETO *et al.*, 1998). Essa espécie pertence à família Lamiaceae (antes incluída em Verbenaceae) e, segundo Pandey e Brown (2000), ela desenvolve-se bem em climas tropicais com umidade

elevada, precipitação anual de 1250 a 3750 mm, temperatura mínima de 13 a 17°C e temperatura máxima de 39 a 43°C. O crescimento inicial em altura é muito rápido, chegando aos três metros no primeiro ano e aos cinco metros, ou mais, no segundo; quando adulta pode atingir entre 24 e 30 metros de altura (CALDEIRA, 2004).

O rápido crescimento dos indivíduos de teca em algumas regiões do Brasil e a formação de fuste retilíneo estimularam o plantio em larga escala para a produção de madeira serrada para

¹Engenheiro Florestal, Professor Dr. do Dep. Eng. Florestal - UFV, Viçosa-MG, CEP:36570-000 - E-mail: hgleite@ufv.br

²Engenheiro Florestal, Departamento de Eng. Florestal - UFV, Viçosa-MG, CEP:36570-000 - E-mail: rick.neto@gmail.com

³Estudantes de Pós Graduação em Ciência Florestal - UFV, Viçosa-MG, CEP:36570-000 - E-mail: marcoantoniomonte@yahoo.com.br, mazon@gmail.com, mayrabinoti@gmail.com, castrorvo@ymail.com

⁴Engenheiro Florestal, Departamento de Eng. Florestal - UFV, Viçosa-MG, CEP:36570-000 - E-mail: leopardin@gmail.com

o mercado externo. O estado do Mato Grosso - pioneiro nos plantios de teca no país - reúne condições edafoclimáticas adequadas ao reflorestamento com essa espécie. Nessa região, o incremento médio anual, entre 20 e 25 anos, é de aproximadamente $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em termos de produção líquida, para povoamentos desbastados aos 5, 10 e 15 anos. Resultados sobre crescimento desta espécie no Brasil são encontrados nos trabalhos de Nogueira *et al.* (2006), Cruz *et al.* (2008) e Bezerra (2009).

Na teca a diferença entre cerne e alburno é bastante evidente, sendo facilmente distinguidos pela cor. Conforme revisto por Caldeira (2004), o aumento da taxa de crescimento não retarda a formação de cerne de árvores de teca. No entanto, a quantidade de cerne está relacionada com a idade da árvore e às práticas silviculturais (KOKUTSE *et al.*, 2004).

O cerne é uma característica comercial importante, influenciando positivamente o preço da madeira (CALDEIRA, 2004) e, também a qualidade da madeira serrada (KLITZKE *et al.*, 2008), sendo preferido para usos que requeira durabilidade e resistência mecânica (HASELEIN *et al.*, 2004). Madeiras de alburno ou de transição entre cerne e alburno, em função das diferenças de propriedades, são descartadas pelas indústrias, sendo empregadas geralmente na produção de energia (HASELEIN *et al.*, 2004).

Em função da importância econômica do cerne, obter sua estimativa é fundamental para quantificá-lo e assim determinar o rendimento de madeira serrada. Os modelos de afilamentos utilizados para descrever o afilamento do fuste com ou sem casca, constituem em alternativas que podem subsidiar a obtenção desta informação, caso seja considerado que o cerne apresente tendência similar ao observado no fuste.

Para Husch *et al.* (2003), os modelos de afilamento são flexíveis e possibilitam estimar o diâmetro a uma altura qualquer do fuste, estimar a altura comercial relativa a um diâmetro mínimo de uso, bem como estimar o volume parcial ou total do fuste, via integração da área das seções do tronco. Também, podem ser utilizados para definir os diferentes usos para o fuste, assim como determinar o método mais adequado ao seu processamento (ÂNGELO *et al.*, 1997).

Diversos modelos de regressão têm sido propostos e empregados para descrever o afilamento do fuste, tais como: Campos e Leite, 2009, Demaerschalk (1972), Garcia *et al.* (1993), Garay (1979), Kozak *et al.* (1969), Lima (1986),

Max e Burkhart (1976), Ormerod (1973), entre outros. Estes modelos foram utilizados em diferentes estudos, porém com o objetivo de determinar o volume total e comercial de madeira com casca (LEITE *et al.*, 2006; CHICHORRO *et al.*, 2003). Nenhum deles objetivou descrever o perfil do cerne da árvore.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo ajustar e avaliar três modelos de afilamento, visando descrever o afilamento do cerne de árvores de *Tectona grandis* L.f. provenientes do Estado do Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos de 108 árvores-amostra abatidas em povoamentos de *Tectona grandis* L. f. (teca) estabelecidos no espaçamento inicial de $3,0 \times 3,0$ m, com idade variando de 3 a 12 anos, localizados na região centro-sul do Estado do Mato Grosso. Essas árvores apresentavam diâmetro a 1,3 m de altura (dap) entre 11 a 32 cm e altura total (Ht) entre 8 a 22 m. As posições no fuste onde o diâmetro do cerne foi medido foram: 0,1 (base), 0,5, 1,0 m e partir daí a cada metro até o diâmetro mínimo do cerne de aproximadamente 5,0 cm. Foram medidos também os diâmetros com e sem casca em cada seção, até a altura onde diâmetro mínimo com casca próximo de 4,0 cm. Dados dessas cubagens foram empregados para o ajuste e a avaliação de modelos de afilamento.

Os modelos de afilamentos empregados no presente trabalhos foram:

a) Demaerschalk (1972): $d_i^2 dap^{-2} = 10^{2\beta_0} dap^{2\beta_1 - 2} Ht^{2\beta_2} (Ht - h)^{2\beta_3 + \varepsilon_i}$

b) Garay (1979): $ddap^{-1} = \beta_0 (1 + \beta_1 \text{Ln}(1 - \beta_2 h^{\beta_3} Ht^{-\beta_3})) + \varepsilon_i$

c) Ormerod (1973): $d_i^2 dap^{-2} = [(Ht - h)/(Ht - 1,30)]^{2\beta_1} + \varepsilon_i$

em que:

dap = diâmetro à 1,30 m de altura (cm); Ht = altura total (m); d = diâmetro na altura h (cm); h = altura ao longo do fuste (m); β_i = parâmetros, com $i = 0, 1, \dots, n$; e ε = erro aleatório, sendo $\varepsilon = N(0, \sigma^2)$.

Estes modelos foram ajustados empregando o procedimento Levenberg-Marquardt, pelo método dos mínimos quadrados, utilizando o Statística 9.0 (STATSOFT, INC, 2010).

A partir do ajuste dos modelos acima e por meio de processos matemáticos foram obtidos

as expressões que permitem estimar os diâmetros, as alturas e os volumes comerciais, conforme apresentados a seguir:

a) Demaerschalk:

$$\hat{d} = 10^{2\beta_0} dap^{2\beta_1} H^{2\beta_2} (H-h)^{2\beta_3}$$

$$\hat{h} = Ht - [d/10^{\beta_0} dap^{\beta_1} H^{2\beta_2}]^{1/\beta_3}$$

$$\hat{V} = \frac{\pi}{40.000} 10^{2\beta_0} dap^{2\beta_1} H^{2\beta_2} \left[\frac{(Ht-h_1)^{2\beta_3+1} - (Ht-h_2)^{2\beta_3+1}}{2\beta_3+1} \right]$$

b) Garay:

$$\hat{d} = dap\beta_0(1+\beta_1 \text{Ln}(1-\beta_2 h^{\beta_3} H^{-\beta_3}))$$

$$\hat{h} = Ht - ((-exp((d-dap\beta_0)(dap\beta_0\beta_1)^{-1}) - 1)\beta_2^{-1})^{1/\beta_3}$$

O volume, no modelo de Garay (1979), foi obtido mediante o procedimento de Smalian, a partir dos diâmetros estimados, para alturas relativas observadas na cubagem.

c) Omerod:

$$\hat{d} = dap(Ht-h / Ht-1,3)^{\beta_1}$$

$$\hat{h} = Ht - \{(d/dap)^{1/\beta_1} [Ht-1,3]\}$$

$$\hat{V} = \frac{\pi}{40.000} dap^2 \left(\frac{1}{Ht-1,3} \right)^{2\beta_1} \left[\frac{(Ht-h_1)^{2\beta_1+1} - (Ht-h_2)^{2\beta_1+1}}{2\beta_1+1} \right]$$

em que:

dap , Ht , d , h conforme definidos anteriormente e β_i = parâmetros estimados, com $i = 0, 1, \dots, n$.

A qualidade dos ajustamentos foi avaliada pela análise de resíduos e pelas estatísticas: coeficiente de correlação múltipla (r_{yy}), bias e raiz quadrada do erro médio (RQEM), estimadas para a variável d . Estas estatísticas foram estimadas por:

$$r_{yy} = \frac{n^{-1} (\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \hat{Y}_m)(Y_i - \bar{Y}))}{\sqrt{(n^{-1} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \hat{Y}_m)^2) (n^{-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2)}}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-1}}$$

$$bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)$$

em que:

Y_i e \hat{Y}_i = valores observado e estimado da variável sob análise;

n = número de casos.

O modelo selecionado a partir das estatísticas de precisão, também foi ajustado para estimar os diâmetros com e sem casca. Foi avaliada ainda a opção de emprego de um modelo múltiplo, que permitisse estimar o afilamento do fuste e do cerne de modo consistente. Isto foi feito com a implementação de duas variáveis binárias no modelo selecionado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de Garay proporcionou maior exatidão para o afilamento de cerne, constatada por meio das estatísticas: coeficiente de correlação múltipla (r_{yy}), bias e raiz quadrada do erro médio (RQEM) (Tabela 1).

Com base nas estatísticas de exatidão, selecionou o modelo de Garay para estimar o afilamento do fuste com e sem casca. De forma a garantir maior consistência na estimação dos diâmetros foram incluídas duas variáveis binárias (Tx_1 e Tx_2) neste modelo, resultando em:

$$ddap^{-1} = \beta_0(1 + \beta_1 \text{Ln}(1 - \beta_2 h^{\beta_3} H^{-\beta_3})) e^{-\beta_4 Tx_1 \cdot dap^{-1} - \beta_5 Tx_2 \cdot dap^{-1}} + \varepsilon \quad (\alpha 1)$$

em que:

$Tx_1 = 0$ e $Tx_2 = 0$ para diâmetros com casca,
 $Tx_1 = 1$ e $Tx_2 = 0$ para diâmetros sem casca e
 $Tx_1 = 1$ e $Tx_2 = 1$ para diâmetro do cerne.

A equação resultante do ajuste desse modelo encontra-se na Tabela 1. Observou-se que o modelo de Garay modificado foi eficiente para estimar o afilamento do fuste com e sem casca e o afilamento do cerne com base na correlação entre os diâmetros observados e estimados do fuste e do cerne que foram de 97,6% e 91,2% (Tabela 2) e na distribuição dos resíduos que indica que os erros se distribuíram normalmente, com exatidão aceitável (Figura 1). Isto indica que o modelo de Garay pode ser utilizado para descrever o perfil de cerne de árvores de teca com idades

Tabela 1. Coeficientes dos modelos de afilamento ajustados com dados de 108 árvores de *Tectona grandis*, com dap entre 11 e 32 cm, altura total entre 8 a 22 m e idades de 3 a 12 anos.

Table 1. Coefficients of the taper models fitted with data from 108 *Tectona grandis* trees, with dbh between 11 and 32 cm, total height between 8-22 and ages 3-12 years.

Modelo	Equação	r_{yy}	RQEM ¹	Bias ¹
1 - Demaerschalk	$(d_{cerne} \cdot dap^{-1})^2 = 10^{2(-0,447925)} dap^{2(1,334517)-2} H^{2(-1,92096)} (Ht-h)^{1,832236}$	0,849	4,88	4,14
2 - Ormerod	$d_{cerne} \cdot dap^{-1} = 0,605333((Ht-h)/(Ht-1,3))^{2(0,601715)}$	0,824	3,04	-1,72
3 - Garay	$d_{cerne} \cdot dap^{-1} = 1,856092(1+0,175832 \text{Ln}(1-0,995316(h^{0,006029} H^{-0,006029})))$	0,884	1,84	-0,42
4 - Garay modificado	$d \cdot dap^{-1} = 2,596021(1+0,157843 \text{Ln}(1-0,998216(h^{0,007721} H^{-0,007721})))$	0,952		

¹Valores de RQEM e Bias foram estimados para as variáveis d_{cerne} e d ; $Tx_1 = 0$ e $Tx_2 = 0$ para diâmetros com casca, $Tx_1 = 1$ e $Tx_2 = 0$ para diâmetros sem casca e $Tx_1 = 1$ e $Tx_2 = 1$ para diâmetro do cerne.

inferiores a 12 anos, assim como o afilamento do fuste com e sem casca. Leite *et al.* (2006) também escolheram o modelo de Garay para estimar o perfil do fuste de *Virola surinamensis*, tendo sido obtidas estimativas precisas e livres de viés.

Figueiredo *et al.* (2006) utilizaram o modelos polinomiais para estimar o afilamento do fuste de *Tectona grandis* e constataram que o modelo de Goulding e Murray foi preciso e exato na estimativa dos diâmetros ao longo do fuste. Leite *et al.* (2006) utilizaram os modelos de Demaerschalk, Garay e Baldwin para estimar o afilamento do fuste de *Virola surinamensis* e encontraram coeficientes de correlação inferior a 85%, e constataram que para alguns casos, as estimativas de diâmetro foram tendenciosas. Contudo, em nenhum desses trabalhos foram geradas estimativas de afilamento do cerne.

Tabela 2. Estatísticas de exatidão estimadas pela equação ajustada a partir do modelo de Garay modificado.

Table 2. Accuracy statistics estimated by the fitted equation from the modified Garay model.

Variável	r_{yy}	RQEM	bias
Diâmetro com casca	0,9763	1,3411	0,3546
Diâmetro sem casca	0,9742	1,3505	-0,1929
Diâmetro do cerne	0,9119	2,0880	-0,7682

Além do emprego de modelos de afilamento, outra técnica que pode ser utilizada para estimar o afilamento de cerne consiste no emprego de redes neurais artificiais. Essa técnica é eficiente, porém, requer uma base de dados mais abrangente do que aquela utilizada no presente estudo. Por isso, o emprego de modelos de afilamento ainda é uma boa opção para descrever a taxa de decréscimo no diâmetro do cerne ao longo do fuste de árvores de teca.

Para visualizar a forma do fuste das árvores de teca, na condição do presente estudo, elaborou-se o perfil de árvores por classe de dap, estimado pelo modelo de Garay (Figura 2) na qual está representado o diâmetro com casca, o diâmetro sem casca e o diâmetro de cerne.

A dispersão dos percentuais de volumes de cerne, albarno e casca observada por árvore-amostra é apresentada na Figura 3. Nessa figura estão representadas as tendências de acréscimo ou decréscimo desses componentes em função do diâmetro a 1,3 m de altura (dap). Empregando a equação obtida a partir do modelo de Garay modificado foram estimados os percentuais por classe de diâmetro (Figura 4). Com base nos dados observados, os percentuais de albarno, cerne e casca variaram, respectivamente, de 30 a 70%, de 10 a 50% e de 10 a 35%.

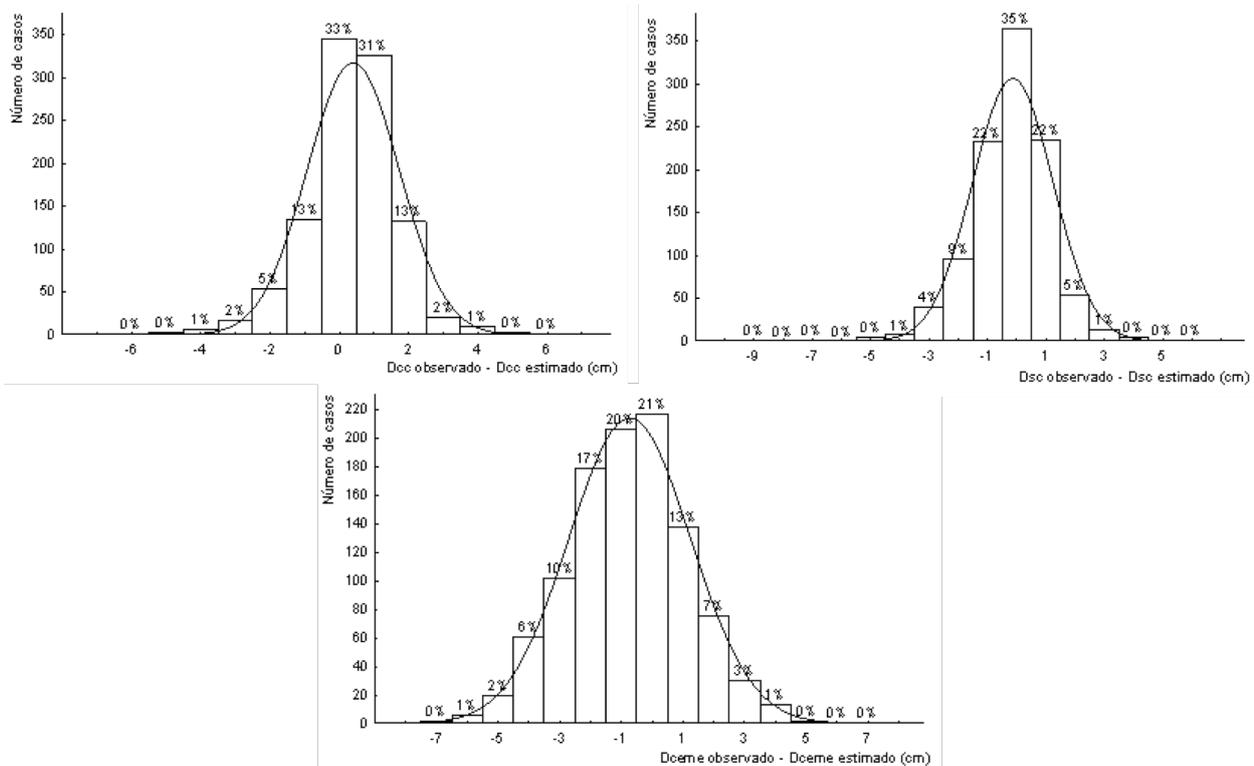


Figura 1. Perfil do fuste da árvore de *Tectona grandis* estimado para classes de dap de 10 a 38 cm, a partir do modelo de Garay modificado pela inclusão de duas variáveis binárias.

Figure 1. Profile of the stem of a *Tectona grandis* tree estimated for dap classes from 10-38 cm, from the modified Garay model by including two binary variables.

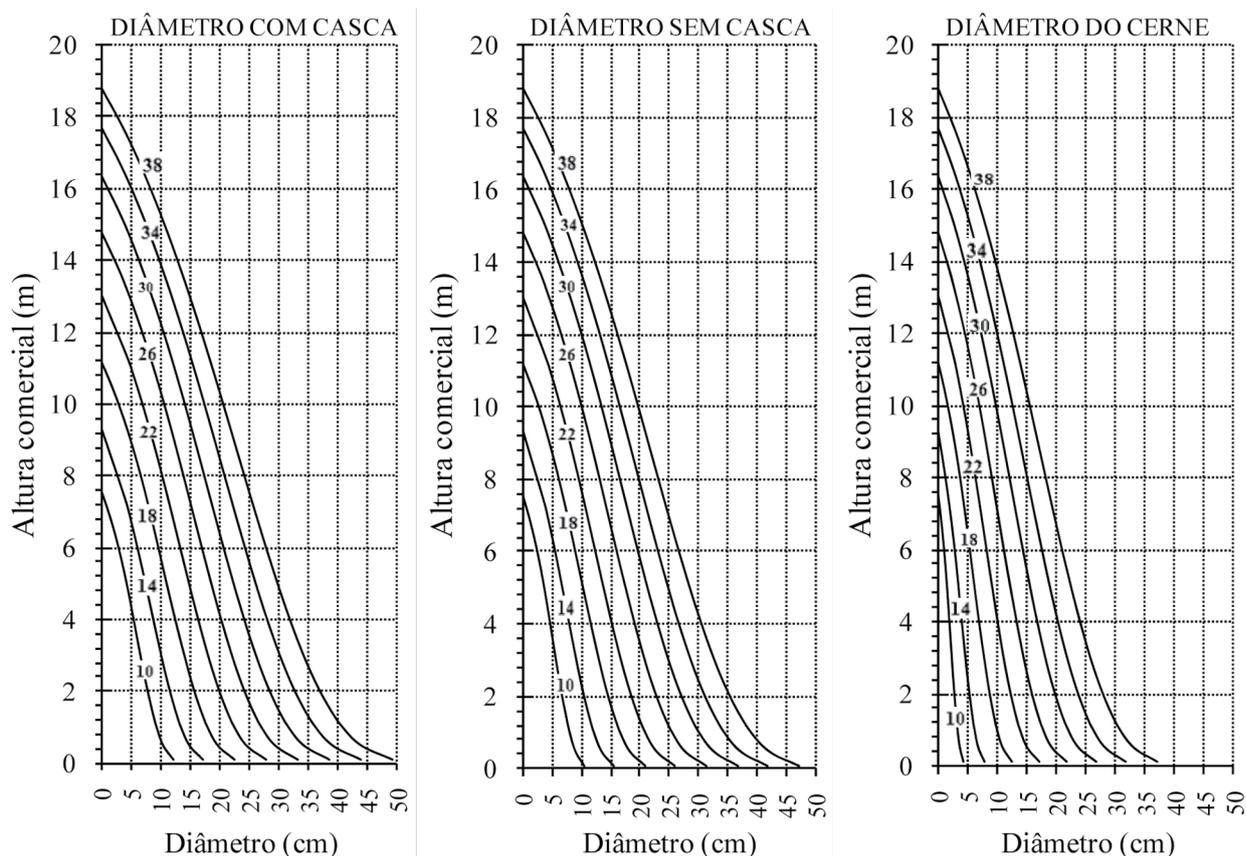


Figura 2. Distribuição dos resíduos para diâmetros com casca (a), sem casca (b) e do cerne (c), estimados pela equação ajustada a partir do modelo 4 (Tabela 1).

Figure 2. Distribution of errors for diameters with bark (a), without bark (b) and heartwood (c), estimated from the fitted equation from the model 4 (Table 1).

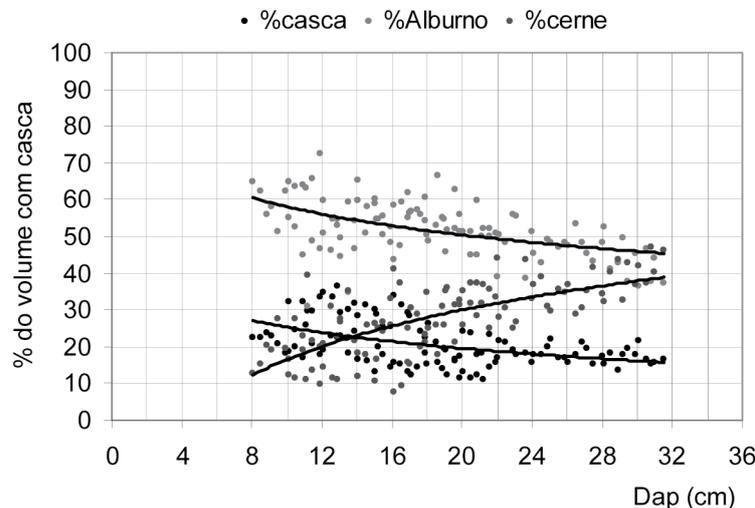


Figura 3. Percentuais de casca, cerne e alburno, em relação ao volume comercial com casca, por classe de diâmetro, observados em 108 árvores-amostra, com idades entre 3 e 12 anos, dap entre 11 e 32 cm e altura total entre 8 e 22 m.

Figure 3. Percentages of bark, heartwood and sapwood in relation to commercial volume by diameter class, observed in 108 sample trees, with age between 3 to 12 years, dap between 11 to 32 cm and total height between 8 and 22 m.

Cordero e Kanninem (2003) observaram para árvores de teca entre 5 e 47 anos, na Costa Rica, que a proporção de cerne aumentou logaritmicamente para incrementos do dap, ao contrário do alburno, que reduziu com o aumento no diâmetro. O volume de cerne aumentou exponen-

cialmente com o acréscimo do dap, enquanto o alburno e a casca aumentam linearmente.

A quantificação dos volumes de cerne e alburno em árvores de teca é importante para conhecer melhor a madeira. Segundo Tomazello Filho (1985), maiores teores de alburno indicam

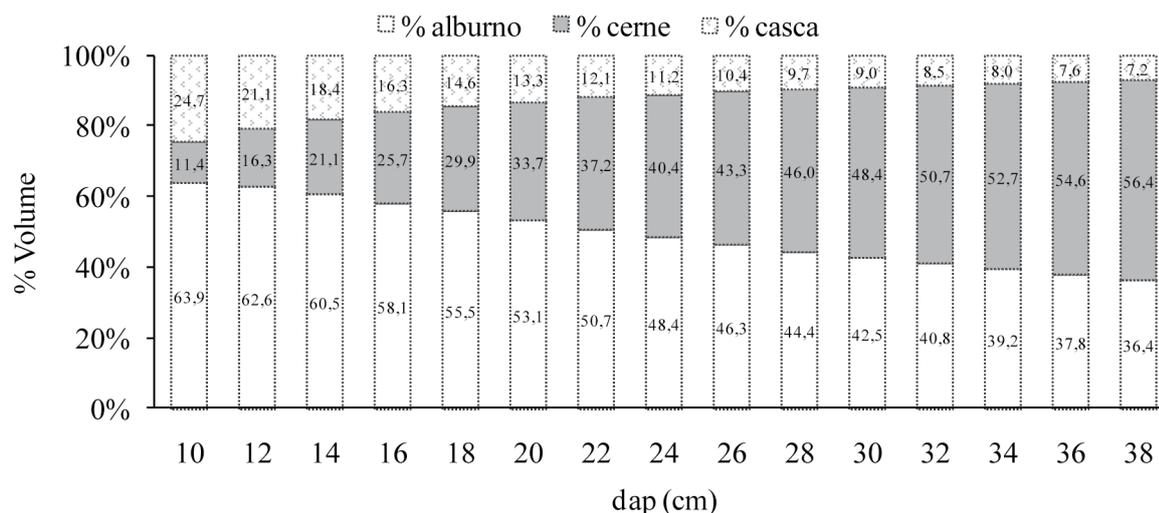


Figura 4. Porcentagem de casca, albúmeno e cerne em árvores de *Tectona grandis*, com idades entre 3 e 12 anos, em relação ao volume comercial com casca.

Figure 4. Percentage of bark, sapwood and heartwood in *Tectona grandis* trees, aged between 3 and 12 years, in relation to commercial volume with bark.

maior tratabilidade e menor resistência natural, ao passo que maiores teores de cerne resultam em melhor tonalidade da madeira e maior resistência natural; e maiores teores de casca resultam em menores rendimentos na utilização do tronco. Esse autor observou variação significativa nas porcentagens desses componentes entre espécies de eucalipto, refletindo na fisiologia do crescimento das árvores e, principalmente, nas propriedades e utilização da madeira. Em árvores de teca, variações significativas poderão ocorrer em idades mais avançadas do que aquelas observadas neste estudo e, também, sob diferentes espaçamentos ou regimes de desbaste.

Para os maiores diâmetros, observa-se que a quantidade de cerne também é maior, ao passo que a quantidade de albúmeno e casca diminui (Figura 4). Um maior percentual de cerne nas árvores pode ser atraente à produção de madeira serrada quando a aparência da madeira for um fator importante.

O valor de uma peça de madeira de teca varia com a porcentagem de cerne presente nessa peça. Assim, a equação de afilamento estimada neste estudo pode ser utilizada em inventários florestais, com características semelhantes às aquelas observadas na amostra de árvores utilizada, para quantificar as peças de madeira a serem obtidas e determinar o valor do povoamento de modo mais eficiente. O modelo de Garay, com a inclusão de duas variáveis binárias, deve ser avaliado para idades mais avançadas e diferentes regimes de manejo. O emprego desse modelo para conversão de árvores em multiprodutos da madeira pode ser feito conforme Leite (1994).

CONCLUSÕES

O afilamento do cerne e do fuste de árvores de teca pode ser estimado empregando o modelo de Garay com a inclusão de duas variáveis binárias.

A equação de afilamento ajustada neste estudo, empregando o modelo de Garay modificado, pode ser utilizada em inventários de multiprodutos na região de estudo e na faixa de idades observada.

A porcentagem de cerne em árvores de teca com idades entre 3 e 12 anos, na região de estudo, aumenta exponencialmente com o dap, variando de 10 a 50%.

A porcentagem de casca em árvores de teca, na região de estudo, com idades entre 3 e 12 anos, decresce exponencialmente com o dap, variando de 10 a 35%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÂNGELO, H.; CASTRO, L.H.R.; HOSOKAWA, R.T.; KIRCHNER, F.F. Análise de componentes principais e função spline para definir a forma do tronco de *Pinus* tropicais. *Floresta*, Paraná, v.25, n.1, p.55-67, 1997.

BEZERRA, A.F. *Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de Tectona grandis submetidos a desbaste*. 2009. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

CALDEIRA, B.R.P.R. *Caracterização das propriedades físico-mecânicas e determinação da porcentagem de cerne da madeira de Tectona grandis*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa; Instituto de Superior de Agronomia, 2004. 71p. Relatório.

- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3ed. Viçosa: UFV, 2009. 548 p.
- CHICHORRO, J.F.; RESENDE, J.L.P.; LEITE, H.G. Equações de volume e de taper para quantificar multiprodutos da madeira em floresta atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.799-809, 2003.
- CORDERO, L.; KANNINEN, M. Heartwood, sapwood and bark content, and wood dry density of young and mature teak (*Tectona grandis*) trees grown in Costa Rica. **Silva Fennica**, Vantaa, v.37, n.1, p.45-54, 2003.
- CRUZ, J.P.; LEITE, H.G.; BOECHAT, C.P.; 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.
- DEMAERSCHALK, J.P. Integrated systems for the estimation of tree taper and Volume. **Canadian Journal Forest Research**, Ottawa, v.3, n.90, p.90-94, 1972.
- FIGUEIREDO, E.O.; SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D. Seleção de modelos polinomiais para representar o perfil e volume do fuste de *Tectona grandis* L.f. **Acta Amazonica**, v.36, n.4, p.465-482, 2006.
- GARAY, L. Tropical forest utilization system. VIII. A taper model for entire stem profile including buttressing. Seattle: **Coll. Forest Res.**, Inst. Forest Prod. Univ. Wash., 1979. 64 p. (Contrib. 36).
- GARCIA, S.L.R.; LEITE, H.G.; YARED, J.A.G. Análise do perfil do tronco de morototó (*Didymopanax morototonii*) em função do espaçamento. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEE, 1993. p. 485-491.
- HASELEIN, C.R.; LOPES, M.C.; SANTINI, E.J.; LONGHI, S.J.; TOSSO, S.; FERNANDES, D.L.G.; MENEZES, L.F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.2, p.145-155, 2004.
- HUSCH, B.; BEERS, T.W.; KERSHAW JUNIOR. J.A. **Forest mensuration**. New York: John Wiley & Sons, INC, 2003. 443 p.
- KLITZKE, R.J.; SAVIOLI, D.L.; MUÑIZ, G.I.B.; BATISTA, D.C. Caracterização dos lenhos de cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.36, n.80, p.279-284, 2008.
- KOKUTSE, A.; BAILLERES, H.; STOKES, A.; KOKOU, K. Proportion and quality of heartwood in Togolese teak (*Tectona grandis* L.f). **Forest ecology and management**, Amsterdam, v.189, n.1-3, p.37-48, 2004.
- KOZAK, A.; MUNRO, D.D.; SMITH, J.G.H. Taper functions and their applications in forest inventory. **Forest Chronicle**, Ottawa, v.45, n.4, p.278-283, 1969.
- LEITE, H.G. **Conversão de troncos em multiprodutos de madeira, utilizando programação dinâmica**. 1994. 230p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- LEITE, H. G.; GAMA, J.R.V.; CRUZ, J.P.; SOUZA, A.L. Função de aflamento para *Virola surinamensis* (Roll.) Warb. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.1, p.99-106, 2006.
- LIMA, F.S. **Análise de funções de taper destinadas à avaliação de multiprodutos de árvores de *Pinus elliottii***. 1986. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- MAX, T.A; BURKHART, H.E. Segmented polynomial regression applied to taper equations. **Forest Science**, Bethesda, v.22, n.3, p.283-289, 1976.
- NOGUEIRA, G.S.; LEITE, H.G.L.; CAMPOS, J.C.C.; TAKIZAWA, F.H.; COUTO, L. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.377-387, 2006.
- ORMEROD, D.W. A simple bole model. **Forest Chronicle**, Toronto, v.49, n.3, p.136-138, 1973.
- PANDEY, D.; BROWN, C. La teca: una vision global. **Unasyuva**, Roma, v.201, n.51, p.5-17, 2000.
- RONDON NETO, R.M.; MACEDO, R.L.G.; TSUKAMOTO FILHO, A.A. Formação de povoamentos florestais com *Tectona grandis* L.f. (teca). **Boletim técnico - Série Extensão**, Lavras, n.3, p.1-29, 1998.
- STATSOFT, Inc. **Statistica: data analysis software system**. Version 9.0. São Caetano do Sul, 2010.
- TOMAZELLO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no Brasil. **Revista IPEF**, Piracicaba, n.29, p.25-36, 1985.

Recebido em 16/07/2010

Aceito para publicação em 02/02/2011

