

# Crescimento da Teca (*Tectona grandis*) em Reflorestamento na Amazônia Setentrional

Helio Tonini<sup>(1)</sup>, Mirian Cristina Gomes Costa<sup>(1)</sup> e Luiz Augusto Mello Schwengber<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Embrapa Roraima, BR 174, Km 08, Distrito Industrial, CEP 69301-970, Boa Vista-RR. E-mails: helio@cpafrr.embrapa.br; mirian@cpafrr.embrapa.br; <sup>(2)</sup> Bolsista PIBIC/CNPq. E-mail: laugusto@yahoo.com.br

**Resumo** - Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de ajustar um modelo volumétrico e uma função de crescimento visando comparar o desempenho de um plantio de teca (*Tectona grandis*) localizado no Município de Iracema, RR, com plantios em diferentes regiões do Brasil e da América Central. Para o ajuste dos modelos volumétricos, foram utilizadas 122 árvores-amostra, e para o ajuste da função de crescimento, 18. Os dados foram obtidos mediante a análise de tronco, e a função utilizada para estimar o crescimento em DAP, altura média, altura dominante e volume total sem casca foi a de Chapman-Richards. Como resultado, observou-se que o modelo de Schumacher-Hall foi o mais preciso para estimar o volume total com casca para árvores de *T. grandis*. A curva de crescimento em diâmetro, altura média, altura dominante e volume total sem casca foi determinada de forma satisfatória com o emprego da função de Chapman-Richards. A comparação entre curvas de crescimento em altura dominante em diferentes regiões indicou que o plantio localizado em Roraima não apresentou bom desempenho, provavelmente em virtude da baixa fertilidade do solo no local.

**Termos para indexação:** reflorestamento, modelos volumétricos, função de Chapman-Richards.

## Growth of Teak (*Tectona grandis*) in a Setentrional Amazon Stand

**Abstract** - This study was carried out aiming to fit a volumetric model and a growth function, as well to compare the growth of teak (*Tectona grandis*) in a stand located at Iracema (RR) with the growth of teak stands located at different areas in Brazil and Central America. To fit volumetric models 122 sample-trees were used and to fit a growth function to estimate DBH, medium and dominant height, and total volume without bark 18 sample-trees were used. The Chapman-Richards function was used and the data were obtained by stem analysis. The Schumacher-Hall model was selected to estimate total volume with bark of *Tectona grandis* trees. Chapman-Richards is a suitable function for determination of the growth curves for DBH, medium height, dominant height and total volume without bark. Comparison among dominant height growth curves on different sites indicated that the stand located in Roraima did not present good performance probably due to low soil fertility levels.

**Index terms:** reforestation; volumetric models, Chapman-Richards function.

## Introdução

A teca (*Tectona grandis* L.) é uma espécie nativa da Ásia, Índia, Mianmar, Tailândia e Laos, e vem sendo introduzida na África Tropical, ilhas do Pacífico (Nova Guiné, Fiji e Salomão) e nas Américas Latina e Central, principalmente na Colômbia, Equador, El Salvador, Panamá, Trinidad e Tobago e Venezuela. Na América tropical, os primeiros plantios foram estabelecidos em Trinidad e Tobago, em 1913 (PANDEY; BROWN, 2000).

Trata-se de uma das espécies mais procuradas e valorizadas no mercado internacional de madeiras por

sua alta durabilidade, boa estabilidade dimensional, resistência, pouco peso e as qualidades estéticas de sua madeira. A teca é muito utilizada em setores como o de mobília de luxo, construções navais e esquadrias de alto padrão (KEOGH, 1990; PANDEY; BROWN, 2000; BERMEJO et al., 2004; MACEDO et al., 2005).

Segundo Centeno (2001), estima-se que a área plantada com teca no mundo seja de mais de três milhões de hectares. No Brasil, a superfície plantada, segundo a ABRAF (2009), é de 58.813 ha, sendo Mato Grosso, Amazonas e Acre, os estados com maior área plantada.

A teca é uma árvore pioneira, decídua, de grande porte e de copa circular. Sob condições favoráveis de

crescimento, desenvolve tronco retilíneo com altura superior a 25 m. Obtém melhor desempenho em locais com precipitação pluviométrica entre 1.270 mm e 2.540 mm, com estação seca definida, temperatura mínima entre 13 °C e 17 °C e máxima entre 39 °C e 43 °C. Desenvolve-se em uma grande variedade de solos e formações geológicas, porém prefere solos bem drenados e profundos, com pH entre 6,5 e 7,5 (FAO, 1959; PANDEY; BROWN, 2000, KRISHNAPILLAY, 2000)

Herrera e Alvarado (1998) identificaram a profundidade do solo e a posição topográfica como fatores que influenciam no crescimento da espécie (partes baixas do terreno favorecem o crescimento).

A produtividade das plantações de teca tem sido estudada em vários países. Em florestas naturais, a produção é baixa, com 12 a 17 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> em um ciclo de até 120 anos. Em florestas plantadas na África, Ásia e América Central, com uma idade de rotação média de 50 anos, têm sido observados incrementos médios anuais máximos de 13,3 a 23,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em sítios de boa produtividade na Nigéria e mínimos de 2,7 a 2,0 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em sítios pobres na Índia (PANDEY; BROWN, 2000).

Para Perez e Kanninem (2005), a maioria das plantações de teca na América Central não tem alcançado a produtividade esperada. O baixo desempenho dos plantios ocorre devido à seleção inapropriada dos sítios, uso de material genético inadequado e a adoção de programas silviculturais equivocados.

A não realização de desbastes, principalmente entre os 5 e 10 anos, é apontada por Figueiredo (2001) como uma das razões para o fracasso de plantações de teca.

Um dos primeiros passos no estudo do crescimento e produção florestal é quantificar as diferenças de qualidade dos sítios. No contexto do manejo florestal, a qualidade do sítio pode ser entendida como o potencial de produção de madeira de um determinado local para uma determinada espécie (CLUTTER et al, 1983). Para plantios homogêneos, a medida mais usual para determinar a qualidade do sítio é o índice de sítio ou a altura dominante esperada em uma determinada idade índice, que deve ser próxima à idade de corte final.

Alguns autores desenvolveram modelos de crescimento e produção e curvas de índice de sítio para a teca em diferentes regiões do mundo (NUNIFU; MURCHISON, 1999; BERMEJO et al., 2004; UPADHYAY et al., 2005). No Brasil, destacam-se os trabalhos de Figueiredo

(2005) e Drescher (2004). No entanto, o conhecimento do potencial local de crescimento para a espécie ainda é bastante restrito.

As informações disponíveis para subsidiar programas silviculturais para a espécie adaptados às diversas condições regionais ainda são escassas no País. Na Amazônia, o reflorestamento realizado pela maioria das empresas madeireiras, normalmente, é feito apenas para cumprir a legislação de reposição florestal obrigatória (BRASIL, 2006), não existindo maiores preocupações com a adoção de práticas silviculturais adequadas (FIGUEIREDO, 2001).

Considerando que dados de crescimento e produção para plantios de teca ainda são escassos nos trópicos e muito reduzidos no Brasil, e a possibilidade de que os reflorestamentos com essa espécie venham a ser utilizados em maior escala na Amazônia, especificamente, no Estado de Roraima, torna necessária a avaliação do seu desempenho em plantios sob diferentes condições edafoclimáticas.

Este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- Ajustar um modelo volumétrico para estimar o volume total com casca;
- Ajustar uma função de crescimento para a teca em plantio em Roraima;
- Comparar o crescimento em plantios sob diferentes condições de sítio.

## Material e Métodos

### Características do local

O Município de Iracema localiza-se ao centro-oeste do Estado de Roraima e possui uma área de 14.403,9 km<sup>2</sup> correspondente a 6,39 % da área total do estado. O clima nesta região é quente do tipo Aw, segundo Köppen, com predominância de chuvas do tipo monção, com estação seca definida e pelo menos um mês com índice pluviométrico inferior a 69 mm.

O regime de chuvas é caracterizado pela concentração da precipitação total (cerca de 58 %) nos meses de maio, junho e julho. O período de menor precipitação é longo, com seis meses, de outubro a março, com cerca de 18 % da precipitação total. Um período intermediário é representado nos meses de abril, agosto e setembro, com cerca de 25 % da precipitação total (MOURÃO JÚNIOR, et al., 2003).

A precipitação total anual na região do campo experimental Serra da Prata, da Embrapa, o mais próximo da região de estudo, distante cerca de 30 km, oscila num intervalo de confiança na ordem de 1.510-2.145 mm.ano<sup>-1</sup>, com um valor médio de 1.844 mm.ano<sup>-1</sup> (MOURÃO JÚNIOR, et al., 2003).

Os solos predominantes na região pertencem às classes LATOSSOLO e ARGISSOLO (SANTOS et al., 2006). Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas a caracterização química e física (textura) em duas profundidades do solo no sítio experimental.

**Tabela 1.** Atributos químicos em duas profundidades do solo do sítio experimental.

Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	M.O. g.kg <sup>-1</sup>	P mg.dm <sup>-3</sup>	Ca Mg K			T	V	m
				cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					
0-20	5,8	18,9	1,1	1,9	0,5	0,01	3,0	52	1
20-40	5,5	12,8	0,7	1,1	0,4	0,01	3,7	39	4

pH<sub>H2O</sub>: Silva (1999); M.O. (matéria orgânica): método colorimétrico (CANTARELLA; QUAGGIO, 2001); P e K: Mehlich 1 (SILVA, 1999); Ca e Mg: KCl 1M (CANTARELLA et al., 2001); T= CTC potencial, V=saturação por bases, m= índice de saturação por alumínio trocável.

**Tabela 2.** Caracterização física em duas profundidades do solo do sítio experimental.

Prof. cm	Areia	Silte	Argila
	%		
0-20	61	11	28
20-40	63	11	26

Método do densímetro (GEE; BAUDER, 1986).

### Características do plantio

O estudo foi realizado em um plantio homogêneo com a espécie *Tectona grandis* no Município de Iracema, RR, distante 85 km da capital Boa Vista e com uma área de aproximadamente 200 ha. O plantio foi estabelecido em junho de 2001 e, na época da realização deste estudo, apresentava 78 meses de idade. Cabe ressaltar que se trata do único plantio com a espécie atualmente existente no estado.

As mudas utilizadas foram do tipo “toco”, produzidas a partir de sementes oriundas de Cáceres, no Mato Grosso. O espaçamento inicial do plantio foi de 3 m x 2 m. Antes do plantio, a área foi utilizada como pastagem e o preparo do solo consistiu na realização de uma gradagem, não existindo registros do manejo da adubação.

### Árvores-amostra

As árvores utilizadas para o ajuste das equações de volume e função de crescimento foram oriundas de um experimento de desbaste constituído por três blocos com quatro tratamentos de remoção de área basal (0 %, 20 %, 30 % e 40 %). As parcelas foram instaladas com 28 m de largura por 30 m de comprimento no delineamento de blocos ao acaso. O desbaste foi realizado em março de 2007 e caracterizou-se por ser seletivo por baixo.

Em cada parcela foram medidos os DAPs (diâmetro tomado a 1,30 m do solo), de todas as árvores, e a altura das oito árvores mais grossas, conforme a definição de altura dominante proposta por Assman. As árvores desbastadas nos três blocos foram cubadas segundo a metodologia de Smalian nas posições 0,10 m; 0,70 m; 1,30 m e, após esta posição, de metro em metro. A espessura de casca foi obtida nas mesmas posições de cubagem com o auxílio de um terçado e um paquímetro.

Para o ajuste das equações de volume, foram descartadas árvores mortas e quebradas, sendo utilizadas 122 árvores distribuídas em todas as classes diamétricas. Foram comparados os modelos volumétricos citados por Schneider (1997), conforme a Tabela 3. A seleção da melhor equação foi realizada avaliando-se o coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>aj), erro padrão de estimativa em porcentagem (Syx %) e análise gráfica da distribuição dos resíduos. Nos modelos logarítmicos, empregou-se o cálculo do Índice de Furnival (IF %).

**Tabela 3.** Equações de volume testadas.

Nº	Equação	Autores
1	$v = b_0 + b_1 d^2 h$	Spurr
2	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$	Stoate
3	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h$	Meyer modificada
4	$\log v = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	Spurr (logaritimizada)
5	$\log v = b_0 + b_1 \log(d) + b_2 \log(h)$	Schumacher-Hall (logaritimizada)

Onde: v = volume individual (m<sup>3</sup>); h = altura (m); d = diâmetro tomado a 1,30 m do solo; b<sub>0</sub>; b<sub>1</sub>; b<sub>2</sub>; b<sub>3</sub>; b<sub>4</sub> = coeficientes. Fonte: Schneider (1997).

Devido à inexistência de parcelas permanentes no local de estudo, foi realizado um estudo dendrocronológico, com emprego da análise completa de tronco para obtenção dos dados de volume, DAP e altura total das árvores no tempo. Para a realização da análise de

tronco, foi selecionada uma árvore média e uma árvore dominante de cada parcela, totalizando-se 18 árvores.

Nas árvores-amostra, foram retirados discos com 5 cm de espessura nas seguintes alturas: 0,10 m; 0,50 m; 1,00 m; 1,30 m; e após, a cada metro até o final do fuste. Os discos foram secos em estufa e, posteriormente, lixados para facilitar a visibilidade dos anéis e medição dos mesmos.

Para medição dos anéis de crescimento nos discos, foi identificado o maior diâmetro, e no sentido anti-horário, marcou-se 45°. Nesse ponto foi marcada uma cruz de forma ortogonal, utilizando lápis e régua, e medidos os raios dos discos utilizando uma régua milimetrada, partindo-se do centro do disco (medula da árvore) até o início da casca.

Para a construção da curva de crescimento em altura dominante, altura média e DAP, foi selecionado o modelo de Chapman-Richards. Esta função tem sido amplamente utilizada na modelagem de fenômenos biológicos devido à sua acurácia e flexibilidade, sendo a mais utilizada em estudos de crescimento na área florestal (ZEIDE, 1993). Usualmente é expressa na forma:

$$y = A(1 - E X P^{(-K \times t)})^R$$

Onde:  $y$  = variável dependente ;  $A$  = assíntota;  $K$  = parâmetro relacionado à taxa de crescimento;  $R$  = parâmetro de forma;  $t$  = idade (anos).

Para o ajuste desta função, utilizou-se o algoritmo proposto por Marquardt. Para assegurar que a verdadeira solução foi encontrada, após a convergência, repetiu-se os valores obtidos no primeiro processamento até a coincidência. A qualidade do ajuste foi avaliada por meio da análise do coeficiente de determinação, erro padrão de estimativa e distribuição dos resíduos. A significância estatística dos parâmetros estimados foi determinada pela observação do intervalo de confiança assintótico para 95 % de probabilidade de confiança. Desta forma, a hipótese nula  $H_0 : b_j = 0$  foi rejeitada quando o intervalo não incluiu zero.

**Tabela 4.** Ajustes das equações testadas para estimar o volume total com casca.

Nº	Coeficientes					Ajuste		
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	R <sup>2</sup> aj	Syx %	IF %
1	0,01064696	3,5119E-05				0,93	11,3	
2	0,00289111	0,00029106	1,67E-05	-8,57E-05		0,93	10,7	
3	-0,00876841	0,00372778	4,48E-05	-0,00014571	2,9610E-05	0,93	10,7	
4	-3,77175696	0,81146746				0,91		5,4
5	-3,60158057	2,02262706	0,260253			0,92		5,0

Onde:  $b_0, b_1, b_2, b_3$  e  $b_4$  = coeficientes das equações; R<sup>2</sup>aj = coeficiente de determinação ajustado; Syx % = erro padrão de estimativa em porcentagem; IF % = índice de furação em porcentagem.

## Resultados e Discussão

### Parâmetros do povoamento

Aos 78 meses de idade, o plantio apresentou em média 1.402 árvores por hectare e uma taxa de sobrevivência de 84,1 %. A área basal observada foi de 12,9 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e o volume total com casca de 66,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

O fator de forma e o percentual de casca médio foram de 0,56 e 25 %, respectivamente. Figueiredo et al. (2005) observaram um fator de forma médio de 0,52 e um percentual de casca de 19,08 % para plantios de teca entre 5 e 7 anos, em espaçamentos de 2 m x 2,4 m, 2 m x 3 m e 3 m x 2 m, nos municípios de Rio Branco e Acrelândia, no Acre.

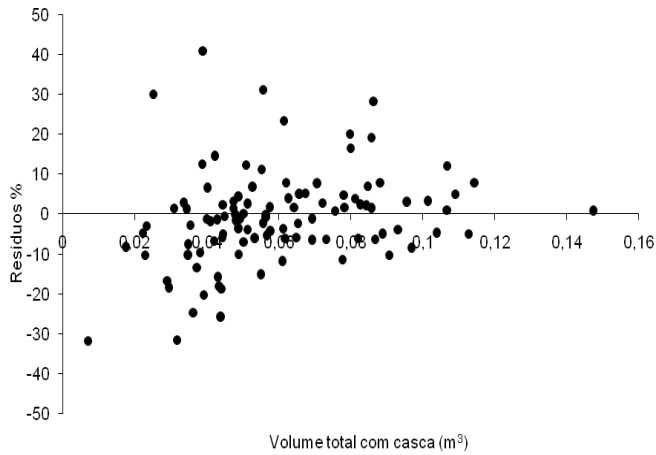
Autores como Passos et al. (2006) e Macedo et al. (2005) observaram valores para a sobrevivência de 91,7 % e entre 67,5 % a 70,4 % em plantios com 12 meses em Cáceres, MT e com 36 meses em Paracatu, MG.

### Equações de volume

Para as estimativas do volume total com casca, a equação de Schumacher-Hall (Modelo 1) apresentou o melhor ajuste e a melhor distribuição dos resíduos. Os ajustes podem ser observados na Tabela 4 e a distribuição dos resíduos na Figura 1.

A seleção da equação de Schumacher-Hall, na sua forma aritmética, difere do resultado obtido por Mouret et al. (1998) e Bermejo et al. (2004), que ao testarem equações de volume para plantios de teca na Venezuela e no litoral do Pacífico, na Costa Rica, respectivamente, utilizaram a Equação de Spurr (Modelo 1) para estimar o volume comercial de *T. grandis*.

Passos et al. (2006), ao testarem equações de volume para plantios de teca, em Cáceres, MT, obtiveram melhores resultados para o modelo de Schumacher – Hall, na sua forma logaritimizada.



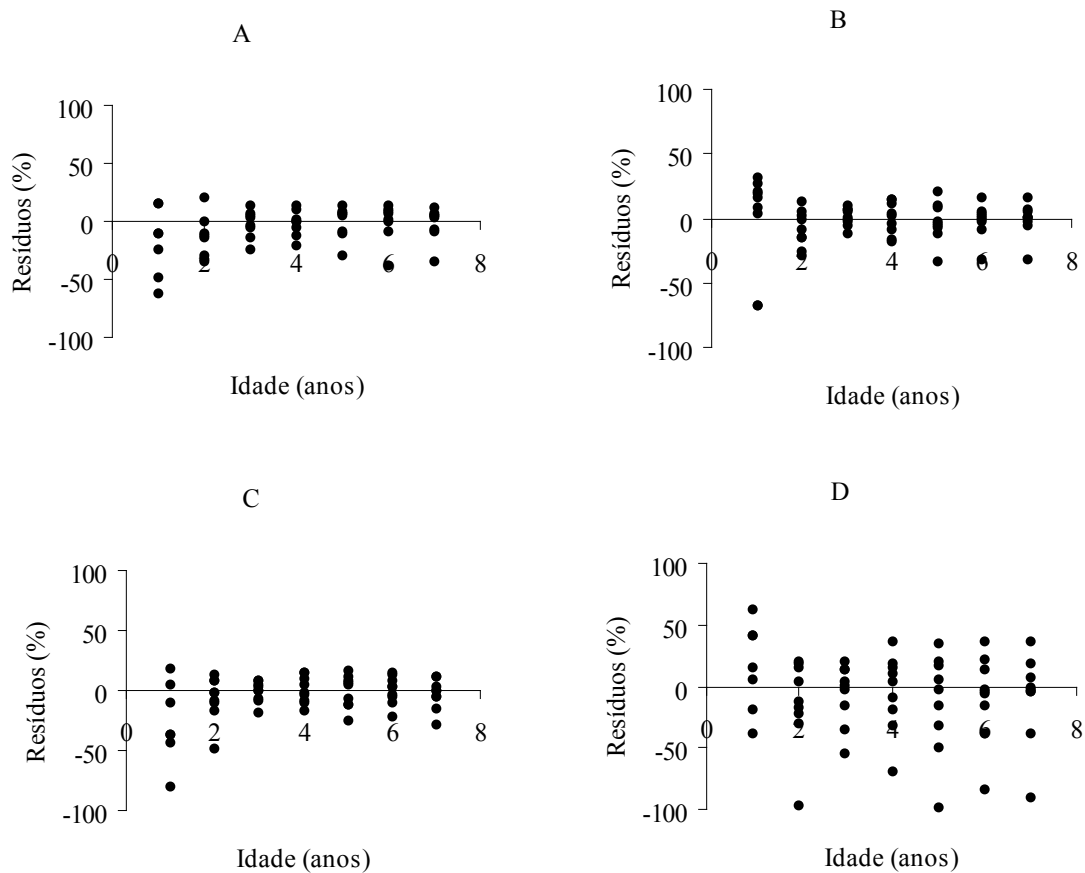
**Figura 1.** Distribuição dos resíduos para o modelo de Schumacher-Hall para volume total com casca de *Tectona grandis* aos 78 meses em Iracema, RR.

### Função de crescimento

Os ajustes para o modelo de Chapman-Richards para as variáveis altura dominante, altura média, DAP e volume podem ser observados na Tabela 5. A distribuição dos resíduos para esse modelo pode ser observada na Figura 2. Para estimar as variáveis altura dominante e DAP, foi removido o coeficiente “R”, uma vez que não se mostrou significativo.

**Tabela 5.** Ajuste para o modelo de Chapman-Richards para teca, em Iracema, RR.

Variável	Coeficientes			Ajuste	
	A	K	R	R <sup>2</sup>	Syx%
Altura dominante (m)	16,786	0,188	-	0,77	20,9
Altura média (m)	13,320	0,402	1,801	0,92	13,1
DAP (cm)	34,900	0,0412	-	0,93	12,7
Volume (m <sup>3</sup> )	0,0911	0,215	3,513	0,84	37,5



**Figura 2.** Distribuição dos resíduos para o modelo de Chapman-Richards para a altura dominante (A), altura média (B); DAP (C) e volume total sem casca (D).



O modelo de Chapman-Richards apresentou bons ajustes para todas as variáveis, concordando com os resultados obtidos por Nanang e Nunifu (1999), Perez e Kamminen (2005) e Drescher (2004), que utilizaram este modelo na construção de curvas de índice de sítio para plantios de teca ao norte de Gana, na Costa Rica, e nos municípios de Santo Antônio do Leverger e Brasnorte, no Mato Grosso.

Figueiredo (2005) construiu curvas de índice de sítio para plantios de teca nos municípios de Rio Branco e Acrelândia, no Acre, utilizando o modelo  $H_{100} = b_0 + b_1 t + b_2 * (1/t)$ . Bermejo et al. (2004), em um estudo de qualidade do sítio em plantios no litoral do Oceano Pacífico, na Costa Rica, selecionaram o modelo de Prodan. Os coeficientes e os ajustes dos modelos obtidos por estes autores podem ser observados na Tabela 6.

### Produtividade do plantio

O crescimento em DAP, altura média e volume total sem casca, obtido com a análise de tronco e o ajuste da função de Chapman-Richards para a área estudada, podem ser observados nas Tabelas 5 e 7.

Os valores observados para o incremento médio anual em volume aos sete anos de idade podem ser considerados baixos na comparação com vários estudos que relatam o crescimento de plantios de teca no Brasil e no mundo. Para Krishnapillay (2000), sob condições favoráveis, povoamentos jovens de teca atingem taxas de crescimento entre 10 a 20  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ . Esse autor observou um incremento médio anual de 2 cm em DAP e 4 m em altura, aos 23 meses de idade, em um plantio na Malásia.

Perez e Kamminen (2005) e Evans e Wood (1994) relataram incrementos médios anuais de 25  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ , 12  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  para plantios na Costa Rica e na Tanzânia, respectivamente.

Passos et al. (2006), em um estudo realizado em Cáceres, MT, com o objetivo de testar o comportamento silvicultural da teca em oito diferentes densidades e arranjos espaciais, observaram, aos 22 meses de idade, DAP e altura médias igual a 6,96 cm e 6 m, respectivamente, com incrementos médios anuais de 3,80  $cm \cdot ano^{-1}$  em diâmetro e 3,27  $m \cdot ano^{-1}$  em altura.

**Tabela 6.** Ajuste para funções de crescimento utilizadas para estimar a altura dominante em função da idade em diferentes estudos e regiões.

Local	Modelo	Coeficientes			Ajuste	
		$b_0$	$b_1$	$b_2$	R <sup>2</sup> aj	Syx%
Roraima	Chapman-Richards	16,78697	0,18899		0,772	20,94
Mato Grosso <sup>(1)</sup>	Chapman-Richards	19,04658	0,18667		0,694	9,5
Acre <sup>(2)</sup>	$H_{100} = b_0 + b_1 t + b_2 * (1/t)$	7,35386	0,93851	6,41359	-n.i	n.i
Costa Rica <sup>(3)</sup>	Prodan	0,69260	0,01080	0,0396	-n.i	n.i

(1) Drescher (2004); (2) Figueiredo (2005), (3) Bermejo et al., (2004), ni = não informa no estudo.

**Tabela 7.** Crescimento em DAP, altura e volume de teca em Iracema, RR.

t	DAP (cm)	ICA	IMA	H (m)	ICA	IMA	V ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )	ICA	IMA
1	1,43	1,43	1,43	1,82	1,82	1,82	0,47	0,47	0,47
2	2,81	1,38	1,41	4,58	2,76	2,29	3,67	3,2	1,83
3	4,13	1,32	1,38	7,03	2,44	2,34	10,52	6,85	3,51
4	5,39	1,26	1,35	8,91	1,89	2,23	20,20	9,68	5,05
5	6,61	1,21	1,32	10,29	1,37	2,06	31,28	11,08	5,25
6	7,77	1,16	1,30	11,25	0,97	1,88	43,76	12,48	7,29
7	8,89	1,12	1,27	11,92	0,67	1,70	52,80	9,04	7,54

Onde: t = idade em anos; DAP = diâmetro a altura do peito (cm); ICA = incremento corrente anual; IMA = incremento médio anual; h = altura (m); v = volume ( $m^3$ ).

Figueiredo (2001) observou um incremento médio anual de  $7,61 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  aos 5 anos de idade nos piores sítios nos municípios de Rio Branco e Acrelândia, no Acre, e de  $24,55 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  nos melhores sítios.

Esses incrementos são superiores aos observados neste trabalho. Aos 24 meses, o DAP médio foi de 2,81 cm, com um incremento médio anual de  $1,41 \text{ cm} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Já a média da altura foi igual a 4,58 m com um incremento médio anual de  $2,44 \text{ m} \cdot \text{ano}^{-1}$ . O incremento médio anual em volume ( $7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ) aos 5 anos foi bem próximo ao observado nos piores sítios no Acre, estando dentro do limite relatado por Perez e Kanninem (2005) para plantios na Costa do Marfim ( $3,4$  a  $11,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ).

Uma vez que autores como Bermejo et al. (2004), Drescher (2004) e Figueiredo et al. (2005) utilizaram o método da curva guia para construir curvas de índice de sítio para diferentes regiões, e disponibilizaram os coeficientes de ajuste em seus trabalhos, foi possível fazer uma comparação gráfica entre a curva de crescimento média em altura dominante nestas regiões com o plantio em Roraima.

Na região estudada por Figueiredo (2005), nos municípios de Acrelândia e Rio Branco, no Acre, a precipitação média anual é de 1.800 mm a 2.000 mm com 1 a 3 meses de período seco. Os solos predominantes pertencem à classe dos ARGISSOLOS e LATOSSOLOS, quimicamente pobres, porém com propriedades físicas favoráveis. Os espaçamentos iniciais de plantio foram de 2 m x 2 m; 2 m x 3 m e 3 m x 2 m, e as idades de plantio de 2; 4; 5; 7; e 9,5 anos.

Na Região do estudo de Drescher (2004), em Santo Antônio do Leverger, e em Brasnorte, em Mato Grosso, a precipitação anual varia entre 1.347 mm a 2.250 mm, com período seco de 3 a 4 meses. Os solos predominantes são os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO e LATOSSOLOS VERMELHO-ESCUROS, profundos, bem drenados. A idade dos plantios variou de 8 a 14 anos com espaçamento inicial de 3 m x 2 m.

Os dados de Bermejo et al. (2004) foram coletados no noroeste da Península de Nicoya, situada na costa do Oceano Pacífico, na Costa Rica. Segundo os autores, são bem representativos das plantações de teca na Costa Rica. Nesta região, a precipitação varia entre 1.800 mm a 2.450 mm, e os solos pertencem à classe dos CAMBISSOLOS, muito provavelmente HÁPLICOS Carbonáticos. Os plantios apresentavam idades variando entre 11 a 18 anos em espaçamentos iniciais de 3 m x 3 m.

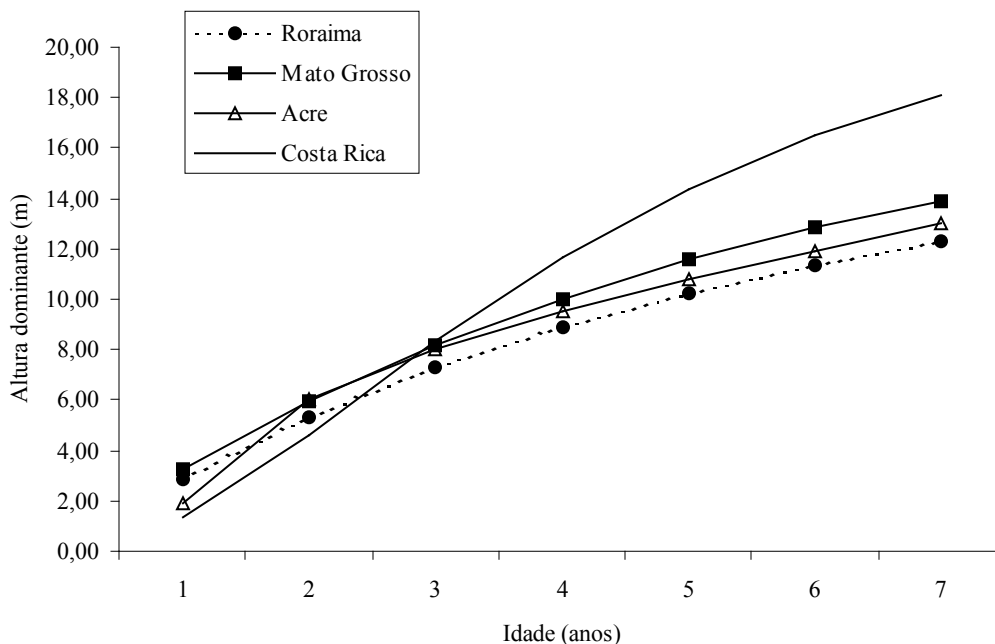
Quanto às classes de solo mencionadas por diferentes autores em estudos com plantios de teca, é importante salientar que, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006), os ARGISSOLOS representam uma classe heterogênea, com aumento de argila em profundidade e de fertilidade variada. São solos que podem apresentar limitações aos plantios florestais nos primeiros anos após o plantio, devido à alta susceptibilidade à erosão causada pela transição abrupta entre os horizontes A e B.

Os LATOSSOLOS apresentam características físicas muito favoráveis por serem muito profundos, com macroestrutura fraca ou moderada, mas uma microestruturação (pseudoareia) muito forte no horizonte latossólico. Entretanto, são solos geralmente de baixa fertilidade natural. A boa estruturação física e a localização em relevos planos tornam os LATOSSOLOS pouco limitantes à implantação florestal. De modo geral, apresentam pequena quantidade de nutrientes às plantas, mas podem ser corrigidos por calagem e adubação (SANTOS et al., 2006).

Já os CAMBISSOLOS, mencionados em estudos com plantios de teca na Costa Rica, são caracterizados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006) por apresentarem características físicas desfavoráveis ao manejo, em virtude da ocorrência de fragmentos de rochas permeando a massa de solo. Entretanto, tais rochas representam a existência de minerais primários facilmente alteráveis que podem atuar como reserva de nutrientes, o que pode favorecer o crescimento da teca nesses sítios.

A comparação entre o crescimento em altura dominante para a teca em diferentes sítios indicou que o sítio de plantio em Roraima apresentou o pior desempenho, porém apresentando mesma tendência no padrão de crescimento observada nos plantios avaliados no Estado do Acre. O sítio no litoral do pacífico, na Costa Rica, mostrou-se superior a partir dos três anos de idade, apresentando curva com maior inclinação na comparação com os demais (Figura 3).

As razões para as diferenças no padrão de crescimento em altura dominante observadas são de difícil discussão, uma vez que o crescimento em altura dominante pode ser influenciado pelo material genético e pelas técnicas de preparo do solo e manejo da adubação. Quanto ao material genético, não existem relatos adequados de introdução no Brasil em relação ao número de progênies, populações e forma de coleta no país de origem.



**Figura 3.** Comparação entre curvas de crescimento em altura dominante para plantios de teca em diferentes regiões.

É importante ressaltar que, normalmente, os trabalhos de crescimento e produção florestal trazem pouca ou nenhuma informação sobre as características físico-química dos solos e sobre o seu preparo para o plantio.

Considerando-se que os plantios estão em regiões cujas variáveis climáticas não podem ser consideradas limitantes para o crescimento da espécie e desconsiderando-se diferenças no material genético e no preparo do solo, as propriedades químicas do solo podem responder, ao menos parcialmente, pelas diferenças observadas.

Barra (1996) relata que a concentração de Cálcio (Ca) tem sido um dos principais fatores edáficos assinalados como limitantes para o crescimento da teca. Os sítios de alto rendimento para a espécie na região do Pacífico na Costa Rica apresentam solos com concentrações de Ca entre 21 a 30  $\text{cmolc L}^{-1}$ ; de magnésio (Mg) entre 6 e 9  $\text{cmolc L}^{-1}$ ; de potássio (K) entre 0,1 e 0,3  $\text{cmolcL}^{-1}$  e de fósforo (P) de, aproximadamente, 6 ppm ( $\text{mg L}^{-1}$ ). Já os sítios considerados de baixo rendimento apresentam solos com teores de P entre 1,5 ppm e 1,7 ppm, e Ca entre 16 e 17  $\text{cmolc L}^{-1}$  e de Mg entre 5 e 5,6  $\text{cmolc L}^{-1}$ . A partir dos valores apresentados por Barra (1996), constata-se que os sítios com plantios de baixo rendimento são bem mais pobres em P em relação aos sítios com plantios de alto rendimento.

De acordo com a caracterização química do solo do sítio experimental em Iracema, RR, os teores de Ca, Mg, P e K observados estão muito abaixo dos melhores sítios na Costa Rica. Os teores de fósforo, cálcio e magnésio do sítio avaliado neste estudo também estão bem abaixo dos teores encontrados nos piores sítios da Costa Rica (Tabela 1). Chavez e Fonseca (1991) afirmaram que a baixa disponibilidade de cálcio é fator limitante para a teca e a sua falta traduz-se em raquitismo das árvores.

Singh e Singh (2001) compararam o desempenho de diferentes espécies, dentre as quais a teca, mediante adição de nutrientes por meio de fertilizantes. Ao adicionar 30  $\text{kg.ha}^{-1}$  de N; 15  $\text{kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 20  $\text{kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , os autores encontraram efeitos significativos sobre a altura e o volume da teca. Já a concentração foliar de  $\text{P}_2\text{O}_5$  somente aumentou mediante dose de 30  $\text{kg.ha}^{-1}$ .

O crescimento da teca no sítio de Iracema, RR, associado aos atributos de solo e às informações da literatura, indicam que a calagem e a adubação são fundamentais para o aumento da produtividade e o sucesso comercial desta espécie no local estudado, sendo necessário o estabelecimento de ensaios de adubação nas diferentes condições edafoclimáticas do Estado de Roraima.



## Conclusões

Dentre os modelos testados para estimar volume com casca para árvores de *Tectona grandis*, a equação de Schumacher-Hall foi a que apresentou melhores estatísticas de ajuste e precisão, bem como melhor distribuição gráfica dos resíduos.

A curva de crescimento em diâmetro, altura média, altura dominante e volume total sem casca foi determinada de forma satisfatória com o emprego da função de Chapman-Richards.

A comparação entre curvas de crescimento em altura dominante em diferentes regiões indicou que o plantio localizado em Roraima não apresentou bom desempenho. Constatou-se que o nível de fertilidade do solo na região está abaixo do considerado satisfatório para o bom desempenho da espécie.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2008. Brasília, DF. 2009. 120 p. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Acesso em 31/08/2009
- BARRA, O. S. V. **Productividad Y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L. F., *Bombacopsis quinatum* (jacq.) Dungand Y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica.** Turrialba: CATIE, 1996. 147f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Conservação) - Centro Agronômico Tropical de Investigacion Y Ensenanza.
- BERMEJO, I.; CAÑELLAS, I.; MIGUEL, A. S. Growth and yield models for teak plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 189, p. 97-110, 2004.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 6, de 15 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a reposição florestal e o consumo de matéria-prima florestal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 241, 18 de Dez, 2006.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001, p. 173-180.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; COSCIONE, A. R.; ANDRADE, J. C. de. Determinação de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis em extrato de cloreto de potássio. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001, p. 213-224.
- CENTENO, J. C. **The management of teak plantations.** 2001. Disponível em <www.itto.org.jp/newsletter/v7n2/10management.html>. Acesso em: 15 out. 2003.
- CHAVES, E.; FONSECA, W. **Teca-Tectona grandis l.f. espécie de arbol de uso multiple en America Central.** Turrialba: Catie. 1991. 47p. (Série Técnica-Informe Técnico n,79)
- CLUTTER, J.; FORTSON, J.; PIENAAR, L.; BRISTER, H.; BAYLEY, R. **Timber management: a quantitative approach.** New York: Wiley, 1983. 333 p.
- DRESCHER, R. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* LINN f., em povoamentos jovens de duas regiões do Estado de Mato Grosso – Brasil.** 2004. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- EVANS, J.; WOOD, P. El Rol de las plantaciones en la silvicultura tropical. **Actualidad Forestal Tropical**, v. 2, n.1, p.16, 1994.
- FAO. **Eleccion de especies arbóreas para plantacion.** Roma: FAO,1959. 375 p.
- FIGUEIREDO, E. O. **Reflorestamento com teca (*Tectona grandis*) no estado do Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001, 28 p: il. (Embrapa Acre. Documentos, 65).
- FIGUEIREDO, E. O. **Avaliação de modelos pelo método da curva média para a construção de curvas de índice de sitio para *Tectona grandis* L. f.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. 49 p. il. color. (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 42).
- FIGUEIREDO, E.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de. Estimativa do percentual de casca e do fator de forma em povoamentos jovens de teca (*Tectona grandis*, L. f.). Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005, 5 p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 165).
- GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods.** 2 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 383-409.
- HERRERA, B.; ALVARADO, A. Calidad de sitio y factores ambientales em bosques de Centro América. **Agronomia Costarricense**, v. 22, n. 1, p. 99-117, 1998.
- KEOGH, R. M. Growth rates of teak (*Tectona grandis*) in the Caribbean/Central American region. **Forest Ecology and Management**, v. 35, p. 311-314, 1990.
- KRISHNAPILLAY, B. Silviculture and management of teak plantations. **Unasyiva**, v. 51, p. 14-21, 2000.
- 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**, n.1, p. 61-69, 2005.
- MOURÃO JÚNIOR, M.; XAUD, M. R.; XAUD, H. A. M.; MOURA NETO, M. A.; ARCO-VERDE, M. F.; PEREIRA, P. R. V. S.; TONINI, H. **Precipitação pluviométrica em áreas de transição savana-mata de Roraima:** campos experimentais Serra da Prata e Confiança. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2003. 7 p. (Embrapa Roraima: Comunicado Técnico. 17). Disponível em <http://www.cpafrt.embrapa.br>. Acesso em: 17/09/2006.

- MOURET, A. Y.; JEREZ, M.; MOURA, A. Determinación de ecuaciones de volumen para plantaciones de teca (*Tectona grandis* Linn. f.) en la unidad experimental de la reserva forestal Caparo, Estado Barinas – Venezuela. Merida – Venezuela. **Revista Forestal Venezolana**, v. 42, n.1, p.41-51, 1998.
- NANANG, D. M.; NUNIFU, T. K. Selecting a functional form for anamorphic site index curve estimation. **Forest Ecology and Management**, v. 118, p. 211-221, 1999.
- NUNIFU, T.K.; MURCHISON, H.G. Provisional yield models of teak (*Tectona grandis* Linn F.) plantations in northern Ghana. **Forest Ecology and management**, v.120, p.171-178, 1999.
- PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. **Unasyuva**, v. 51, n. 201, p. 3-13, 2000.
- PASSOS, C. A. M.; BUFULIN JÚNIOR, L.; GONÇALVES, M. R. Avaliação Silvicultural de *Tectona grandis* L. f., em Cáceres – MT, Brasil: Resultados Preliminares. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 225-232, 2006.
- PERES, D.; KAMMINEN, M.; Stand growth scenarios for tectona grandis plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and management**, v. 210, p. 425-441, 2005.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il. Inclui apêndices.
- SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria: UFSM, CEPEF, 1997. 217 p.
- SILVA, F. C. (Org.). Manual de Análise Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, 1999. v. 1. 320 p.
- SINGH, A.; SINGH, J. S. Comparative growth behavior and leaf nutrient status of native trees planted on mine spoil with and without nutrient amendment. **Annals of Botany**, v. 87, p. 777-787, 2001.
- UPADHYAY, A.; EID, T.; SANKHAYAN, P. L. Construction of site index equations for even aged stands of *Tectona grandis* from permanent plot data in India. **Forest Ecology and Management**, v. 212, p.14-22, 2005.
- ZEIDE, B. Analysis of growth equations. **Forest Science**, v. 39, n. 3, p. 594-616, 1993.

---

Recebido em 31 de outubro de 2009 e aprovado em 12 de novembro de 2009