Capacidade produtiva de *Tectona grandis* L.f no Sudoeste de Mato GrossoProductive capacity of *Tectona grandis* L.f in Southwestern Mato Grosso State, BrazilArthur Guilherme Schirmbeck Chaves¹, Ronaldo Drescher², Sidney Fernando Caldeira²,
Diego Tyszka Martinez² e Diogo Guido Streck Vendruscolo³

Resumo

O conhecimento da capacidade produtiva local é necessário para estruturar a produção e o manejo florestal. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a capacidade produtiva da Teca na região sudoeste de Mato Grosso, por meio da análise de curvas de índice de sítio, até a colheita florestal. Os dados foram coletados em parcelas permanentes e pela análise de tronco de 32 árvores dominantes de dois povoamentos com 33 e 34 anos de idade. Foram ajustados oito modelos de índice de sítio e o critério de seleção obedeceu ao menor erro padrão de estimativa, ao maior coeficiente de determinação ajustado, ao maior valor do teste F e a ausência de tendências na análise gráfica dos resíduos. As curvas de índice de sítio foram confeccionadas pelo método da curva-guia. Também foram coletadas amostras de solo para análise física e de macronutrientes. O modelo de Hoerl apresentou o melhor ajuste e foi detectado que a base de dados segue o padrão anamórfico, assim, a tendência do crescimento é a mesma entre as curvas. Foram geradas quatro curvas de índice de sítio na idade-índice de 30 anos e estabelecidas três classes de produtividade para Teca. As características edáficas da região são favoráveis ao cultivo da Teca e as curvas representam o potencial produtivo para a espécie.

Palavras-chave: Índice de sítio, Teca, altura dominante.

Abstract

The knowledge of the site is necessary to understand the production and forest management. The objective of this study was to determine the productive capacity of Teak in southwestern Mato Grosso State, through the analysis of site index curves, to forest harvesting. The data were collected in permanent plots and the stem analysis of 32 dominant trees of two stands, 33 and 34 years old. Eight site index models were adjusted and the selection criteria followed the lowest standard deviation, the highest adjusted coefficient of determination, F test value and the absence of trends in the graphical analysis of the residuals. The site index curves were prepared by the method of the guide curve. Soil samples were collected for physical analysis and macronutrients. The model presented by Hoerl had the best fit and it was found that the database follows an anamorphic pattern, thus, the growing trend is the same between the curves. Four site index curves were generated in an age-index of 30 years and three productivity classes of Teak were established. The soil characteristics of the region are favorable to the cultivation of Teak and the curves illustrate the productive potential for the species.

Keywords: Site index, teak, dominant height.

INTRODUÇÃO

A *Tectona grandis* L.f., Teca, é espécie nativa do continente asiático, que foi introduzida em diversas regiões da África e das Américas, e destaca-se entre as principais espécies produtoras de madeira tropical para o mercado de móveis de luxo e da construção naval (PANDEY; BROWN, 2000; BERMEJO et al., 2004; REIS; PALUDZYSZYN FILHO, 2011).

Em Mato Grosso, a espécie é cultivada com sucesso e o ciclo para a produção de toras para serraria é estimado entre 25 a 30 anos (MACEDO et al., 2005). Segundo Reis e Paludzyszyn Filho (2011) é a espécie mais plantada no Estado. Estas características estimulam a busca por sítios florestais mais adequados para aumentar a produtividade e, conseqüentemente, reduzir o ciclo de produção da Teca.

¹Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico. IFMT - Instituto Federal de Mato Grosso. Campus Cáceres. Av. dos Ramires, s/n - 78200000 - Cáceres, MT, Brasil. E-mail: arthur.chaves@cas.ifmt.edu.br.

²Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais e Ambientais. UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso / Faculdade de Engenharia Florestal. Av. Fernando Correa da Costa - 78000000 - Varzea Grande, MT, Brasil. E-mail: ronaldodrescher@gmail.com; sidcal@ufmt.br; diegotyszka@hotmail.com.

³Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso / Faculdade de Engenharia Florestal. Av. Fernando Correa da Costa - 78000000 - Varzea Grande, MT, Brasil. E-mail: diogoguido@hotmail.com.

A qualidade do sítio é a soma total dos fatores edáficos, biológicos e climáticos que afetam a planta ou as plantas. O sítio não é um fator nem todos os fatores, mas a soma dos fatores efetivos entre os quais, um ou mais são dominantes (SPURR, 1952).

Para os empreendimentos florestais, a determinação da produtividade dos sítios é fator básico na condução de povoamentos e no planejamento da produção madeireira (SELLE et al., 1994).

O índice quantitativo, conhecido como índice do local, é determinado a partir da altura dominante média do povoamento em uma idade específica, que é denominada de idade-índice. Segundo Campos e Leite (2009), este método é prático e consistente, pois todos os fatores ambientais são refletidos de modo interativo no crescimento em altura, a qual também está relacionada com o volume.

Os dados utilizados para o ajuste do modelo de crescimento em altura dominante devem abranger desde a idade jovem, após o estabelecimento do povoamento, até a máxima idade possível, idade índice, ou próxima à colheita. Isso garante consistência entre a curva-guia estimada e a verdadeira tendência de crescimento em altura dominante ao longo do ciclo de corte (FIGUEIREDO et al., 2005; SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Sobre o tema existem poucos estudos com a Teca no mundo. No Brasil, não existem publicações sobre o tema, próximo ao ciclo de rotação da espécie. Assim, o objetivo do presente trabalho foi determinar a capacidade produtiva da Teca na região sudoeste de Mato Grosso, por meio da análise de curvas de índice de sítio, a partir de árvores da colheita florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram provenientes de dois povoamentos de Teca localizados no município de Indiavaí, na região sudoeste de Mato Grosso, a 380 Km de Cuiabá. As áreas estão circunscritas à coordenada 15° 25' 21,70" S – 58° 36' 34,71" W e à 15° 25' 18,00 S – 58° 35' 36,42 W, tomando como referência um raio de 500m, em ambas.

O solo foi gradeado e plantadas mudas do tipo toco, "stump", no espaçamento de 2,0m x 2,0m, 2500 árvores.ha⁻¹. As árvores foram desramadas até o quarto ano de idade, e a manutenção do fuste comercial limpo foi efetuada até cinco anos antes da colheita florestal. Ambos povoamentos foram desbastados, respectivamente aos 6, 11, 14, 20, 23, 26 anos de idade e aos 6, 11, 14, 17, 20, 23 anos de idade.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw, clima tropical com estação seca, em que a temperatura média anual varia entre 24 °C e 27 °C, com oscilação de temperatura no ano inferior a 5 °C. A precipitação média anual é de 1.222 mm, com máxima de 1.698 mm e mínima de 843 mm, porém com uma nítida estação seca, apresentando déficit hídrico entre abril e novembro (ALVARES et al., 2013).

Para a coleta de dados e posterior análise de tronco, na colheita florestal do primeiro povoamento, 21,3700 ha, com idade de 34 anos, foram selecionadas doze árvores dominantes, e os discos coletados em posições de 0,1m; 0,8m e em distâncias de três metros ao longo do fuste, até a altura total, seguindo o galho principal após a bifurcação.

Na colheita florestal do segundo povoamento, 12,8000 ha, aos 33 anos de idade, os dados da circunferência à altura do peito e da altura total foram provenientes de seis parcelas permanentes de 1000 m², coletados ao longo dos últimos dez anos. Complementarmente, após o corte raso, foram selecionadas 20% das árvores de maior diâmetro, com casca, por parcela, segundo o critério de dominância de Assmann, para a cubagem rigorosa e a análise de tronco.

A cubagem rigorosa foi efetuada segundo o estabelecido por Smalian e, para a análise de tronco, foram retirados discos nas seções da base, a 0,15 m, do final da primeira tora comercial, a 7,4 m, e, após a primeira bifurcação e ao longo do galho principal, a cada dois metros.

De ambos povoamentos, foram totalizadas trinta e duas árvores para a análise de tronco com os dados de diâmetro com casca, da altura dominante e da idade.

Foram ajustados oito modelos de regressão para a estimativa da altura dominante em função da idade (Tabela 1), disponíveis na literatura (SELLE et al., 2008; SCHNEIDER et al., 2009; MILANI et al., 2013).

Tabela 1. Modelos de altura dominante ajustados para *Tectona grandis*.**Table 1.** Dominant height models adjusted for *Tectona grandis*.

Nº	Modelos	Autor
1	$\ln(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(t) + \beta_2 \cdot \ln(t)^2 + \varepsilon_i$	Backman
2	$Hd = \beta_0 \cdot (1 - \exp(-\beta_1 \cdot t))^{\beta_2} + \varepsilon_i$	Chapman-Richards
3	$\ln(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(t) + \beta_2 \cdot t + \varepsilon_i$	Gram
4	$\ln(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{t} + \beta_2 \cdot \ln(t) + \varepsilon_i$	Hoerl
5	$Hd = \beta_0 \cdot (1 - \exp(-\beta_1 \cdot t)) + \varepsilon_i$	Mitscherlich
6	$\ln(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot t^2 + \beta_3 \cdot t^3 + \varepsilon_i$	Moissev
7	$\ln(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{t} + \varepsilon_i$	Schumacher
8	$\ln(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{t} + \beta_2 \cdot \left(\frac{1}{t}\right)^2 + \beta_3 \cdot \left(\frac{1}{t}\right)^3 + \varepsilon_i$	Spillmam

Hd = altura dominante (m); t = idade (anos); β = coeficiente de regressão; ln = logaritmo neperiano; e ε_i = erro associado.

O critério para seleção obedeceu ao menor erro padrão da estimativa em porcentagem - $S_{yx}\%$ (Equação 1), ao maior coeficiente de determinação ajustado - R^2_{ajust} (Equação 2), ao valor calculado pelo teste F e pela análise gráfica dos resíduos em porcentagem - $E\%$ (Equação 3).

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

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

$$E\% = \left(\frac{H_i - \bar{H}_i}{H_i} \right) 100 \quad (3)$$

Em que: H_i = altura observada; $\hat{H}_i$ = altura estimada; $\bar{H}$ = média da das alturas observadas; n = número de dados observados; p = número de coeficientes do modelo; SQ_{res} = soma dos quadrados dos resíduos; e SQ_{tot} = soma total dos quadrados.

Após a seleção do melhor modelo, o mesmo foi usado para estimar a altura dominante em função da idade, para cada uma das seis parcelas do povoamento 2. Os dados do povoamento 1 foram tratados como a sétima parcela.

Com a transformação de modelos não lineares pela linearização, o antilogaritmo dos valores estimados pela regressão resulta em valores médios menores que os valores médios dos dados observados não-logaritmizados (MEYER, 1941). Assim, para eliminar a discrepância logarítmica, os valores estimados foram corrigidos, multiplicando-se os volumes pela expressão conhecida como Fator de Correção de Mayer, expresso por: $FCM = e^{0,5 \cdot S_{yx}^2}$, em que: FCM = fator de correção de Meyer; e = exponencial; e S_{yx} = erro padrão de estimativa.

Após os ajustes e a seleção do melhor modelo de índice de sítio, foi realizado o teste para avaliar se as curvas apresentavam comportamento polimórfico ou anamórfico, e verificar se as diferentes parcelas apresentam a mesma tendência de crescimento.

A idade índice foi de 30 anos e através da plotagem das alturas dominantes nas curvas de índice de sítio foram estabelecidas três classes de produtividade, Classe I, Classe II e Classe III.

Foram coletadas amostras de solo de 0-20 cm de profundidade, estratificadas por parcelas, para a análise granulométrica e a análise nutricional padrão, com objetivo de avaliar as propriedades químicas e físicas do solo dos povoamentos, no fim do ciclo de rotação florestal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os povoamentos colhidos aos 33 e 34 anos de idade apresentavam densidade média de 167 árvores.ha⁻¹, variando de 140 a 190 árvores.ha⁻¹, com diâmetro médio da copa de 8,0 m. Os valores médios registrados para as alturas dominante e comercial foram, respectivamente, de 24,3m e 14,5m, a área basal de 23,84 m².ha⁻¹ e o volume total de 237,46 m³.ha⁻¹.

Para a maioria dos modelos, os ajustes proporcionaram medidas de erro padrão das estimativas ($S_{yx}\%$) entre 5,08 e 5,29%, com destaque para os modelos de Hoerl (4), Spillmam (8), Backman

(1) e Chapman-Richards (2), e os maiores valores foram obtidos para os modelos de Schumacher (7) e Mitscherlich (5) (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes e estatísticas dos modelos de altura dominante ajustados para *Tectona grandis*.
Table 2. Coefficients and statistics of dominant height models adjusted for *Tectona grandis*.

Modelo	β_0	β_1	β_2	β_3	$R^2_{ajust.}$	$S_{yx}\%$	F_c
1	1,5430	0,7573	-0,0799	-	0,92	5,18	1.290,36
2	28,4771	0,0436	0,4732	-	0,92	5,21	1.250,38
3	1,8099	0,4992	-0,0104	-	0,92	5,28	1.244,93
4	2,6434	-1,9077	0,1811	-	0,93	5,08	1.328,25
5	24,3174	0,1315	-	-	0,89	6,24	971,23
6	2,0450	0,1266	-0,0053	0,0001	0,92	5,29	1246,36
7	3,2880	-3,7957	-	-	0,90	5,99	851,96
8	3,4532	-8,9681	38,9070	-80,1738	0,93	5,12	1.300,31

Quanto ao coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{ajust.}$), para maioria dos modelos o valor foi de 0,92 e 0,93, e, valores menores para os modelos de Mitscherlich (5) e Schumacher (7). Para o teste de F, os maiores valores foram registrados para os mesmos modelos que apresentaram o menor $S_{yx}\%$.

Conceição et al. (2012) também destacaram os mesmos modelos, ao estudarem a capacidade produtiva local de *Tectona grandis*, aos 26 anos de idade, em Monte Dourado, estado do Pará.

Assim, para os modelos de Hoerl (4), Spillman (8), Backman (1) e Chapman-Richards (2) foram confeccionados os gráficos de distribuição dos resíduos em função da altura dominante estimada.

A distribuição residual para os modelos de Backman (1) e Chapman-Richards (2) apresentou leve instabilidade nas idades iniciais. Esse tipo de instabilidade da modelagem com a teca também foi encontrado por Figueiredo et al. (2005), para as idades inferiores aos quatro anos. Certamente isso ocorre devido as plantas estarem em fase de adaptação, promovendo maior heterogeneidade no povoamento. Por isso, não se recomenda a classificação de sítios em idades jovens (MACHADO et al., 1997). Já os modelos de Hoerl (4) e Spillman (8) apresentaram comportamentos semelhantes, e corrigiram adequadamente os problemas residuais inerentes a instabilidade inicial (Figura 1).

Figura 1. Distribuição dos resíduos para os modelos de Backman, Chapman-Richards, Hoerl e Spilman para *Tectona grandis* L.f.

Figure 1. Distribution of residuals for the Backman, Chapman-Richards, Hoerl and Spilman models for *Tectona grandis* L.f.

O modelo de Hoerl (4), para o qual se registrou o menor $S_{yx}\%$, 5,08%, o maior $R^2_{ajust.}$, 0,93, o maior valor de F, 1.328,25, e adequada distribuição residual, foi selecionado para estimar a altura dominante em função da idade por parcela dos povoamentos.

Observa-se que o modelo resultou em ajustes adequados para todas as parcelas, com baixo erro padrão das estimativas, igual ou inferior a 0,18%, e alto coeficiente de determinação ajustado, igual ou superior a 0,971 (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas das alturas dominantes individualizadas por parcelas, utilizando o modelo de Hoerl para *Tectona grandis*.

Table 3. Estimates of the dominant height individual plots, by using the Hoerl model for *Tectona grandis*.

Parcela	1	2	3	4	5	6	7
S _{yx} %	0,16	0,06	0,18	0,11	0,06	0,09	0,09
R ²	0,980	0,998	0,971	0,987	0,996	0,994	0,995
F _c	734,70	6601,70	510,00	1145,26	3397,57	2414,54	2834,64
β ₀	2,3174	2,5936	2,4742	2,6479	2,8629	2,6623	2,9456
β ₁	-1,0422	-2,0390	-1,3992	-1,6588	-1,9472	-2,1477	-3,1203
β ₂	0,2548	0,2078	0,2176	0,1722	0,1102	0,1742	0,1311

S_{yx}% = erro padrão das estimativas em percentagem; R²aj. = coeficiente de determinação ajustado; F_c= valor calculado pelo teste F; β = coeficientes de regressão.

Para verificar se as diferentes parcelas apresentavam a mesma tendência de crescimento, foi realizada uma análise de covariância, conforme preconizado por Selle et al. (2008) e Schneider et al. (2009). Através do modelo (Hdom = Parc Id Parc*Id) foi testada a hipótese da influência da parcela, do tempo e da parcela no tempo, sobre o crescimento em altura dominante.

Para o tratamento “parcela”, o valor de F = 1,57, probabilidade < 0,0001, não foi significativo, denotando que não houve influência das parcelas sobre o crescimento em altura dominante (Tabela 4). Pode ser observado que todas as parcelas apresentam a mesma tendência de crescimento e a mesma inclinação, conseqüentemente, os dados podem ser tratados como um grupo uniforme e único, e as curvas de índice de sítio são do tipo anamórficas.

Tabela 4. Análise de covariância das alturas dominantes por parcelas para o modelo de Hoerl para *Tectona grandis*.

Table 4. Covariance analysis of dominant heights by plots for the Hoerl model for *Tectona grandis*.

Classe	Parcelas		Valores						Observações	
Parcelas	7		1 2 3 4 5 6 7						231	
Fonte de variação	GL	SQ	QM						Fc	Pr>F
Modelo	13	6025,65	463,51						79,85	<0,0001
Erro	217	1259,67	5,80							
Total	230	7285,32								
R ²	CV	Erro quadrático médio							H média	
0,83	12,67	2,41							19,00	
Fonte de variação	GL	SQ (I SS)	QM						Fc	Pr>F
Parcela	6	54,70	9,12						1,57	0,1569
Idade	1	5939,07	5939,07						1023,1	<0.0001
Parcela*idade	6	31,88	5,31						0,92	0,4847

A partir do coeficiente β₁ do modelo selecionado (Hoerl), foi possível construir as curvas de índice de sítio a partir da Equação 4. A idade de referência utilizada foi de 30 anos, sendo esta a época aproximada da colheita florestal.

$$h_d = IS \left[\frac{e - 1,9077 \left(\frac{1}{I} \right)}{e - 1,9077 \left(\frac{1}{I_{ref}} \right)} \right] \quad (4)$$

em que: h_d = altura dominante (m); IS = índice de sítio; e = exponencial; I = idade (anos); e I_{ref} = idade referência (anos).

Foram plotadas as alturas dominantes das parcelas nas curvas de índice de sítio para estabelecer o número de classes de produtividade, sendo estabelecida uma amplitude de três metros para cada classe. Então, foram definidas três classes de produtividade denominadas Alta, Média e Baixa, respectivamente, Classe I, Classe II e Classe III.

A estabilidade da classificação, que trata da permanência de uma parcela na mesma classe de sítio ao longo dos anos, foi satisfatória, principalmente para as idades mais avançadas do povoamen-

to, no entanto, para as idades iniciais pôde-se observar instabilidade entre as classes de sítio (Figura 2). Resultados semelhantes de instabilidade na classificação para as fases iniciais, também foram encontrados por Drescher (2004); Selle et al. (2008); Conceição et al. (2012).

Contudo, os povoamentos foram implantados no espaçamento 2,0m x 2,0m e submetidos ao primeiro desbaste ao sexto ano de idade, assim, a competição por luz estimulou o crescimento primário e contribuiu para o maior desenvolvido em altura das árvores e que refletiu na altura dominante.

Figura 2. Curvas de índice de sítio para *Tectona grandis* na região Sudoeste de Mato Grosso.

Figure 2. Site index curves for *Tectona grandis* in the Southwestern region of Mato Grosso State, Brazil.

Todas as parcelas estudadas foram classificadas na classe II, ou de produtividade média.

Com os limites inferiores e superiores das três classes de sítio é possível identificar com facilidade a classe produtiva de povoamentos de Teca na região de estudo (Tabela 5).

No estado de Mato Grosso, outros estudos com povoamentos jovens de teca, aos 7 anos de idade, em Tangará da Serra - MT, Novaes (2009) estabeleceu três classes de produtividade que variaram entre 13,5 e 16,5 metros. Em Brasnorte e Santo Antônio do Leverger - MT, aos 10 anos, Drescher (2004) estabeleceu cinco classes de sítio, em intervalo de 2 metros, que variaram entre 10 e 20 metros de altura.

Ainda que, em regiões distintas, com intervalos e número de classes diferentes, em todos esses trabalhos realizados em Mato Grosso, os valores registrados para as classes estabelecidas encontram-se nos mesmos intervalos registrados para povoamentos colhidos aos 33 e 34 anos de idade (Figura 1).

Para povoamentos implantados em sítios homogêneos, principalmente quanto à característica de solo e topografia, é possível adotar menor número de classes e menor intervalo entre as classes, pois a variação entre as alturas das parcelas deverá ser menor.

O crescimento em altura dominante até os 11 anos foi semelhante ao observado por Novaes (2009) em Santo Antônio do Leverger-MT, por meio da equação $Hd = 15,343068(1 + 5,98063e^{-0,614544 \cdot idade})$ com valores variando de 11 a 14 m, de 14 a 17 e acima de 17, respectivamente estabelecidas pelo autor, para as classes produtivas I, II e III. E também se assemelham aos encontrados por Pelissari et al. (2014) em Nossa Senhora do Livramento-MT, por meio da equação $Hd = 30,7515[1 - e^{-1,1074 \cdot idade}]^{0,97162}$, onde estabeleceram duas classes produtivas (I e II) com valores médios de altura variando de 16 a 20 m aos 12 anos de idade.

Tabela 5. Classes de índice de sítio para *Tectona grandis* na região Sudoeste de Mato Grosso.
Table 5. Class site index for *Tectona grandis* in the Southwestern region of Mato Grosso State, Brazil.

CLASSES DE SÍTIO						
Idade (anos)	Classe III		Classe II		Classe I	
	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls
4	8,8	10,2	10,2	11,5	11,5	12,9
5	10,1	11,7	11,7	13,2	13,2	14,8
6	11,2	12,9	12,9	14,6	14,6	16,3
7	12,0	13,9	13,9	15,7	15,7	17,6
8	12,7	14,7	14,7	16,7	16,7	18,6
9	13,4	15,4	15,4	17,5	17,5	19,6
10	13,9	16,1	16,1	18,2	18,2	20,4
11	14,4	16,7	16,7	18,9	18,9	21,1
12	14,9	17,2	17,2	19,5	19,5	21,7
13	15,3	17,6	17,6	20,0	20,0	22,3
14	15,6	18,1	18,1	20,5	20,5	22,9
15	16,0	18,5	18,5	20,9	20,9	23,4
16	16,3	18,8	18,8	21,3	21,3	23,8
17	16,6	19,2	19,2	21,7	21,7	24,3
18	16,9	19,5	19,5	22,1	22,1	24,7
19	17,1	19,8	19,8	22,4	22,4	25,1
20	17,4	20,1	20,1	22,8	22,8	25,4
21	17,6	20,4	20,4	23,1	23,1	25,8
22	17,8	20,6	20,6	23,4	23,4	26,1
23	18,1	20,9	20,9	23,6	23,6	26,4
24	18,3	21,1	21,1	23,9	23,9	26,7
25	18,4	21,3	21,3	24,2	24,2	27,0
26	18,6	21,5	21,5	24,4	24,4	27,3
27	18,8	21,7	21,7	24,6	24,6	27,5
28	19,0	21,9	21,9	24,9	24,9	27,8
29	19,2	22,1	22,1	25,1	25,1	28,0
30	19,3	22,3	22,3	25,3	25,3	28,3
31	19,5	22,5	22,5	25,5	25,5	28,5
32	19,6	22,7	22,7	25,7	25,7	28,7
33	19,8	22,8	22,8	25,9	25,9	28,9

Li = Limite inferior e Ls = Limite superior.

A tendência do crescimento observada para a Teca também foi semelhante ao relatado por Silva et al. (2014) em Alta Florestal-MT. O crescimento foi modelado pela equação $\ln(Hd) = 2,093 - 15,977(1/idade)\ln(idade)$, proveniente do modelo de Hoerl, e obtiveram valor médio de 18,8 m de altura dominante aos 13 anos.

Em relação aos registros com Teca em outros Estados, os resultados encontrados neste estudo foram superiores. Conceição et al. (2012) no estado do Pará por meio da equação $Hd = 3,2595 - 7,0972(1/idade) + 20,7287(1/idade)^2 - 24,7256(1/idade)^3$ encontraram altura média dominante de 20 m na idade referência de 26 anos, sendo que, para este estudo, essa altura média foi observada aos 14 anos. Em Roraima, através da equação $Hd = 16,786[1 - e^{-0,188 \cdot idade}]$, Tonini et al. (2009) encontraram valores médios de altura dominante de 11,9 m aos 7 anos.

De maneira geral, os valores médios de altura dominante foram superiores aos obtidos em povoaamentos de Teca na Índia (UPADHYAY et al., 2005) e na Colômbia (TORRES et al., 2012), para os piores sítios. Aos 25 anos os sítios mais pobres apresentaram altura de 11,0 m em ambos os estudos, em relação aos 19,8 m obtido no presente estudo. De outro lado, para os melhores sítios, o valor médio obtido, de 25,6m, foi inferior a 28,0 m, para a Índia, e 29,0 m para a Colômbia.

Desta forma, observa-se que os plantios de Teca colhidos apresentam resultados de crescimento em altura dominante semelhante ou superior, quando comparado aos outros povoaamentos. Assim, o sítio possui características favoráveis ao desenvolvimento da Teca, sendo uma ferramenta básica para a seleção de locais e para o manejo de plantios florestais com esta espécie.

Após a colheita dos povoamentos de teca com 33 e 34 anos de idade, os solos foram caracterizados como de textura entre franco-arenosa e franco-argilo-arenosa e, para todas as parcelas, os valores de pH em H₂O foram superiores a 6,40 unidades de pH (Tabela 6), que estão acima do intervalo de 5,00 a 6,00 que Mollinedo et al. (2005) observaram melhores incrementos médios anuais para a Teca.

Tabela 6. Caracterização física e atributos químicos para sete parcelas amostrais de *Tectona grandis* à profundidade de 0-20 cm.

Table 6. Physical characterization and chemical attributes for seven sample plots of *Tectona grandis* at a depth of 0-20 cm.

Amostra	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H	Mat. Org.	Areia	Silte	Argila	Saturação por Bases
	H ₂ O	CaCl ₂	mg.dm ⁻³										%
P1	6,5	5,7	3,2	31	2,6	1,0	0,0	1,6	19,3	727	63	210	69,7
P2	6,9	6,2	4,8	33	3,6	1,2	0,0	0,7	20,6	727	59	214	87,5
P3	6,6	6,0	5,2	35	4,3	1,5	0,0	1,4	29,5	677	66	257	80,8
P4	6,8	6,1	8,4	116	4,9	1,7	0,0	1,3	33,9	643	84	273	83,9
P5	6,9	6,2	18,2	109	7,1	2,1	0,0	1,2	44,5	743	56	201	88,6
P6	6,4	5,7	5,5	57	3,3	1,2	0,0	2,2	27,9	727	59	214	67,9
P7	6,7	5,9	7,9	100	5,4	1,2	0,0	1,1	32,8	670	67	263	86,2
Média	6,7	6,0	7,7	82	4,9	1,3	0,0	1,3	31,1	689	66	246	83,0

Os níveis de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) encontrados foram inferiores aos descritos como ideais para a Teca, respectivamente superiores a 10 cmolc.dm⁻³ e a 5 cmolc.dm⁻³ (VÁSQUEZ; UGALDE, 1995; MOLLINEDO et al. 2005). Contudo, visualmente, não foi observado qualquer sintoma de clorose internerval ou necrose nas folhas das árvores que indicassem a deficiência desses cátions.

Em nenhuma das parcelas foram registrados teores inadequados de fósforo (P), inferiores a 0,5 mg.dm⁻³, e de potássio (K), inferiores a 0,5 mg.dm⁻³, estabelecidos como valores mínimos para cultivo da espécie por Mollinedo et al. (2005).

A Teca é uma espécie extremamente sensível ao alumínio (Al) (MOLLINEDO et al., 2005), mas nenhuma das parcelas analisadas apresentou qualquer teor de alumínio.

Principalmente em solos arenosos, a matéria orgânica (MO) possui papel fundamental na manutenção do pH e no fornecimento de nutrientes para a Teca (SUZUKI et al., 2007). O teor de MO variou de 1,93% a 4,45% e são considerados elevados, se comparados aos outros solos da região. O fato foi associado à grande massa de serapilheira depositada pela Teca, que se caracteriza como espécie caducifolia.

A alta saturação de bases foi associada à decomposição da serapilheira com fornecimento da maioria dos macros e micronutrientes, exceto do zinco. Segundo Favare et al., (2012), o maior desenvolvimento da espécie ocorre na faixa de 60-80% de saturação por bases e, em todas as parcelas, esses valores foram observados.

Exceto o Cálcio (Ca) e o magnésio (Mg), as outras características do solo são adequadas às recomendações para cultivo da Teca. Estes níveis críticos são utilizados para a correção e a adubação do solo na implantação ou na fase jovem dos povoamentos. Além disso, a análise de solo é apenas um indicativo da fertilidade e da disponibilidade de nutrientes para as plantas. A análise foliar seria a melhor maneira de verificar qualquer déficit nutricional ou influência dos nutrientes sobre o crescimento do povoamento florestal.

CONCLUSÕES

O modelo de Hoerl e o método da curva guia são eficientes para determinar a capacidade produtiva de povoamentos de *Tectona grandis* até a colheita, para a região sudoeste de Mato Grosso.

O estabelecimento de classes de sítio para a Teca com a utilização de curvas anamórficas é eficiente e a base de dados resulta em curvas que apresentam a mesma inclinação.

O sítio utilizado para produção da *Tectona grandis* é de produtividade média, classe II, e, exceto para o Cálcio e o Magnésio, o solo apresenta atributos químicos adequados à regeneração e ao cultivo da espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BERMEJO, I. CANELLAS, I.; MIGUEL, A. S. Growth and yield models for teak plantations in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 189, p. 97-110, 2004.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 548 p.
- CONCEIÇÃO, F. X.; DRESCHER, R.; PELISSARI, A. L.; LANSSANOVA, L. R.; FAVALESSA, C. M. C.; ROQUETTE, J. G. Capacidade produtiva local de *Tectona grandis* em Monte Dourado, Estado do Pará, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 822-827, 2012.
- DRESCHER, R. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* Linn. F., em povoamentos jovens de duas regiões do Estado de Mato Grosso**. 2004. 133 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- FAVARE, L. G.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Níveis crescentes de saturação de bases e desenvolvimento inicial de Teca em um latossolo de textura média. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 693-702, 2012.
- FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L.f., na microrregião do Baixo rio Acre. *Cerne*, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-353, 2005.
- 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. 61-69, 2005.
- MACHADO, S. A. OLIVEIRA, E. B.; CARPANEZZI, A. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S. Classificação de sítio para bracingais na região metropolitana de Curitiba. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 35, p. 21-37, 1997.
- MEYER, H. A. A correction for a systematic error occurring in the application to the logarithmic equation. *The Pennsylvania Agriculture Station Forest School: Research Paper*. v. 7, n. 1058, p. 1-7, 1941.
- MILANI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; CUNHA, T. A. Crescimento em diâmetro de árvores de *Podocarpus lambertii* em duas regiões fitogeográficas no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 443-448, 2013.
- MOLLINEDO, M.; UGALDE, L.; ALVARADO, A.; VERJANS, J. M.; RUDY, L. C. Relación suelo-árbol y factores de sitio, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis*), en la Zona Oeste de la Cuenca del Canal de Panamá. *Agronomía Costarricense*, v. 29, n. 1, p. 67-75, 2005.
- NOVAES, D. M. **Modelagem de crescimento e produção de povoamentos de *Tectona grandis* L. f. a partir de análise de tronco**. 2009. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. *Unasylva*, Roma, v. 51, n. 201, p. 3-13, 2000.
- PELISSARI, A. L.; GUIMARÃES, P. P.; BEHLING, A.; EBLING, A. A. Cultivo da Teca: Características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. *Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 127-141, 2014.

- REIS, C. A. F.; PALUDZYSZYN FILHO, E. **Estado da arte de plantios com espécies florestal de interesse para o Mato Grosso**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 63 p. (Documentos, 215).
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2.ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. 2.ed. Santa Maria: FACOS, 2009. 294 p.
- SELLE, G. L.; PAULESKI, D. T.; BRAZ, E. M. **Como classificar sítios florestais através da altura dominante do povoamento**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 46 p. (Documentos, 166).
- SELLE, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Classificação de sítio para *Pinus taeda* L., através da altura dominante para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 77-95, 1994.
- SILVA, F. R.; SILVA, V. S. M.; MIRANDA, S. O. Crescimento de *Tectona grandis* em uma plantação no município de Alta Floresta, Mato Grosso. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 4, p. 577-588, 2014.
- SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: Ronald Press, 1952. 476 p.
- SUZUKI, R.; TAKEDA, S.; THEIN, H. M. Chrono sequence changes in soil properties of teak (*Tectona grandis*) plantations in the Bago Mountains, Myanmar. **Journal of Tropical Forest Science**, Kepong, v. 19, n. 4, p. 207-217, 2007.
- TONINI, H.; COSTA, M. C. G. C.; SCHWENGBER, L. A. M. Crescimento da Teca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia Setentrional. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 59, p. 05-14, 2009.
- TORRES, D. A.; VALLE, J. I.; RESTREPO, G. Site index for teak in Colombia. **Journal of Forestry Research**, v. 23, n. 3, p. 405-411, 2012.
- UPADHYAY, A.; EID, T.; SANKHAYAN, P. L. Construction of site index equations for even aged stands of *Tectona grandis* (teak) from permanent plot data in India. **Forest ecology and management**, Amsterdam, v. 212, n. 1, p. 14-22, 2005.
- VÁSQUEZ, W. C.; UGALDE, L. A. A. **Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombax copsisquinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica**. Turrialba: CATIE, 1995. 40 p. (Serie técnica: Informe técnico, 256).

Recebido em 02/09/2014

Aceito para publicação em 30/11/2015