

Aplicação do modelo de Schumacher para expressar a capacidade produtiva em um plantio jovem de *Tectona grandis*

Fabricia Rodrigues da Silva¹ Versides Sebastião Moraes e Silva¹ Soely Ovídio de Miranda¹ Fernando Henrique Gava¹ Ronaldo Drescher^{1*}

¹ Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá-MT, Brasil.

Author for correspondence: ronaldodrescher@gmail.com

Received: 05 August 2015 / Accepted: 20 September 2015 / Published: 19 December 2015

Resumo

Este trabalho teve como objetivo realizar a classificação da qualidade do local para a espécie *Tectona grandis* L. f. pelo método da curva-guia e da diferença algébrica. Os estudos foram realizados em povoamentos jovens de *Tectona grandis* localizado no município de Cáceres no estado de Mato Grosso, para as árvores dominantes na idade de referência de setenta e sete meses. Os dados são provenientes de 33 parcelas permanentes remeidas na idade de 43, 57, 69 e 77 meses. A equação de Schumacher foi ajustada com um coeficiente de determinação ajustado de 0,7627 um erro padrão da estimativa de 12,01%. Foram necessárias 4 curvas de índice de sítio de 8,52 a 12,21, na idade-índice de 77 meses. As curvas de sítio geradas foram anamórficas e a capacidade produtiva local pode ser explicada pelo modelo de Schumacher e não há diferença entre o método da curva guia e o da diferença algébrica para índice de produtividade.

Palavras-chave: Índice de sítio; Modelo de crescimento; Produtividade do local.

Schumacher model application to express the productive capacity in a young *Tectona grandis* plantation

Abstract

This study aimed to rate the local quality for species *Tectona grandis* L. f. for guide curve method and algebraic difference. The studies were performed in young stands of *Tectona grandis* located in Cáceres city in Mato Grosso state, for dominant trees in the seventy seven months reference age. The data came from 33 permanent plots remeasured at the age 43, 57, 69 and 77 months. Schumacher's equation was adjusted with 0.7627 determination coefficient and 12.01% standard error and it took 4 site index curves 8.52 to 12.21, at the age index of 77 months. Site curves built were anamorphic and local capacity can be explained by Schumacher model and there is no difference between guide curve method and algebraic difference to estimate productivity ratio.

Key words: Site index; Growth model; Site productivity.

Introdução

Dentre as espécies potenciais para a produção de madeira para serraria está a *Tectona grandis* L.f (teca), cujos primeiros plantios no Brasil ocorreram no início do século XX, na região de Piracicaba, São Paulo (Mello 1963; Drescher 2004). Em Mato Grosso o início do cultivo foi nos anos 70, apresentando ótimos resultados no seu desenvolvimento (Passos et al. 2006) com o objetivo de produzir árvores de grande porte destinadas a multiprodutos (Oliveira 2003; Drescher 2004).

Decamps (1959) relatou que na Tailândia, a rotação pode atingir até 120 anos para adquirir apenas 60 cm de diâmetro, enquanto Centeno (1997) afirma que as características edafoclimáticas de Mato Grosso favoreceram

sua adaptação, associada a técnicas de manejo intensivo e o uso de sementes selecionadas, permitindo a redução do ciclo de cultivo para 25 anos na região de Cáceres, Mato Grosso. Atualmente é a espécie mais plantada para fins de produção de tora no Estado (FAMATO 2013).

Porém, para implantar, numa determinada região, um empreendimento florestal, faz-se necessário um amplo conhecimento das necessidades da espécie que se deseja plantar, bem como, do potencial produtivo do local. De posse destes dados pode-se classificar o local em diferentes classes de produtividade que são denominadas de sítio.

O sítio é definido como uma área com capacidade de produzir florestas ou outra vegetação, sob a combinação de condições biológicas, climáticas e edáficas (Davis 1966; Clutter et al. 1983).

A qualidade do sítio é a soma total dos fatores edáficos, biológicos e climáticos que afetam as plantas, em que 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; Camino e Morales 2013).

Os principais objetivos da avaliação da qualidade dos sítios são: a) estimativa do rendimento global dos povoamentos; b) planejamento e execução de trabalhos de pesquisa; c) programação e execução dos trabalhos de manutenção (limpezas) das plantações existentes; d) extensão da classificação da qualidade do sítio em áreas a serem plantadas, para a seleção adequada de espécies (Schneider 1993).

A altura dominante é a variável dendrométrica que melhor se enquadra aos requisitos propostos por Burger (1976), para determinar a qualidade do sítio florestal, que são: facilidade de determinação a campo; boa correlação com a produção volumétrica; indica a qualidade do sítio para todas as idades do povoamento e independência da densidade do povoamento. Assim a média das árvores com altura dominantes correlacionadas com a idade de referência vem sendo considerado o método mais prático e usual para definir a potencialidade dos sítios florestais (Selle et al. 2008).

Segundo Scolforo (1997) e Figueiredo (2005), os métodos que se baseiam na altura para classificação de sítios usam as curvas de índice de sítio. Este índice usa uma idade de referência para expressar a altura média das árvores dominantes, que deve ser mais próxima possível da idade de rotação (Miguel 2009).

Apesar de algumas limitações, o índice de sítio é o método mais utilizado para definir a potencialidade dos sítios florestais (Cunha Neto et al. 1996; Tonini et al. 2009) e vem sendo uma ferramenta importante e simples para selecionar locais e o manejo apropriado para de plantios florestais (Torres et al. 2012).

Assim o objetivo deste trabalho foi realizar a classificação da qualidade do local para a espécie *Tectona grandis* L. f. pelo método da curva-guia e da diferença algébrica.

Material e métodos

Para este estudo, foram utilizados dados de parcelas permanentes, com medições em plantios de teca no município de Cáceres, Estado do Mato Grosso, Brasil, sendo o clima da região do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (Alvares et al. 2013). O espaçamento inicial do plantio foi de 3,0 x 3,0 m. Foram mensuradas e utilizadas para as análises 50 parcelas permanentes, com área de 648 m², medidas na idade de 43, 57, 69 e 77 meses. Dentro de cada parcela, foram medidos os diâmetros a 1,30 m do solo (d) e a altura total (H).

Foi efetuada cubagem rigorosa para obtenção dos volumes reais individuais, utilizando-se do método proposto por Smalian. As árvores cubadas foram selecionadas por classes de diâmetro aleatoriamente no plantio florestal. Dessas árvores, registraram-se as circunferências em diferentes alturas, a saber, 0,0; 1,0; 1,3; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 m e daí em diante, consideraram-se até a altura total, como uma Figura geométrica de um cone.

Parâmetros estatísticos

Para estudo da relação hipsométrica, foram utilizados dados de altura e diâmetro, e testados quatro modelos (Tabela 1).

Tabela 1. Modelos hipsométricos.

Número	Autor	Modelo
1	Stoffels	$\text{Ln}(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \varepsilon$
2	Linha Reta	$H = \beta_0 + \beta_1 d + \varepsilon$
3	Parabólico	$H = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \varepsilon$
4	Prodan	$H = \frac{d^2}{\beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2} + \varepsilon$

H = altura total (m); d = diâmetro à altura do peito (cm); Ln = logaritmo neperiano; β_i = coeficientes de regressão; ε = erro associado.

Para classificação da produtividade do local foi testado o modelo de Schumacher pelo método da curva guia (equação 1).

$$\text{Ln}(H_{\text{dom}}) = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{Id} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: Ln = logaritmo natural; H_{dom} = altura das árvores dominantes (m); Id = Idade da medição; β_0 e β_1 = coeficientes a serem estimados.

Pra seleção do melhor modelo os ajustes foram avaliados levando em consideração as seguintes estatísticas:

a) Análise gráfica dos resíduos (%), estabilidade das curvas, que é uma estatística de suma importância a ser utilizada quando se trata de classificação de sítios, pois esta analisa a estabilidade que as parcelas têm no decorrer do tempo que permanecerem dentro do mesmo sítio;

b) Valor do teste F, utilizado para determinar se há uma relação linear entre a variável dependente e algumas das variáveis regressoras.

c) Erro padrão da estimativa (Syx) na escala da variável dependente e em percentagem (Syx%), sendo que quanto mais próximo de zero melhor, pois ele indica o quão próximo os valores estimados estão dos valores observados;

d) Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajus}), quanto mais próximo de 1 melhor será, pois ele mostra o quanto as variáveis dependentes estão sendo explicadas pelas independentes. O R^2_{ajus} foi obtido pela equação 2.

Classificação da produtividade do local

A classificação da produtividade do local foi determinada através da obtenção dos dados; idade de referência; tipos de curvas; denominação das curvas;

determinação da curva média (ou curva-guia) conforme metodologia descrita por Schneider (1993).

Foram utilizados pares de alturas dominantes e idades dos dados obtidos nas 50 parcelas permanentes. Assim, os pares de idades e alturas da primeira medição estão compreendidos entre a idade de 43 meses e a última medição, 77 meses.

Segundo Schneider et al. (1988) e Souza (1999), a idade índice é a idade padrão, escolhida arbitrariamente, na qual se compara a altura dominante dos diferentes sítios. A escolha dessa idade está na dependência da rotação da espécie e deve ser preferencialmente fixada no final da rotação. Neste estudo, optou-se por uma idade de referência de 77 meses, por ser esta a idade verificada na última mensuração.

$$R^2_{\text{aj.}} = 1 - \frac{n-1}{n-p} * \frac{\text{SQRes}}{\text{SQTotal}} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde: SQres = soma de quadrados do resíduo; SQtotal = soma de quadrados total; n = número de observações; p = número de coeficientes do modelo matemático.

O Erro padrão da Estimativa (Syx) foi obtido através da equação 3.

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - Y_e)^2}{n-p}} \quad S_{yx\%} = \frac{S_{yx}}{Y_m} * 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde: Syx = erro padrão da estimativa (m); Syx% = erro padrão da estimativa em percentagem; Y_i = Altura dominante observada; Y_e = altura dominante estimada; Y_m = Altura dominante média observada; n = número de observações; p = número de coeficientes do modelo matemático.

Obtenção da Curva-guia

Este procedimento consistiu em selecionar o modelo de regressão, empregando-se uma base de dados de 50 pares de altura média das árvores dominantes e idade, em quatro medições distintas. A equação resultante do ajuste do modelo representa a curva média do crescimento acumulado da altura dominante. O número de curvas índice de sítio deve abranger toda a amplitude de crescimento do local. Isso pode ser feito plotando-se, sobre um determinado número de curvas índice de sítio, valores de alturas amostradas por parcelas permanentes obtidos nos povoamentos pertencentes ao sítio referenciado. Assim, a menor e a maior curva deverão delimitar pontos plotados. Portanto, inicialmente, é preciso fixar esse número de curvas índice de sítio de maneira a extrapolar a amplitude desses pontos e somente depois delimitar a maior e menor curva.

Classificação da produtividade do local em classes de sítio

A altura média das árvores dominantes aos 43 e 77 meses foi de 7,91 a 12,84 metros, respectivamente. Os valores de altura média das árvores dominantes estão distribuídos nas várias classes de sítio, nas várias idades. Com a altura média das árvores dominantes na idade-índice têm-se o limite inferior e superior. A diferença do limite inferior e superior resulta na amplitude total, que dividido pela amplitude total (quatro), resulta na amplitude entre classes.

Resultados e discussão

Modelo ajustado

Foram obtidos os parâmetros estatísticos através do processamento das equações matemáticas que permitiram realizar a seleção do modelo que melhor ajustou os dados, com os valores do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajus}), o erro padrão de estimativa relativo (Syx%) e a estatística F (Tabela 2).

Tabela 2. Modelos e estatísticas para relações hipsométrica.

Modelo	R ² ajust	Syx	F
1	0,5592	0,0857	37,7954
2	0,5127	1,0686	31,5103
3	0,5724	1,0010	20,4071
4	0,9550	1,3543	308,6376

A análise da variação total dos dados foi realizada com base no coeficiente de determinação ajustado (R²ajus). Observou-se que as equações apresentaram diferentes valores do coeficiente de determinação ajustado, sobressaindo-se o modelo 4 que apresentou o maior R²ajus quando comparado com os demais modelos testados (Tabela 2).

O erro padrão da estimativa (Syx) foi menor no modelo 1, porém todos os modelos tiveram erro abaixo de 1,4%, menores que os encontrados para relação hipsométrica de teca para Drescher (2004), Rossi et al. (2011) e Pelissari et al. (2014).

Na estatística pelo teste F o modelo 4 apresentou o maior valor, sendo o mais significativo. Assim escolheu-se o modelo 4 para realizar a estimativa das alturas das árvores para a área e espécie em estudo, levando em consideração a superioridade observada no R²ajus quando comparada com os demais modelos testados.

Drescher et al. (2001) ajustaram como melhor modelo de relação hipsométrica para povoamentos de teca no Centro Norte do Estado de Mato Grosso, o modelo: $\frac{1}{\sqrt{H-1,30}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{a} + b_2 \cdot \frac{1}{a^2}$, obtendo um R²ajus igual a 0,86 e um Syx de 0,017, assim como Rossi et al. (2011) que encontraram com o mesmo modelo um R²ajus de 0,85 e um Syx de 0,119.

Classificação de sítio

O modelo de Schumacher apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 0,7627 e um erro padrão da estimativa de 12,01% (Tabela 3), esse resultado permitiu concluir que esse modelo foi adequado para prognose do plantio em questão, porém, ressalta-se que não foi feito teste de validação dos modelos.

Tabela 3. Análise da variância para equação de Schumacher em árvores de *Tectona grandis*.

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
Regressão	1	8,46815	8,46815	586,14
Resíduo	181	2,61494	0,01445	-
Total	182	11,08310	-	-

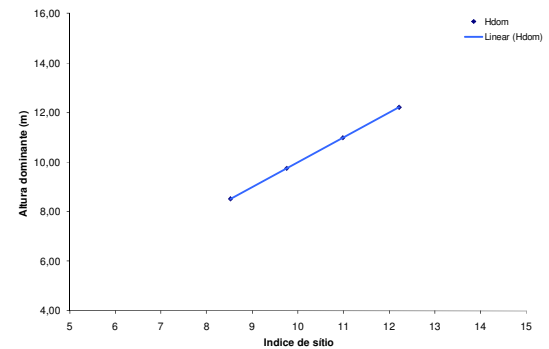
Esse resultado foi semelhante ao obtido por Martins et al. (2007) que testando modelos de índice de sítio para *Leucaena* sp., considerando-se 544 árvores, cultivadas com e sem composto orgânico, com 19 mensurações ao longo do tempo verificou que o modelo de Schumacher apresentou os melhores resultados em relação ao erro padrão da estimativa nos dois tratamentos. Conceição et al. (2012) concluíram que o modelo de Schumacher foi apropriado a plantios de teca aos dez anos de idade e Camacho-Linton et al. (2013) também obtiveram bons ajustes de índice de sítio com o modelo o mesmo para *Tectona grandis* com idade de referência 23 anos.

Observa-se na equação 4 o resultado do ajuste do modelo de Schumacher para a classificação de sítio pelo método da curva-guia.

De posse destes dados, foram geradas curvas de sítio do tipo anamórfica, utilizando-se os coeficientes médios das árvores estudadas. O anamorfismo das curvas de sítio avaliada segundo metodologia proposta por Scolforo (1993) pode ser identificado a partir da verificação da existência de

relação linear entre os índices de sítio e as alturas dominantes médias nas várias alturas consideradas, expressando que o índice de sítio não depende da idade, mas sim da capacidade produtiva do local (Figura 1). Muitos pesquisadores utilizaram o método da curva guia a partir do modelo de Schumacher obtendo curvas anamórficas (Nunifu e Murchinson 1999; Henao 1982; Keogh 1982; Bermejo et al. 2004; Vaides et al. 2004; Jerez-Rico et al. 2011).

$\text{Ln}(\text{Hdom}) = 3,137037449 - (59,66016045 \cdot (1/\text{Id}))$ Eq. (4)
Onde: Ln = logaritmo natural; Hdom = altura das árvores dominantes (m); Id = Idade da medição.

Figura 1. Índice de sítio em relação à altura dominante na idade de 77 meses para *Tectona grandis*.

Limites de classes de sítio

Após ser ajustado o modelo foi possível construir os limites inferiores e superiores para as diferentes classes de sítios (Tabela 4). Foi adotada a utilização de quatro diferentes classes de sítios visando uma maior facilidade na estratificação do povoamento.

Tabela 4. Valores dos limites inferiores e superiores das diferentes classes de sítios na idade índice.

Dados calculados	Valores encontrados
Limite inferior	7,91
Limite superior	12,83
Amplitude total (m)	4,92
Número de classes de sítio	4,00
Amplitude entre classes (m)	1,23

Na sequência, foi determinado o limite inferior e superior na idade de referência para diferentes classes de sítio, e seu próprio valor de índice de sítio para cada sítio em questão, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5. Classes de sítios adotadas pelo modelo de Schumacher por método da curva-guia para *Tectona grandis* no município de Cáceres - MT.

Classes de sítio	Intervalo na idade de referência (m)	Índice de sítio (m)
I	11,60 - 12,83	12,21
II	10,37 - 11,60	10,98
III	9,14 - 10,37	9,75
IV	7,91 - 9,14	8,52

O método da curva guia demonstrou ser para a base de dados estudada, um procedimento a se considerar, pois quando ajustado o modelo por este procedimento as estatísticas foram convincentes, com uma distribuição de resíduos sem tendenciosidade, e foi possível gerar uma classificação aproximadamente estável com o modelo de Schumacher.

Nanang e Nunifu (1999), Figueiredo (2005) e Cruz et al. (2008), concluíram que em plantios de Teca jovem o método da curva-guia para classificação da capacidade produtiva de teca é adequado.

É possível visualizar na Figura 2 as quatro curvas limites definidas pelos valores da Tabela 6, que delimitam as 4 classes de sítio (I, II, III e IV). Considerando o IS-12,21 “locais bons” o que apresentou a melhor produtividade do local, seguido pelo IS-10,98; IS-9,75 e IS-8,52 “locais ruins”, respectivamente.

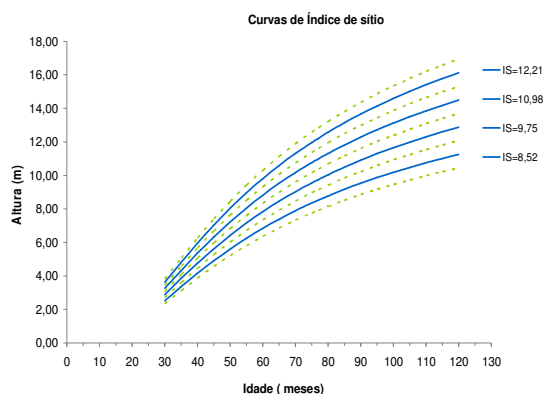


Figura 2. Curvas limite das classes de sítio para *Tectona grandis* no município de Cáceres – MT.

É possível observar na Tabela 6 o índice de produtividade das quatro classes de sítio (I, II, III e IV) com seus limites inferiores e superiores.

Tabela 6. Índice de produtividade das classes de sítio pelo método da curva-guia.

Idade	TABELA DE ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE											
	I			II			III			IV		
	LI	IS=12,21	LS	LI	IS=10,98	LS	LI	IS=9,75	LS	LI	IS=8,52	LS
30	3,45	3,63	3,81	3,08	3,26	3,45	2,72	2,90	3,08	2,35	2,53	2,72
35	4,58	4,82	5,07	4,09	4,34	4,58	3,61	3,85	4,09	3,12	3,36	3,61
40	5,67	5,97	6,27	5,07	5,36	5,67	4,47	4,76	5,07	3,86	4,16	4,47
45	6,69	7,04	7,40	5,98	6,33	6,69	5,27	5,62	5,98	4,56	4,91	5,27
50	7,64	8,04	8,45	6,83	7,23	7,64	6,02	6,42	6,83	5,21	5,61	6,02
55	8,51	8,96	9,41	7,61	8,06	8,51	6,71	7,15	7,61	5,80	6,25	6,71
60	9,32	9,81	10,31	8,33	8,82	9,32	7,34	7,83	8,33	6,35	6,84	7,34
65	10,06	10,59	11,12	8,99	9,52	10,06	7,93	8,45	8,99	6,86	7,39	7,93
70	10,74	11,30	11,88	9,60	10,17	10,74	8,46	9,03	9,60	7,32	7,89	8,46
75	11,37	11,97	12,57	10,16	10,76	11,37	8,96	9,55	10,16	7,75	8,35	8,96
77	11,61	12,22	12,84	10,37	10,98	11,61	9,14	9,75	10,37	7,91	8,52	9,14
80	11,95	12,58	13,21	10,68	11,31	11,95	9,41	10,04	10,68	8,15	8,77	9,41
85	12,48	13,14	13,81	11,16	11,82	12,48	9,84	10,49	11,16	8,51	9,17	9,84
90	12,98	13,66	14,36	11,60	12,29	12,98	10,23	10,91	11,60	8,85	9,53	10,23
95	13,44	14,15	14,87	12,01	12,72	13,44	10,59	11,30	12,01	9,16	9,87	10,59
100	13,87	14,60	15,34	12,40	13,13	13,87	10,93	11,66	12,40	9,46	10,19	10,93
105	14,27	15,02	15,78	12,76	13,51	14,27	11,24	11,99	12,76	9,73	10,48	11,24
110	14,64	15,41	16,19	13,09	13,86	14,64	11,54	12,31	13,09	9,98	10,75	11,54
115	14,99	15,78	16,58	13,40	14,19	14,99	11,81	12,60	13,40	10,22	11,01	11,81
120	15,32	16,12	16,94	13,69	14,50	15,32	12,07	12,88	13,69	10,45	11,25	12,07

Para efeito de comparação foi utilizado o método da diferença algébrica, que pode ser aplicado a partir de qualquer modelo que retrata a relação altura-idade, para produzir famílias de curvas anamórficas (Tabela 7).

Tabela 7. Índice de produtividade das classes de sítio pelo método da diferença algébrica.

Idade	Índice de Produtividade			
	I	II	III	IV
	IS=12,21	IS=10,98	IS=9,75	IS=8,52
30	3,63	3,26	2,90	2,53
35	4,82	4,33	3,85	3,36
40	5,96	5,36	4,76	4,16
45	7,04	6,33	5,62	4,91
50	8,04	7,23	6,42	5,61
55	8,96	8,05	7,15	6,25
60	9,80	8,82	7,83	6,84
65	10,58	9,52	8,45	7,38
70	11,30	10,16	9,02	7,88
75	11,96	10,76	9,55	8,35
77	12,21	10,98	9,75	8,52
80	12,57	11,30	10,04	8,77
85	13,13	11,81	10,49	9,16
90	13,66	12,28	10,90	9,53
95	14,14	12,72	11,29	9,87
100	14,59	13,12	11,65	10,18
105	15,01	13,50	11,99	10,48
110	15,41	13,85	12,30	10,75
115	15,77	14,18	12,59	11,01
120	16,12	14,49	12,87	11,25

Esses valores para o melhor sítio foram de aproximadamente 16,12 m, semelhantes aos sítios de média produtividade da Costa Rica (Vallejos 1996), Guatemala

(Vaides 2004) e Panamá (Mollinedo et al. 2005) e inferiores aos de alta qualidade de Mato Grosso, Brasil (Drescher 2004; Novaes 2009; Pelissari et al. 2013). Comparando os resultados do índice de produtividade pelo método da curva guia e o da diferença algébrica, verifica-se que o resultado é o mesmo utilizando ambos os testes. Isso ocorreu porque foi utilizado o mesmo coeficiente e o mesmo intercepto.

Cruz et al. (2008) testaram duas alternativas para construir curvas de índice de sítio para teca aos seis anos, sendo o método da curva guia melhor que o de atribuição preliminar de índices de local (modelo de Payandeh e Wang 1995) que resultou em inconsistências e classificação de sítios bons como ruins. Diferentemente do encontrado pelos autores, os resultados do índice de produtividade pelo método da curva guia e o da diferença algébrica tiveram os mesmos resultados para idade índice de 77 meses (6,4 anos). Isso ocorreu porque foi utilizado o mesmo coeficiente e o mesmo intercepto, possibilitando o uso dos dois procedimentos para estimar a produtividade de teca.

Conclusões

As curvas de sítio geradas para *Tectona grandis* foram anamórficas e a capacidade produtiva local pode ser explicada pelo modelo de Schumacher.

Não há diferença entre o método da curva guia e o método da diferença algébrica para estimação do índice de produtividade.

Referências

- Alvares CA, Stape, JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6):711-728. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Bermejo I, Cañellas I, Miguel AS (2004) Growth and yield models for teak plantations in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 189:97-110. doi: 10.1016/j.foreco.2003.07.031
- Burger D (1976) *Ordenamento florestal I: a produção florestal*. 2ª Edição. Curitiba: UFPR. np.
- Camacho-Linton A, Ramírez-Maldonado H, Santos-Posadas HM, Sánchez FJZ (2013) Tablas de rendimiento para teca (*Tectona grandis* L.) en el estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(19):92-101.
- Camino R, Morales JP (2013) *Las plantaciones de teca en América Latina: mitos e realidades*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 392p.
- Centeno JC (1997) El manejo de las plantaciones de teca. *Actualidad Forestal Tropical*, 5(2):10-12.
- Clutter JL, Fortson JC, Pienaar LV, Brister GH, Bailey RL. (1983) *Timber management: a quantitative approach*. New York: John Wiley & Sons. 333p.
- Conceição FX, Drescher R, Pelissari AL, Lansanova LR, Favalessa CMC, Roquette JG (2012) Capacidade produtiva local de *Tectona grandis* em Monte Dourado, Estado do Pará, Brasil. *Ciência Rural*, 42(5):822-827. doi: 10.1590/S0103-84782012005000011
- Cruz JP, Leite HG, Soares CPB, Campos JCC, Smit L, Nogueira GS (2008) Curvas de crescimento e de índice de local para povoamentos de *Tectona grandis* em Tangará da serra, Mato Grosso. *Revista Árvore*, 32(4):679-685. doi: 10.1590/S0100-67622008000400009

- Cunha Neto FR, Scolforo JRS, Oliveira AD, Calegário N, Kanegae Júnior H (1996) Uso da diferença algébrica para construção de curvas de índice de sítio para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* na Região de Luiz Antonio – SP, Brasil. *Cerne*, 2(2):119-141.
- Davis KP (1966) *Forest management, regulation and valuation*. USA: Mc Graw Hill. 519p.
- Decamps A (1959) Exploração da teca no Sião. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, 11(11):134-145.
- Drescher R (2004) *Crescimento e produção de Tectona grandis Linn f., em povoamentos jovens de duas regiões do estado de Mato Grosso – Brasil*. Tese, Universidade Federal de Santa Maria. 116p.
- Drescher R, Scheeren LW, Medeiros JGS, Bertazo J (2001) Modelos de relação hipsométricas para *Tectona grandis* L. f. no estado do Mato Grosso. In: *1º Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Engenharia Florestal*, Santa Maria, Brasil.
- FAMATO. Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Mato Grosso (2013) *Diagnóstico de Florestas Plantadas do Estado de Mato Grosso*. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. 106p.
- Figueiredo EO (2005) *Avaliação de Modelos pelo Método da Curva Média para a Construção de Curvas de Índice de Sítio para Tectona grandis L.f.* Rio Branco: Embrapa Acre. 49p.
- Henaó ID (1982) Estudio de rendimientos y rentabilidad en una plantación de teca (*Tectona grandis* L.F.) del departamento de Córdoba, Colombia. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 2(1):1-75.
- Jerez-Rico M, Moret-Barillas AY, Carrero-Gómez AE, Machiavelli RE, Quevedo-Rojas AM (2011) Curvas de índice de sítio basadas en modelos mixtos para plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f.) en los llanos de Venezuela. *Agrociencia*, 45(1):135-145.
- Keogh RM (1982) Teak (*Tectona grandis* Linn. f.) provisional site classification chart for the Caribbean, Central America, Venezuela and Colombia. *Forest Ecology and Management*, 4(2):143-153. doi: 10.1016/0378-1127(82)90011-1
- Martins EFP, Silva JAA, Ferreira RLC, Jankovski T, Brito CCR (2007) Curvas de índice de sítio para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit no Agreste de Pernambuco. *Ciência Florestal*, 7(4):365-376.
- Mello HA (1963) Alguns aspectos da introdução da teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, 15(15):113-119.
- Miguel EP (2009) *Avaliação biométrica e prognose da produção de Eucalyptus urophylla (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás*. Dissertação, Universidade Federal do Paraná. 161p.
- Mollinedo M, Ugalde L, Alvarado A, Verjans JM, Rudy LC (2005) 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*, 29(1):67-75.
- Nanang DM, Nunifu TK (1999) Selecting a functional form for anamorphic site index curve estimation. *Forest Ecology and Management* 118(1-3): 211-221. doi: 10.1016/S0378-1127(98)00501-5
- Novaes DM (2009) *Modelagem de crescimento e produção de povoamentos de Tectona grandis L. f. a partir de análise de tronco*. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa. 42p.
- Nunifu TK, Murchinson HG (1999) Provisional yield models of teak (*Tectona grandis* Linn. F.) plantations in northern Ghana. *Forest Ecology and Management*, 120(1-3):171-178. doi: 10.1016/S0378-1127(98)00529-5
- Oliveira JRM (2003) *Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teca – Nutriteca*. Tese, Universidade Federal de Viçosa. 74p.
- Passos CAM, Bufulin L, Gonçalves MR (2006) Avaliação silvicultural de *Tectona grandis* L. f em Cáceres – MT. *Ciência Florestal*, 16(2):225-232.
- Payandeh B, Wang Y (1995) Comparison of the modified Weibull and Richards growth function for developing site index equations. *New Forests*, 9(2):147-155. doi: 10.1007/BF00028687
- Pelissari AL, Caldeira SF, Drescher R (2013) Desenvolvimento quantitativo e qualitativo de *Tectona grandis* L. f. em Mato Grosso. *Floresta e Ambiente*, 20(3):371-383. doi: 10.4322/loram.2013.027
- Pelissari AL, Guimarães PP, Behling A, Ebling AA (2014) Cultivo da teca: características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. *Agrarian Academy*, 1(01):127-145.
- Rossi AS, Drescher R, Pelissari AL, Lanssanova LR (2011) Relação hipsométrica e crescimento de *Tectona grandis* L. f. no município de Monte Dourado, Pará. *Scientia Forestalis*, 39(91):301-307.
- Schneider PR (1993) *Introdução ao manejo florestal*. Santa Maria: UFSM. 348p.
- Schneider PR, Finger CAG, Klein JE (1988) *Fundamentos de planejamento da produção para o manejo florestal de Eucalyptus grandis (Hill) Maiden e Eucalyptus saligna Smith*. Santa Maria: CEPEF/FATEC. 179p.
- Scolforo JR (1993) *Mensuração florestal 4: avaliação da produtividade florestal através da classificação de sítio*. Lavras: ESAL/FAEPE. 138p.
- Scolforo JR (1997) *Biometria florestal: métodos para classificação de sítios florestais*. Lavras: UFLA/FAEP. 151p.
- Selle GL, Pauleski DT, Braz EM (2008) *Como classificar sítios florestais através da altura dominante do povoamento*. Colombo: Embrapa Florestas. 45p.
- Souza AN (1999) *Estudo econômico da reforma de povoamentos de Eucalyptus spp. - o caso do progresso tecnológico*. Dissertação Universidade Federal de Lavras, Lavras, 140p.
- Spurr SH (1952) *Forest inventory*. New York: The Ronald Press Company. 476p.
- Tonini H, Costa MCG, Schwengber LAM (2009) Crescimento de Teca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia setentrional. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 39:5-14. doi: 10.4336/2009.pfb.59.05

Torres DA, Valle JI, Restrepo G (2012) Site index for teak in Colombia. *Journal of Forestry Research*, 23(3):405-411. doi: 10.1007/s11676-012-0277-x

Vaides EE (2004) *Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (Tectona grandis L. f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala*. Dissertação, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 68p.

Vallejos BOS (1996) *Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para Tectona grandis L. f., Bombacopsis quinata (Jacq.) Dugand y Gmelina arborea Roxb. en Costa Rica*. Dissertação, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 147p.