

JOVANE PEREIRA DA CRUZ

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *Tectona grandis* NA REGIÃO
DE TANGARÁ DA SERRA – MATO GROSSO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

C957c
2005

Cruz, Jovane Pereira da, 1978-

Crescimento e produção de *Tectona grandis* na
região de Tangará da Serra – Mato Grosso / Jovane
Pereira da Cruz. – Viçosa : UFV, 2005.
x, 45f. : il. : 29cm.

Orientador: Helio Garcia Leite.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Teca (Árvore) – Crescimento. 2. Povoamento
florestal – Tangará da Serra (MT). 3. Florestas – Medição -
Métodos estatísticos. 4. *Tectona grandis*. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 634.922

JOVANE PEREIRA DA CRUZ

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *Tectona grandis* NA REGIÃO
DE TANGARÁ DA SERRA – MATO GROSSO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

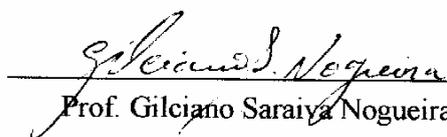
APROVADA: 21 de fevereiro de 2005.



Prof. Carlos Pedro Boechat Soares
(Conselheiro)



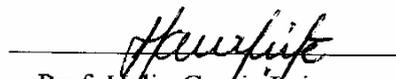
Prof. João Carlos Chagas Campos
(Conselheiro)



Prof. Gilciano Saraiya Nogueira



Prof. Agostinho Lopes de Souza



Prof. Hélio Garcia Leite
(Orientador)

Aos meus pais, Rui e Laura.

Aos meus irmãos, Alex, Ronan e Sérgio.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Helio Garcia Leite, pela amizade e orientação deste estudo.

Aos professores Carlos Pedro Boechat Soares, João Carlos Chagas Campos, Agostinho Lopes de Souza e Gilciano Saraiva Nogueira, pelas sugestões apresentadas.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade e pelo apoio financeiro para a realização do curso.

À empresa Tectona Agroflorestal Ltda., pela disponibilização dos dados para a elaboração do trabalho.

Aos amigos e amigas do curso de pós-graduação Andréa, PC, Márcio, Gilciano, Flávio, Emerson, Wagner, Pablo e a tantos outros, não menos merecedores de menção, pelo apoio, entusiasmo e incentivo durante a realização deste estudo. Aos conterrâneos e contemporâneos florestais Gleison e Léo. Aos amigos e amigas das repúblicas, Cássia, Jacks, Arlindo, Wylle, Luiz, Juliano, Maro, Geovano, D. Lourdes, Sapo, Weldon, Dom e Cláudio. Aos muitos amigos da saudosa vida universitária. Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, em especial ao companheiro Chiquinho, pela amizade e solicitude.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOVANE PEREIRA DA CRUZ, filho de Rui Pereira da Cruz e Laura Oliveira da Cruz, nasceu em 8 de agosto de 1978, na cidade de Paraopeba, Estado de Minas Gerais.

Em dezembro de 1997, concluiu o ensino médio no Colégio Nossa Senhora do Carmo, em Paraopeba-MG.

Em março de 1998, ingressou no Curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em março de 2003.

Em março de 2003, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 21 de fevereiro de 2005.

CONTEÚDO

| | Página |
|--|---------------|
| RESUMO..... | vii |
| ABSTRACT..... | ix |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| 1.1. Considerações sobre a espécie | 1 |
| 1.2. Caracterização do local | 6 |
| 1.3. Fontes de dados..... | 7 |
| 1.4. Objetivos..... | 8 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 9 |
| EQUAÇÕES DE VOLUME E DE TAPER PARA <i>Tectona grandis</i> NA REGIÃO DE TANGARÁ DA SERRA – MATO GROSSO | 13 |
| RESUMO..... | 13 |
| ABSTRACT..... | 13 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 15 |
| 2.1. Dados utilizados..... | 15 |
| 2.2. Equações de volume e de taper | 17 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |

| | Página |
|--|---------------|
| 4. CONCLUSÕES..... | 21 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 21 |
| TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO E CURVAS DE ÍNDICE DE LOCAL PARA <i>Tectona grandis</i> EM TANGARÁ DA SERRA – MATO GROSSO..... | 23 |
| RESUMO..... | 23 |
| ABSTRACT..... | 23 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 24 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 24 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 26 |
| 3.1. Tendências de crescimento em nível de árvore..... | 26 |
| 3.2. Tendências de crescimento das características do povoamento..... | 29 |
| 3.3. Curvas de índice de local..... | 30 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 33 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 33 |
| UM MODELO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA PLANTAÇÕES DE <i>Tectona grandis</i> EM IDADES INICIAIS..... | 36 |
| RESUMO..... | 36 |
| ABSTRACT..... | 36 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 37 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 37 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 39 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 43 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 43 |
| 2. CONCLUSÕES GERAIS..... | 45 |

RESUMO

CRUZ, Jovane Pereira da, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2005. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* na região de Tangará da Serra-Mato Grosso**. Orientador: Helio Garcia Leite. Conselheiros: Carlos Pedro Boechat Soares e João Carlos Chagas Campos.

Este estudo foi desenvolvido com os seguintes objetivos: avaliar as tendências de crescimento em nível de árvores e de povoamentos, utilizando modelos baseados em pressuposições biológicas; avaliar alternativas para construção de curvas de índice de local; obter equações de volume e de taper; e propor um modelo de crescimento e produção para povoamentos de teca (*Tectona grandis*) na região de Tangará da Serra no Mato Grosso. Foram utilizados para este propósito dados de 50 parcelas de inventário contínuo, instaladas em povoamentos de teca da empresa Tectona Agroflorestal Ltda., município de Tangará da Serra. As parcelas, com área de 765 m², foram mensuradas aos 22, 34, 46, 58 e 70 meses. Foram obtidos os diâmetros (daps) maiores que 3,0 cm e a altura total (Ht) de todas as árvores de cada parcela. Cerca de 100 árvores foram cubadas neste período visando obter equações de volume e de taper. Na construção de curvas de índices de local foram avaliados dois métodos, sendo que o mais indicado foi o método da curva-guia associado

ao emprego do modelo de Chapman-Richards. As tendências de crescimento, tanto em nível de árvores quanto de povoamento, também puderam ser descritas pelo modelo Chapman-Richards. As curvas de crescimento em área basal e diâmetro médio indicaram tendência de estagnação do crescimento em aproximadamente 60 meses de idade. Os modelos de Schumacher e Hall (1933) e de Garay (1979) foram utilizados para obter equações de volume e de taper, respectivamente. As equações de volume e de taper proporcionaram estimativas precisas e livres de tendências. Um modelo foi proposto para estimar crescimento e produção de povoamentos de teca com idade inferior a 70 meses. O modelo de crescimento e produção constitui-se de três equações: uma para projetar altura dominante; outra para projetar área basal e uma terceira para obter o volume projetado a partir da altura dominante e da área basal projetada. Após análises de precisão o modelo mostrou-se eficiente na projeção das variáveis do povoamento.

ABSTRACT

CRUZ, Jovane Pereira da, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2005.
Growth and production of *Tectona grandis* in the region of Tangará da Serra-Mato Grosso. Adviser: Helio Garcia Leite. Committee members: Carlos Pedro Boechat Soares and João Carlos Chagas Campos.

This study aimed to: evaluate tree and stand growth tendencies using models based on biological assumptions; evaluate alternatives for building local index curves; obtain volume and taper equations; and propose a growth and production model for teak stands (*Tectona grandis*) in the region of Tangará da Serra in Mato Grosso. Data were evaluated from 50 continually inventoried plots established in teak stands owned by Tectona Agroflorestal Ltda., in Tangará da Serra. The stands comprised an area of 765 m² and were measured at 22, 34, 46, 58 and 70 months of age. Diameters (daps) greater than 3.0 cm and total height (Ht) of all the trees of each plot were obtained. Around 100 trees were cubed during this period to obtain volume and taper equations. For building the local index curves, two methods were evaluated, with the most indicated being the guide-curve method, combined with application of the Chapman-Richards model. Growth and production tendencies for both trees and stands were also described using the Chapman-Richards model. The growth curves for the basal area and mean diameter indicated a tendency for growth stagnation at

approximately 60 months of age. The models of Schumacher and Hall (1933) and of Garay (1979) were applied to obtain volume and taper equations, respectively. The volume and taper equations provided precise and tendency-free estimates. A model was proposed to estimate growth and production of teak stands under 70 months of age. The growth and production model consisted of three equations: one to determine the dominant height; the second to devise the basal part and the third to obtain a volume based on the devised dominant height and basal area. After precision analyses, the model was found efficient in devising stand variables.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Considerações sobre a espécie

Segundo Bor (1953), citado por Cardoso (1991), o gênero *Tectona*, pertencente à família Verbenaceae, apresenta duas espécies: *Tectona grandis* e *Tectona hamiltoniana*. A de maior importância, *Tectona grandis*, L.F., cujas sinônimas botânicas são *Tectona theka* Lour. e *Theka grandis* (L. F.) Lam., é uma espécie originária do continente Asiático, estando sua área de ocorrência confinada entre florestas Úmida e Decídua Árida Mista, em elevações em torno de 1.000 m na Índia, Birmânia, Tailândia e Laos (White, 1991).

No mercado internacional, a madeira de teca é usada para a confecção de móveis finos, inclusive para jardim, esquadrias, pisos, bancadas para laboratório, moldes industriais, dornas e tanques para produtos químicos, em construção naval e decoração interior e exterior, bem como painéis de lâminas faqueadas e lambris. A madeira de pequeno diâmetro dos desbastes, na forma roliça ou simplesmente serrada, tem amplo uso na edificação de construções rústicas, seja

como vigamento, esteio ou madeiramento do telhado. A durabilidade do cerne compara-se à da aroeira, sendo por isso, empregada no meio rural como poste, moirão esticador, vara de curral e outros. Postes de teca, incluindo alburno tratado com preservativo, encontram boa colocação na transmissão de energia elétrica, por serem leves, resistentes e duráveis.

A área de ocorrência natural de teca situa-se entre 10° e 25°N no subcontinente índico e no Sudoeste Asiático, principalmente na Índia, Birmânia, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã e Java (Lamprech, 1990). Esta área cobre mais de 25 milhões de hectares: Birmânia (14 milhões), Índia (9 milhões), Tailândia (2 milhões) e Laos (20.000) estando, nestes locais, normalmente associada com outras espécies. Embora recursos de teca fossem muito abundantes, atualmente eles já não conseguem satisfazer a alta demanda dos países asiáticos, europeus e dos Estados Unidos de forma sustentável. Assim, com mais de 2 milhões de hectares de plantações, a teca é hoje uma das espécies florestais folhosas mais plantadas no mundo (Tabela 1), atrás apenas do *Eucalyptus grandis* e do *Eucalyptus camaldulensis* que cobrem, cada um, mais de 3 milhões de hectares (Behaghel, 1999).

Tabela 1 – Principais espécies florestais folhosas tropicais por superfície de plantação em 1995

| Espécie | Superfície (ha) |
|------------------------------|------------------------|
| <i>Eucalyptus</i> spp. | 9.949.588 |
| <i>Acacia</i> spp. | 3.904.307 |
| <i>Tectona grandis</i> | 2.246.559 |
| <i>Casuarina</i> spp. | 787.200 |
| <i>Terminalia</i> spp. | 303.957 |
| <i>Swietenia macrophylla</i> | 151.214 |
| <i>Dalbergia sissoo</i> | 62.620 |
| <i>Gmelina arborea</i> | 41.850 |

Fonte: adaptado de Krishnapillay (2000).

Essa ocorrência natural, entretanto, não está bem definida, havendo diferentes abordagens provavelmente devido à distribuição descontínua da espécie como relatado por White (1991) e Matriacardi (1989). No sul da Ásia a

teca representa o cultivo florestal mais expressivo. É plantada desde 25 °N, passando pela região equatorial até 18 °S. Grandes plantações estão estabelecidas na África, nas Américas e no Pacífico, sendo que na Indonésia a área chega a superar 1.000.000 de hectares (White, 1991; Behaghel, 1999). Nos trópicos podem-se encontrar plantios de teca, por exemplo, em Camarões, Zaire, Nigéria, Trindade, Honduras e no Brasil, onde as primeiras experiências com o plantio iniciaram na década 60 no Mato Grosso (Angeli, 2003; Oliveira, 2003) e ultimamente tem conquistado espaço entre as principais culturas florestais do país. Na dispersão vertical pode ser encontrada em Java desde 0 a 700 m acima do nível do mar, na Birmânia até 1.000 m e na Índia até 1.300 m de altitude.

Trata-se de uma espécie caducifólia, atingindo alturas entre 25 e 35 m, podendo encontrar-se indivíduos com mais de 45 m e dap acima de 100 cm. O tronco é reto, cilíndrico, de casca parda e longitudinalmente fissurada. O sistema radicular é superficial, podendo ou não haver raízes tabulares. Apresenta folhas opostas a verticilares em grupos de três, coriáceas e possuem comprimento de 30 a 60 cm e largura entre 20 e 35 cm. Os limbos são largo-elípticos, glabros na face superior, bem como tomentosos e verruculosos na face inferior. As flores são pequenas e se dispõem em panículas de 35 até 40 cm. Os frutos são drupas de forma cilíndrica e coloração marrom, secos, envolvidos por remanescentes do cálice, celulósicos, enrugados, inflados. Possuem cerca de 1 cm de diâmetro, com 4 valvas e em torno de 1 a 4 sementes. O alburno é estreito e claro, bem distinto do cerne, de coloração marrom viva e brilhante (Lamprech, 1990 e Lorenzi et al., 2003).

Quanto às necessidades hídricas, Gatti (2002), citando Mascarenhas e Muralidharan (1993), relata que teca pode crescer sob precipitações anuais tão baixas quanto 600 mm e tão altas quanto 5.000 mm anuais. Entretanto a precipitação que favorece seu crescimento varia entre 1.500 e 2.500 mm anuais, com uma estação seca bem definida de 3 a 5 meses. Adapta-se bem em condições úmidas, secas e semi-áridas, não resistindo, porém, a geadas e frio intenso. Nair e Souvannavong (2000) ressaltam plantações de teca com alto rendimento estão localizadas em que anteriormente eram consideradas impróprias para seu cultivo. Como exemplo, citam áreas com elevadas precipitações (acima de 4000 mm

anuais) e estações secas na América Latina. Estas condições não são encontradas na amplitude de distribuição natural da espécie, mas parece ser favorável ao seu crescimento. Entretanto, segundo Floresteca (2004) alerta que condições muito úmidas podem proporcionar crescimento acelerado, formando um alburno espesso, de baixa qualidade, com menor densidade, coloração menos atraente, textura inferior e perda de resistência.

A teca adapta-se não apenas em condições ecológicas diferentes, mas também em diferentes condições edáficas. Os solos nas áreas nativas são desenvolvidos de rochas, como granito, basalto e xisto. Na China, os solos das áreas de cultivo são principalmente laterita ou com características de laterita desenvolvida de granito, bem como rendzinas desenvolvidas de calcário (Xiang, 1993). Matriacardi (1989), estudando plantios de teca na região de Mato Grosso (Brasil), relatou que esta espécie pode crescer tanto em áreas de mata, quanto em áreas de cerrado, respondendo satisfatoriamente à presença de cálcio. Constatou, também, que elevados níveis de bases trocáveis e elevada saturação de bases determina um maior desenvolvimento desta espécie. Floresteca (2004) relata que os plantios na região do Mato Grosso são realizados em solo profundo, fértil, bem drenado e arejado, com um alto teor de cálcio. Os solos com alta saturação de alumínio (Al), alta acidez, e porcentagem de argila acima de 45% são evitados.

A teca produz madeira de alto valor comercial. Trata-se de uma das madeiras mais belas e melhores que existem, com altíssima qualidade. É considerada como insuperável na construção naval, sendo adequada para todo tipo de construções dentro e fora d'água, bem como para interiores luxuosos e mobiliários de alto valor (Lamprech, 1990). Tamanha valoração da madeira de teca deve-se, dentre vários outros fatores, ao fato dela possuir um óleo que impede a corrosão de artefatos de metal (pregos, parafusos etc.). As propriedades físico-mecânicas, a facilidade de secagem e a estabilidade dimensional (quase não empena na secagem), possibilitam estabelecer essa madeira como um padrão para avaliação das madeiras de todas as demais espécies folhosas (Cardoso, 1991).

Vários fatores têm influenciado o manejo de florestas e plantações de teca durante as últimas décadas. Dentre eles pode-se citar:

- O declínio do suprimento de madeira das florestas naturais, aumentando a confiança nas plantações para satisfazerem a crescente demanda por madeira;
- O envolvimento do setor privado, incluindo fazendeiros, no cultivo de teca;
- O reflorestamento em locais fora de sua zona de distribuição natural e, mais particularmente, em áreas com condições ecológicas e ambientais muito diferentes;

- O crescimento do comércio internacional de produtos florestais e o aparecimento de novos centros de consumo;

- O desenvolvimento de novas tecnologias; e

- O aumento da atenção para as funções ecológicas e ambientais das florestas e seu manejo sustentável (Nair e Souvannavong, 2000).

Segundo Behaghel (1999), as áreas de plantações de teca duplicaram desde 1950, e têm se expandido em mais de 50 países. Estima-se que produção total de madeira de teca, que é calculada atualmente a 4 milhões m³ anuais, subirá para mais de 20 milhões m³ antes do ano 2020, sendo esta produção absorvida pela alta demanda. O autor ainda ressalta que o principal critério de qualidade será o diâmetro do tronco, seguido pela densidade e cor da madeira.

Nair e Souvannavong (2000), citando Tewari (1992), relatam que a teca tem sido pesquisada sob vários aspectos há mais de 150 anos, podendo ser encontrado na literatura mais de 4.000 documentos cobrindo diferentes aspectos do manejo e utilização de florestas e plantações desta espécie. Nos países de origem, a espécie tem sido exaustivamente estudada. Na Índia, pode-se citar o trabalho de Kumaravelu (1993), na Indonésia o trabalho de Perhutani (1993), em Laos o estudo de Phengdouang (1993), na Birmânia o trabalho de Gyi (1993) e na Tailândia o trabalho de Kaosa-Ard (1993).

Trabalhos sobre testes de procedências e melhoramento genético podem ser verificados em: Bingchao e Shuzhen (1993), na China; na Costa Rica o trabalho de Murillo e Badilla (2004); e, no Brasil, o estudo de Gatti (2002) avaliando a propagação vegetativa da espécie.

As propriedades físicas e mecânicas foram estudadas por Serrano e Sáenz (2004), no Panamá e na Costa Rica. A relação entre anatomia e propriedades

físico-mecânicas foi avaliada por Valero et al. (2004), na Venezuela. Govaere et al. (2004) descreveram a anatomia, a durabilidade e as propriedades físicas e mecânicas da teca na Costa Rica. Cardoso (1991) caracterizou a estrutura anatômica da madeira, a fenologia e as relações com a atividade cambial da espécie, no Brasil.

Dentre os trabalhos sobre crescimento e manejo da espécie podem ser citados: Gómez e Mora (2004), sobre equações e tabelas de volume na Costa Rica, Nanang e Nunifu (1999), em Ghana, Keogh (1982), no Caribe, América Central, Venezuela e Colômbia, Friday (1987) em Porto Rico, e Malende e Temu (1990), na Tanzânia, sobre classificação da capacidade produtiva. Padrões de crescimento podem ser verificados nos trabalhos de Keogh (1990), no Caribe e América Central, de Haishui (1993) nas Ilhas Hainan e Macedo et al. (1999) em Minas Gerais (Brasil). Sobre modelos de crescimento e produção podem ser citados Gonzales (1985) nas Filipinas, Nunifu e Murchison (1999) em Ghana, Bermejo et al. (2004) na Costa Rica e Nogueira (2003) estudando povoamentos de teca submetidos a desbaste no Brasil.

1.2. Caracterização do local

Os dados utilizados neste estudo foram coletados no município de Tangará da Serra (Figura 1), na Região Médio Norte do Estado do Mato Grosso, a 230 km de Cuiabá, na empresa Tectona Agroflorestral Ltda. Situa-se na latitude 14° 04' 38" S e longitude 57° 03' 45" W. Localiza-se entre as serras de Tapirapuã e dos Parecis, que por sua vez delimitam dois ecossistemas importantes no território brasileiro: o Pantanal (Sul) e o Chapadão dos Parecis (Norte). A Serra dos Parecis é o divisor de águas entre as bacias do Amazonas (Norte) e do Paraguai-Paraná (Sul). A altitude média em relação ao nível do mar é de 423 m. Quanto à vegetação, Tangará da Serra apresenta matas densas nas encostas e no alto da Serra de Tapirapuã, e cerrado no alto da Serra dos Parecis.

O clima do município é o tropical chuvoso quente e úmido, com dois períodos bem definidos: chuvas entre setembro e abril, e estiagem entre maio e

agosto. A precipitação anual varia entre 1.300 e 2.000 mm, a temperatura oscila entre 16 e 36 °C, com umidade relativa média de 80%.

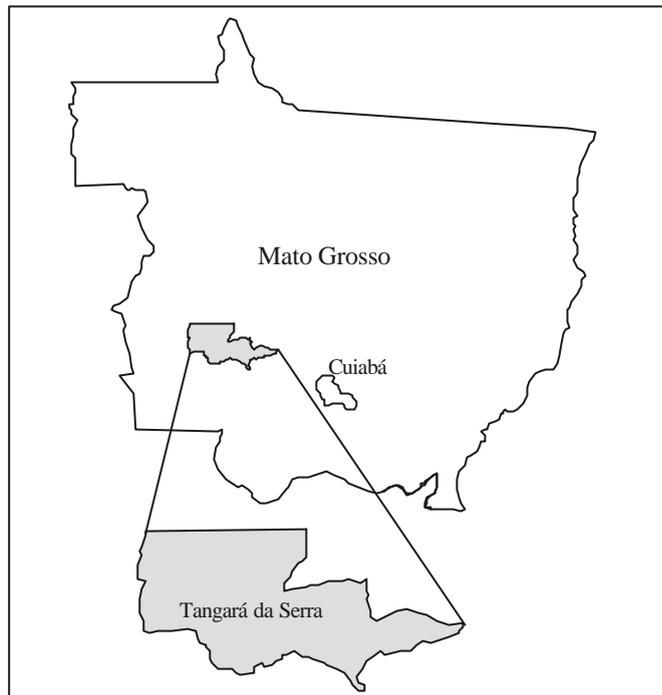


Figura 1 – Município de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso.

As características do relevo do município são predominantemente marcadas pela topografia plana (95%). Topografias suavemente ondulada e montanhosa respondem por apenas 5%. Os solos do município são representados pela classe dos Latossolos Vermelhos e Vermelho Amarelo em sua maioria, ocorrendo também Latossolos Escuros, terra roxa estruturada e arenosos.

1.3. Fonte de dados

Foram utilizados dados de 50 parcelas retangulares, provenientes do inventário contínuo, com área de 765 m², instaladas em povoamentos de *Tectona grandis* na região de Tangará da Serra, MT, com um espaçamento de 3,0 x 3,0 m. O Foram coletados os diâmetros à altura do peito (daps) maiores que 3,0 cm e a altura total (Ht) de todas as árvores de cada parcela, aos 22, 34, 46, 58 e 70 meses. Cerca de

100 árvores-amostra foram cubadas neste período visando obter equações de volume e de taper. Os dados foram disponibilizados pela empresa Tectona Agroflorestal Ltda.

1.4. Objetivos

Em virtude da escassez de pesquisas sobre mensuração e crescimento desta espécie no Brasil, sobretudo em idades iniciais, este trabalho teve como principais objetivos:

- avaliar as tendências de crescimento inicial em nível de árvores e de povoamentos;
- avaliar alternativas para construção de curvas de índice de local;
- obter equações de volume e de taper; e
- propor um modelo de crescimento e produção em nível de povoamento, que permita determinar a idade do primeiro desbaste em plantios de teca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELI, A. *Tectona grandis*. (Supervisão e orientação do Prof. J. L. Stape, Departamento de Ciências Florestais-ESALQ/USP. Atualizado em 05/05/2003). Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.html>>. Acesso em: 4 novembro 2003.

BEHAGHEL, I. The state of teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations in the world. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 4, n. 262, 1999.

BERMEJO, I; CAÑELLAS, I.; MIGUEL, A. S. Growth and yield models for teak plantations in Costa Rica. **For. Ecol. Manage.**, n. 189, p. 97-110, 2004.

BINGCHAO, K., SHUZHEN, E. Genetic Improvement of Teak in China. In: **Teak in Asia** (edited by H. Wood). FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand. 1993.

CARDOSO, N. S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca (*Tectona grandis* L. f.) – Verbenaceae**. Piracicaba, SP. ESALQ, 1991. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 1991.

FLORESTECA. **Resumo do plano de manejo de povoamento de teca**. Disponível em: <<http://www.floresteca.com.br>>. Acesso em: 29 janeiro 2004.

FRIDAY, K.S. Site index curves for teak (*Tectona grandis* L.f) in the limestone hill region of Puerto Rico. **Commonwealth Forestry Review**, v. 3. n. 66, p. 239-253, 1987.

GATTI, K. C. **Propagação vegetativa de pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Schum.), jequitibá (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e teca (*Tectona grandis* Linn. f.) por miniestaquia**. Viçosa, MG. UFV, 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.

GOMES, G.; MORA, F. Comparación de modelos y unificación de ecuaciones de volumen para árboles individuales en plantaciones de teca (*Tectona grandis* Linn) en Costa Rica. In: **Seminario y grupo de discusión teca (*Tectona grandis*)**. Disponível em: <<http://www.una.ac.cr/inis/discusion/articulos.htm>>. Acesso em: 1^o fevereiro 2004.

GONZALES, L.L. **Growth and yield predictions for teak plantations. Utilization Divn.** For. Res. Int. College, Laguna, Philippines. 1985.

GOVAERE, G. et al. Descripción anatómica, durabilidad y propiedades físicas y mecánicas de *Tectona grandis*. In: **Seminario y grupo de discusión teca (*Tectona grandis*)**. Disponível em: <<http://www.una.ac.cr/inis/discusion/articulos.htm>>. Acesso em: 1^o fevereiro 2004.

GYI, M. K. K. Teak in Myanmar. In: **Teak in Asia** (edited by H. Wood). FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand, p. 51-62, 1993.

HAISHUI, Z. Growth pattern on teak plantations on Hainan island. In: **Teak in Asia** (edited by H. Wood). FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand, p. 119-126, 1993.

KAOSA-ARD, A. Teak in Thailand. In: **Teak in Asia** (edited by H. Wood). FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand, p. 79-86, 1993.

KEOGH, K. M. Growth rates of teak (*Tectona grandis*) in the Caribbean/Central-American region. **For. Ecol. Manage.**, n. 35, p. 311-314, 1990. (Short Communication).

KEOGH, K. M. Provisional site classification chart for the Caribbean, Central America, Venezuela and Colombia. **For. Ecol. Manage.**, n. 4, p. 143-153, 1982.

KRISHNAPILLAY, B. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. **Unasyva**, v. 51, n. 201, p. 14-21, 2000.

KUMARAVELU, G. Teak in India. In: **Teak in Asia** (edited by H. Wood). FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand, p. 27-34, 1993.

LAMPRECH, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Trad. De Guilherme de Almeida-Sedas e Gilberto Calcagnoto. Rossdorf: TZ – Verl. – Ges., 1990. 343 p.

LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, 2003. 384 p.

MACEDO, R. L. G.; GOMES, J. E.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Análise preliminar do crescimento e fenologia da *Tectona grandis* L.f. (teca), implantada em parcela de observação na região de Lavras-MG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 5, Curitiba, 1999. **Anais...** Rio de Janeiro, Biosfera, 1999a. 4 p. (CD ROM-BIO 1200).

MALENDE, Y. H.; TEMU, A. B. Site-index curves and volume growth of teak (*Tectona grandis*) at Mtibwa, Tanzania. **For. Ecol. Manage.**, n. 31, p. 91-99, 1990.

MATRIACARDI, W. A. T. **Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* L. F.) cultivada na Grande Cáceres – Mato Grosso.** Piracicaba, SP. ESALQ, 1989. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 1989.

MURILLO, O.; BADILLA, Y. Potencial de mejoramiento genético de la teca en Costa Rica. In: SEMINARIO Y GRUPO DE DISCUSIÓN TECA (*Tectona grandis*). Disponível em: <<http://www.una.ac.cr/inis/discusion/articulos.htm>>. Acesso em: 1^o fevereiro 2004.

NAIR, C. T. S.; SOUVANNAVONG, O. Emerging research issues in the management of teak. **Unasyuva**, v. 51, n. 201, p. 45-54, 2000.

NANANG, D. M.; NUNIFU, T. K. Selecting a functional form for anamorphic site index curve estimation. **For. Ecol. Manage.**, n. 118, p. 211-221, 1999.

NOGUEIRA, G. S. **Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Eucalyptus* sp. e de *Tectona grandis* submetidos a desbaste.** Viçosa, MG. UFV, 2003. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.

NUNIFU, T. K.; MURCHISON, H. G. Provisional yield models of Teak (*Tectona grandis* Linn F.) plantations in northern Ghana. **For. Ecol. Manage.**, n. 120, p. 171-178, 1999.

OLIVEIRA, J. R. V. **Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teca - Nutriteca.** 2003. 93 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

PERHUTANI, P. Teak in Indonesia. In: **Teak in Asia** (edited by H. Wood). FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand, p. 35-40, 1993.

PHENGDOUANG, V. Teak in Laos PDR. In: **Teak in Asia** (edited by H. Wood). FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand, p. 41-50, 1993.

SERRANO, J. R.; SÁENZ, M. Trabajabilidad de teca (*Tectona grandis*) de Costa Rica y Panamá. In: SEMINARIO Y GRUPO DE DISCUSIÓN TECA (*Tectona grandis*). Disponível em: <<http://www.una.ac.cr/inis/discusion/articulos.htm>>. Acesso em: 1^o fevereiro 2004.

VALERO, U. W. et al. Relación entre anatomía y propiedades físico-mecánicas de la especie *Tectona grandis* proveniente de los llanos occidentales de Venezuela. In: SEMINARIO Y GRUPO DE DISCUSIÓN TECA (*Tectona grandis*). Disponible em: <<http://www.una.ac.cr/inis/discusion/articulos.htm>>. Acceso em: 1^o fevereiro 2004.

WHITE, K. J. 1991: **Teak**. Some aspects of research and development. RAPA Publications, 1991/17. FAO.

XIANG, L. Y. Teak planting techniques. In: **Teak in Asia** (edited by H. Wood). FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand, p. 101-110, 1993.

EQUAÇÕES DE VOLUME E DE TAPER PARA *Tectona grandis* NA REGIÃO DE TANGARÁ DA SERRA – MATO GROSSO

RESUMO – Este estudo foi conduzido com propósito de gerar equações de volume e de taper para teca (*Tectona grandis*) na região de Tangará da Serra, no Estado do Mato Grosso. Foram utilizados para este propósito os modelos de Schumacher e Hall (1933) e de Garay (1979) para a obtenção das equações de volume e de taper, respectivamente. Utilizaram-se dados provenientes de cubagem que contemplaram 102 árvores, com diâmetros variando de 5,7 a 21,0 cm e alturas entre 5,1 e 18,6 m. As equações obtidas foram avaliadas pela análise gráfica dos resíduos e proporcionaram estimativas precisas e livres de tendências.

Palavras-chave: Teca, equação de volume, equação de taper.

VOLUME AND TAPER EQUATIONS FOR *Tectona grandis* IN TANGARÁ DA SERRA – MATO GROSSO

ABSTRACT – This study was carried out to generate volume and taper equations for teak (*Tectona grandis*) in the region of Tangará da Serra-Mato Grosso. The models of Schumacher and Hall (1933) and of Garay (1979) were applied to obtain volume and taper equations, respectively. Cubing data of 102 trees with diameters ranging from 5.7 to 21.0 cm and heights from 5.1 to 18.6 m were used. The equations obtained were evaluated by the graphic analysis of the residues and provided precise and tendency-free estimates.

Keywords: Teak, volume equation, taper equation.

1. INTRODUÇÃO

Modelos de taper, ou funções do perfil do tronco, são descrições matemáticas do perfil longitudinal de um tronco. Estas funções permitem obter estimativas do diâmetro do tronco a uma dada altura e a altura para um determinado diâmetro do tronco. Prestam-se também para fazer o sortimento e estudar a evolução da forma da árvore ao longo de sua vida (Campos e Leite, 2002; Kozak et al., 1969). Em se tratando de estimativas de volume de partes do tronco, os modelos de taper são imprescindíveis, possibilitando a determinação consistente de diferentes sortimentos de interesse para a indústria madeireira. Modelos dessa natureza podem ser utilizados também para descrever diretamente o perfil de um fuste, visto que, na maioria das vezes ele possui a razão entre o diâmetro comercial e o dap (d/dap) como variável dependente e a razão entre a altura comercial e a altura total da árvore (h/Ht) como variável independente. Muitos modelos de taper têm sido utilizados para plantações de *Eucalyptus* (Bi, 2000; Soares 2004) e de *Pinus* (Lima, 1986; Fischer, 1997), bem como para espécies nativas (Garcia et al., 1993, Moura, 1994 e Chichorro et al., 2003). Contudo, para teca (*Tectona grandis*), espécie que vem sendo plantada em grande escala no Brasil, os estudos em biometria, incluindo a forma do fuste, ainda são incipientes.

A teca é uma árvore de grande porte pertencente à família Verbenaceae, podendo atingir alturas de 35 m e dap de 100 cm. Trata-se de uma espécie indígena originária do continente Asiático, estando sua área de ocorrência confinada entre Florestas Úmida e Decídua Árida Mista, em elevações inferiores a 1.000 m na Índia, Birmânia, Tailândia e Laos (White, 1991). Produz madeira de excelente qualidade para a indústria madeireira e é altamente valorizada no comércio internacional. Trata-se de uma das melhores e mais belas madeiras que existem, com altíssima qualidade (Lamprech, 1990). Este autor ainda destaca que a madeira de teca é considerada como insuperável na construção naval, sendo adequada para todo tipo de construções dentro e fora d'água bem como para interiores luxuosos e mobiliários de alto valor. Tamanha valoração da madeira de

teca deve-se, dentre vários outros fatores, ao fato dela possuir um óleo que impede a corrosão de artefatos de metal (pregos, parafusos etc.). As propriedades físico-mecânicas, a facilidade de secagem e a estabilidade dimensional (quase não empena na secagem), possibilitam estabelecer essa madeira como um padrão para avaliação das madeiras de todas as demais espécies folhosas (Cardoso, 1991). Plantios desta espécie têm ganhado maior expressão no cenário nacional, sobretudo no estado do Mato Grosso, onde se concentram as maiores áreas plantadas.

O reflorestamento de teca no Brasil começou em 1968, em Cáceres – MT. A teca mostrou-se, dentre outras espécies testadas, a mais promissora para o reflorestamento da região, passando a ser plantada em escala comercial em 1971. A rotação desta cultura no Brasil é de cerca de 25 anos, semelhante ao que ocorre em alguns países da América Central, como na Costa Rica.

Estudos sobre a biometria de teca ainda são incipientes no Brasil. Por se tratar de uma espécie de crescente importância no cenário nacional, justifica-se, num primeiro momento, a obtenção de equações de volume e de taper para esta espécie. Conhecer o perfil do tronco de árvores de teca em idade jovem também se torna importante, uma vez que o principal uso desta espécie destina-se às indústrias madeireiras. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo obter equações de volume e de taper para plantios de teca no Estado do Mato Grosso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Dados utilizados

Foram abatidas e cubadas 102 árvores-amostra em plantios de teca no município de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso, visando o ajuste dos modelos de volume e de taper. O volume individual observado de cada árvore foi obtido com o emprego do método de cubagem, pela aplicação sucessiva da expressão de Smalian. Foram cubadas pelo menos quatro árvores por classe de diâmetro para ajuste dos modelos. Os diâmetros variaram entre 5,7 e 21,0 cm e a altura total observada entre 5,1 e 18,6 m, para uma faixa de idade compreendida entre 24 a 60 meses (Figura 1).

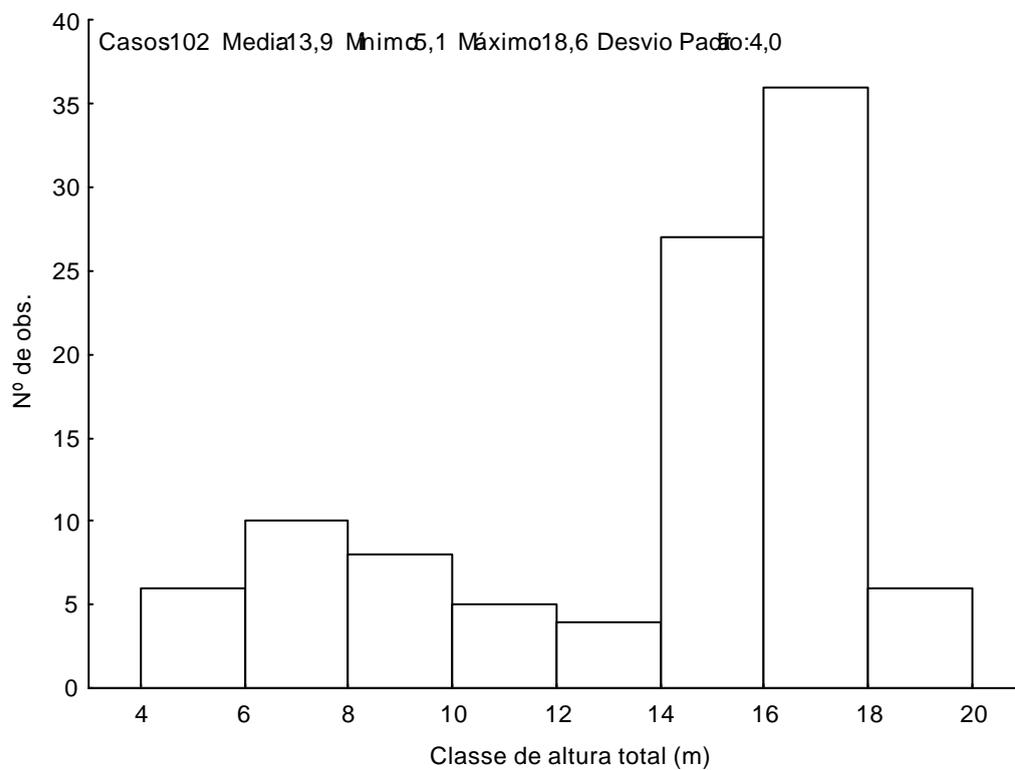
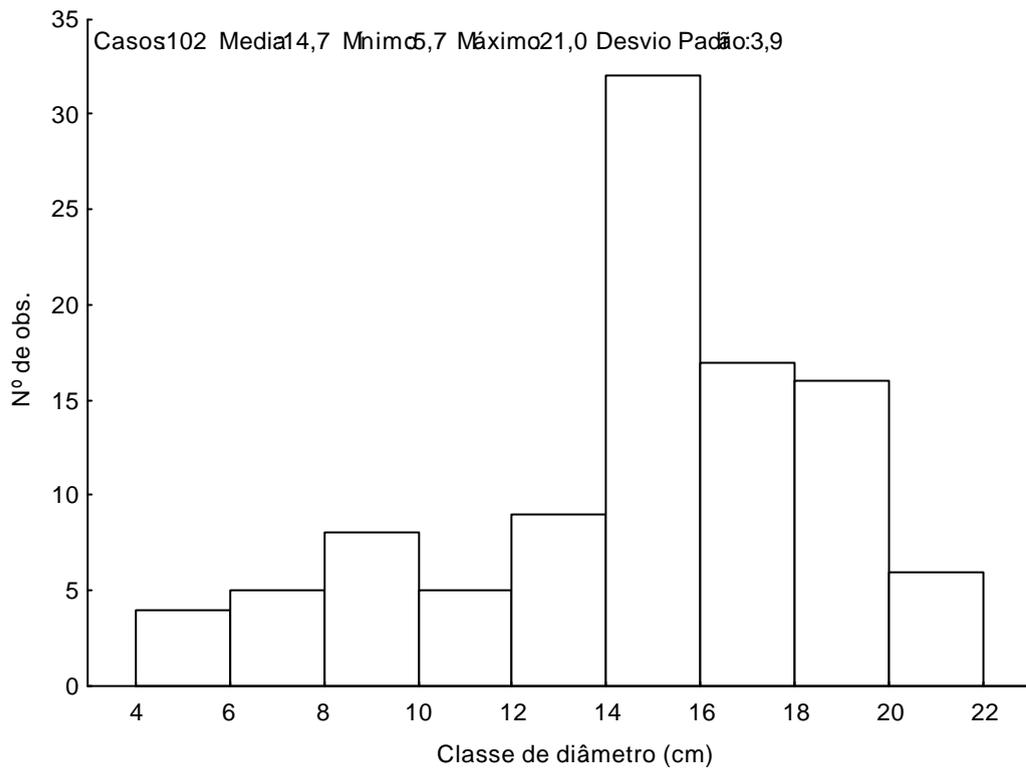


Figura 1 – Distribuições diamétrica e hipsométrica das árvores-amostra de teca cubadas em povoamentos de teca na região de Tangará da Serra - MT.

As relações observadas entre altura, diâmetro e volume são apresentadas na Figura 2. Na Figura 2a tem-se a relação *Ht versus dap*, na Figura 2b o volume com casca em função do *dap*, na Figura 2c o volume com casca em função da altura e na Figura 2d a relação entre o volume com casca e o volume sem casca. As tendências observadas são semelhantes às aquelas observadas em povoamentos de outras culturas, como o eucalipto e o *pinus* em idades jovens (< 6 anos para eucalipto e < 10 anos para *pinus*), facilitando a escolha do modelo de regressão mais apropriado, em especial para estimar *V* em função de *dap* e de *Ht*.

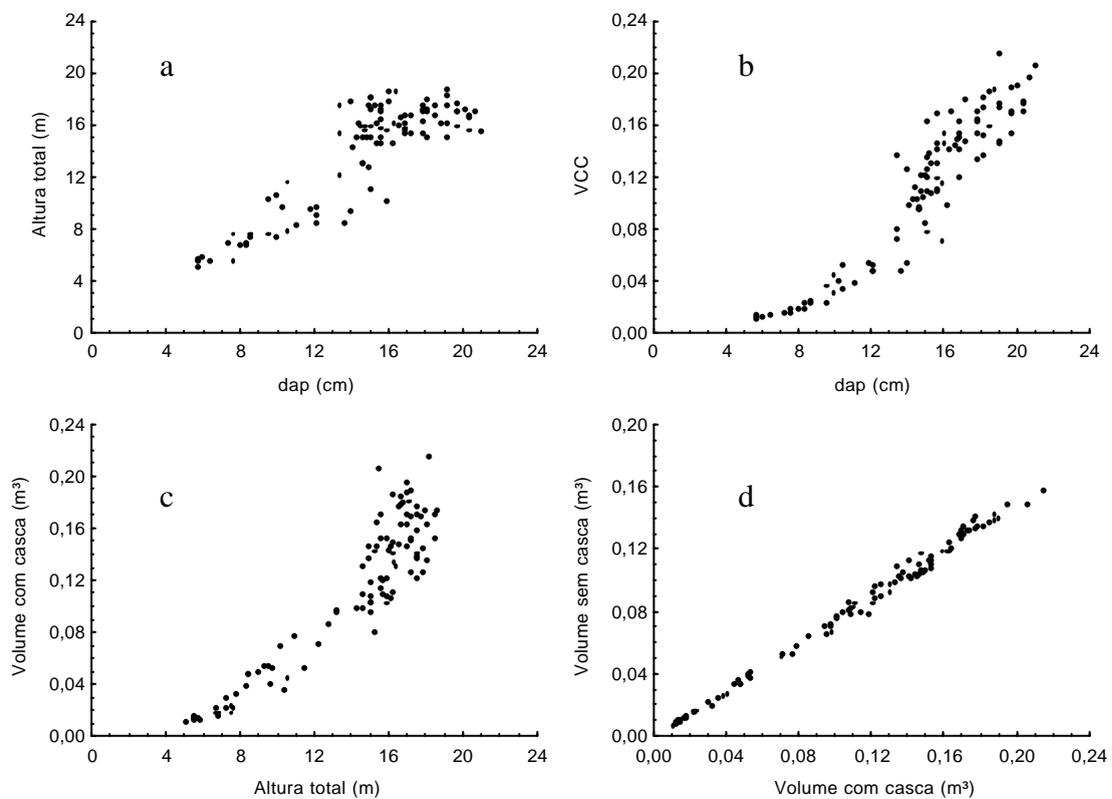


Figura 2 – Dispersões observadas nos dados das árvores-amostra.

2.2. Equações de volume e de taper

O modelo de Schumacher e Hall (1933) foi ajustado para volumes comerciais com e sem casca, na forma: $Ln(V) = b_0 + b_1 Ln(dap) + b_2 Ln(Ht) + e$

em que

V = volume, com ou sem casca, em m³;

dap = diâmetro a 1,30 m, em cm;

Ht = altura total, em m;

Ln = logaritmo neperiano;

b_i = parâmetros do modelo; e

e = erro aleatório, $e \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

O modelo de taper ajustado foi o de Garay (1979), na forma:

$$d / dap = b_0(1 + b_1 Ln(1 - b_2 h^{b_3 Ht} - b_3))e, \text{ em que}$$

d = diâmetro na altura h ;

Ht = altura total;

\hat{a}_i = parâmetros do modelo; e

e = erro aleatório, $e \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Nesse modelo as expressões que permitem obter o diâmetro em uma determinada altura e a altura para um dado diâmetro comercial são assim definidas, respectivamente:

$$d = dap \hat{b}_0 (1 + \hat{b}_1 Ln(1 - \hat{b}_2 h^{\hat{b}_3 Ht} - \hat{b}_3)) e$$

$$h = Ht \left(\left(-\exp((d - dap \hat{b}_0)(dap \hat{b}_0 \hat{b}_1)^{-1}) - 1 \right) \hat{b}_2^{-1} \right)^{1/\hat{b}_3}$$

As equações de volume e de taper ajustadas foram avaliadas por meio de análise gráfica dos resíduos, conforme Campos e Leite (2002), sendo observados também os coeficientes determinação - R^2 e de correlação múltipla - $r_{Y\hat{Y}}$. O modelo de Garay foi ajustado utilizando-se o algoritmo de Quasi-Newton, disponível no software Statistica 6.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação de volume obtida, $\ln(V_{cc}) = -8,68449 + 1,19203\ln(dap) + 1,20440\ln(Ht)$, com coeficiente de determinação igual a 0,984, resultou em estimativas precisas e livres de tendência (Figura 3). Essa precisão e não-tendenciosidade foi observada também para o modelo de taper.

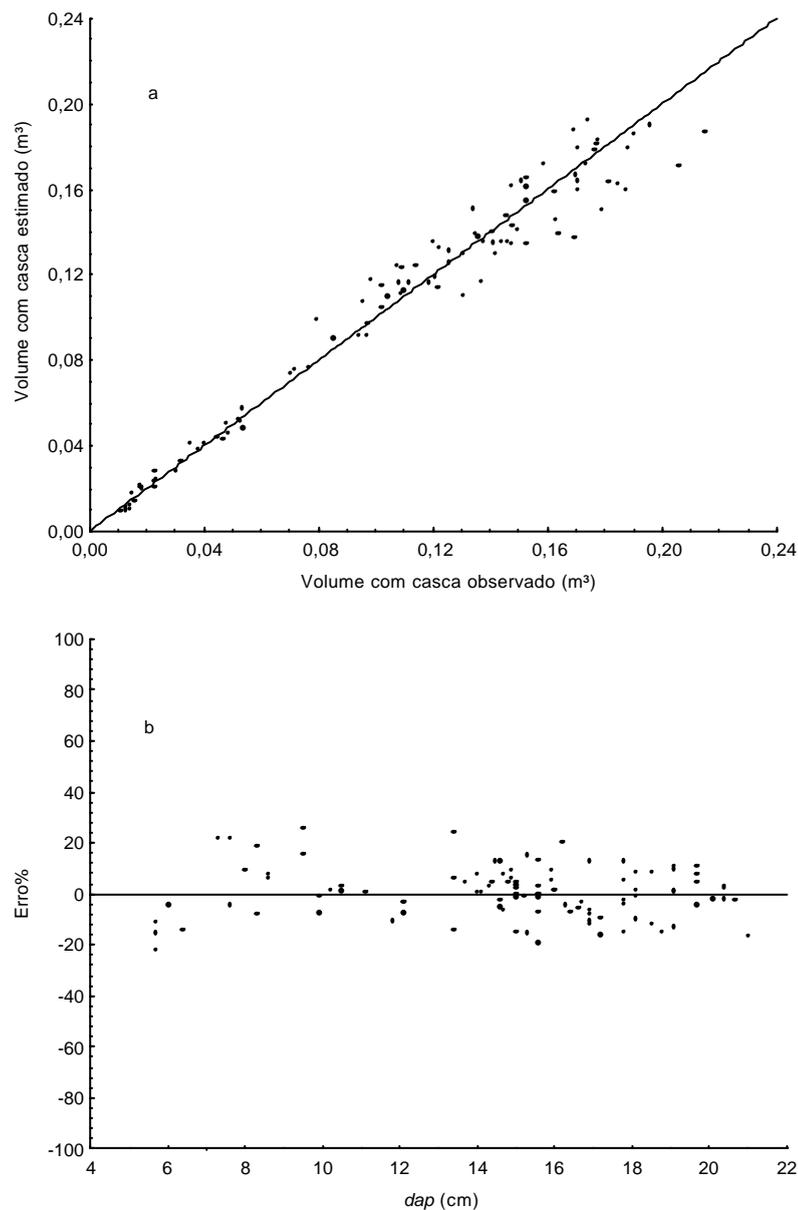


Figura 3 – Análise de resíduos para equação de volume com casca. Sendo o erro percentual obtido pela fórmula: $100(\hat{V} - V)V^{-1}$, em que \hat{V} = volume estimado e V = volume observado.

O modelo de taper proposto por Garay resultou, após ajuste, na seguinte equação: $d / dap = 1,2487 (1 + 0,62401 \text{Ln}(1 - 0,77143 h^{0,38289} Ht^{-0,38289}))$, com $R_{yy} = 0,973$.

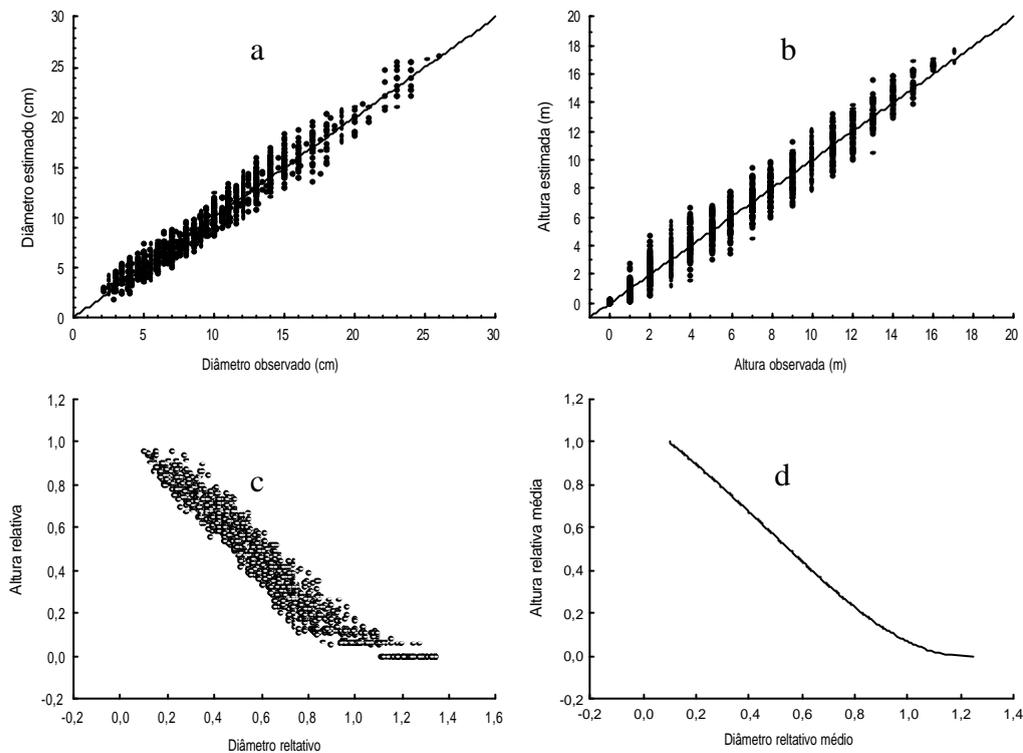


Figura 4 – Análise de resíduos (a e b) e perfil médio (c e d) de árvores de teca, obtidos pela equação de taper, sendo a altura relativa = altura comercial/altura total (h/Ht) e o diâmetro relativo = diâmetro comercial/ dap (d/dap).

Uma característica do modelo proposto por Garay é o fato da expressão que permite estimar altura comercial não resultar em valores inconsistentes para árvores de menores dimensões; isto ocorre para outros modelos como o de Kozak et al. (1969) e o de Demaerschalk (1972). O modelo de Garay é derivado da função Richards e possui flexibilidade para descrever as variações de taper em árvores de diferentes espécies e tamanhos de árvores, além de ser consistente em relação às variáveis d , h e V .

O ajuste de um modelo de taper para árvores jovens de teca não tem o propósito de quantificar sortimentos madeireiros. Visou apenas caracterizar o perfil médio do fuste da espécie. Na Figura 4c é possível observar as relações de altura e diâmetro relativos, dados por h/H_t e d/dap , respectivamente. A Figura 4d expressa estas mesmas relações, porém, utilizando não os dados observados, mas a equação ajustada. Confirmou-se a capacidade do modelo em descrever todo o fuste, incluindo posições abaixo de 1,3 m.

4. CONCLUSÕES

Os modelos de Schumacher e Hall e de Garay foram apropriados para plantações jovens de teca.

As equações $Ln(VCC) = -8,68449 + 1,19203Ln(dap) + 1,20440Ln(Ht)$ e $d/dap = 1,2487 (1 + 0,62401 Ln(1 - 0,77143 h^{0,38289} Ht^{-0,38289}))$ geram estimativas de volume e de taper livres de tendência para árvores de teca com idade inferior a 6 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BI, H. Trigonometric variable-form taper equations for australian eucalypts. **Forest Science**, v. 46, n. 3, p. 397-409, 2000.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 407 p.
- CARDOSO, N. S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca (*Tectona grandis* L. f.) – Verbenaceae**. Piracicaba, SP. ESALQ, 1991. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 1991.
- CHICHORRO, J. F.; RESENDE, L. P.; LEITE, H. G. Equações de volume e de taper para quantificar multiprodutos da madeira em Floreta Atlântica. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 799-809, 2003.

DEMAERSCHALK, J. P. Converting volume equations to compatible taper equations. **Forest Science**, v. 18, n. 3, p. 241-245, 1972.

FISCHER, F. **Eficiência dos modelos polinomiais e das razões de volume na estimativa volumétrica dos sortimentos e do perfil do fuste de *Pinus taeda***. Lavras: UFLA, 1997. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, 1997.

GARAY, L. **Tropical forest utilization system**. VIII. A taper model for entire stem profile including buttressing. Coll. Forest. Resour., Inst. Forest Prod. Univ. Wash. 1979. 64 p. (contrib. 36).

GARCIA, S. L. R.; LEITE, H. G.; YARED, J. A. G. Análise do perfil do tronco de morototó (*Didymopanax morototonii*) em função do espaçamento. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993. Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 485-491.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in Forest inventory. **Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

LAMPRECH, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Trad. De Guilherme de Almeida-Sedas e Gilberto Calcagnoto. Rossdorf: TZ – Verl. – Ges., 1990. 343 p.

LIMA, F. S. **Análise de funções de taper destinadas à avaliação de multiprodutos de árvores de *Pinus elliottii***. Viçosa: UFV, 1986. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1986.

MOURA, J. B. de. **Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia brasileira**. Curitiba: UFPR, 1994. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1994.

SCHUMACHER, F.X.; HALL, F.S. Logarithmic expression of the timber volume. **Journal of Agriculture Research**, Lahore, v. 47, n. 9, p. 719-34, 1933.

SOARES, T. S.; LEITE, H. G.; VALE, A. B. Um modelo alternativo para a quantificação de multiprodutos em árvores individuais. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 875-882, 2004.

WHITE, K. J. **Teak**. Some aspects of research and development. RAPA Publications, 1991/17. FAO.

TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO E CURVAS DE ÍNDICE DE LOCAL PARA *Tectona grandis* EM TANGARÁ DA SERRA – MATO GROSSO

Resumo – O presente estudo avaliou o crescimento inicial de teca (*Tectona grandis*) em nível de árvore e de povoamento. As tendências de crescimento em altura, diâmetro, área basal e volume foram analisadas por análise de regressão, utilizando modelos baseados em pressuposições biológicas. Foram avaliados dois métodos de construção de curvas de índices de local, utilizando dados provenientes de quatro medições sucessivas de parcelas permanentes instaladas em povoamentos de teca localizados na região de Tangará da Serra – Mato Grosso. As tendências de crescimento, tanto em nível de árvores, quanto de povoamento, foram descritas pelo modelo Chapman-Richards. As curvas de crescimento em área basal e diâmetro médio indicaram tendência de estagnação do crescimento aos, aproximadamente, 60 meses de idade. A melhor alternativa para construir curvas de índices de local foi o método da curva-guia, empregando o modelo Chapman-Richards.

Palavras-chave: Teca, Capacidade produtiva, Chapman-Richards.

GROWTH TENDENCIES AND LOCAL INDEX CURVES FOR *Tectona grandis* IN TANGARÁ DA SERRA – MATO GROSSO

ABSTRACT – This study evaluated the initial growth of teak (*Tectona grandis*) in trees and stands. Height, diameter, basal area and volume growth tendencies were analyzed by regression analysis, using models based on biological presuppositions. Two local index curve building methods were evaluated using data from four successive measurements of permanent plots set up in teak stands in the region of Tangará da Serra – Mato Grosso. The growth tendencies of the trees and stands were described using the Chapman-Richards model. The basal area and average diameter growth curves indicated a growth stagnation tendency at approximately, 60 months of age. The best alternative to build local index curves was the guide-curve methods using the Chapman-Richards model.

Keywords: Teak, productive capacity, Chapman-Richards.

1. INTRODUÇÃO

Muitos estudos em mensuração têm sido conduzidos no Brasil, utilizando dados de povoamentos de *Eucalyptus* e *Pinus*. Entretanto, esses estudos são escassos para teca (*Tectona grandis*), uma espécie de origem asiática, muito valorizada no mercado internacional pela qualidade de sua madeira, e que está sendo cultivada em grande escala no Mato Grosso, estado que concentra a maior área de plantio desta espécie no Brasil. Destaca-se o trabalho de Nogueira (2003), onde o autor avaliou crescimento e produção de povoamentos de teca submetidos a desbaste, utilizando modelos de distribuição diamétrica. Outros trabalhos sobre padrões de crescimento de teca foram estudados por Keogh (1990), no Caribe e América Central, de Haishui (1993) nas Ilhas Hainan e Macedo et al. (1999), em Minas Gerais (Brasil).

Contudo, estes padrões de crescimento devem ser estudados mediante o uso de modelos que se baseiam em pressuposições biológicas (Campos e Leite, 2002). Nesse sentido, um dos principais modelos é o de Chapman-Richards (Pienaar e Turnbull, 1973; Zeide, 1993).

Tendo em vista a carência de informações acerca da biometria e do crescimento inicial de teca no Brasil este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar as tendências de crescimento em nível de árvore e de povoamento, e também avaliar alternativas para construção de curvas de índice de local para teca na região de Tangará da Serra, Mato Grosso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de 50 parcelas retangulares de inventário contínuo, instaladas em povoamentos de teca, com espaçamento de 3,0 x 3,0 m, na região de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso, Brasil. Essas parcelas, com área de 765 m², foram mensuradas aos 22, 34, 46 e 58 meses. Foram medidos o diâmetro à altura do peito (dap) e a altura total (Ht) de todas as árvores de cada parcela. Foram abatidas e cubadas 60 árvores-amostra, visando o ajuste de modelos volumétricos.

Foram obtidas equações de volume com e sem casca, utilizando o modelo de Schumacher e Hall (1933), na forma $Ln(V) = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 Ln(dap) + \mathbf{b}_2 Ln(Ht) + \mathbf{e}$ em que

V = volume, com ou sem casca, em m^3 ;

dap = diâmetro a 1,30 m, em cm;

Ht = altura total, em m;

Ln = logaritmo neperiano;

\mathbf{b}_i = parâmetros do modelo; e

\mathbf{e} = erro aleatório, $\mathbf{e} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

As equações foram utilizadas para estimar o volume com e sem casca por hectare (V_{cc}/ha e V_{sc}/ha) das parcelas. Obtiveram-se também as estimativas de diâmetro médio (q), de área basal (B) e de altura dominante por parcela (Hd).

O modelo de Chapman-Richards foi utilizado para estudar o crescimento em diâmetro médio, altura total, altura dominante, área basal e volume. Este modelo é assim definido:

$$y = \mathbf{b}_0 (1 - e^{-\mathbf{b}_1 I})^{\mathbf{b}_2} \mathbf{e}$$

em que

y = variável analisada (q , Ht , Hd , B , V_{cc}/ha e V_{sc}/ha);

I = idade, em meses;

\mathbf{b}_0 = assíntota; \mathbf{b}_1 = ponto de inflexão; \mathbf{b}_2 = taxa de crescimento; e

\mathbf{e} = erro aleatório, $\mathbf{e} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Para construir curvas de índice de local foram avaliadas as seguintes alternativas: 1) emprego do modelo e do método da curva-guia utilizando o modelo Chapman-Richards: $Hd = \mathbf{b}_0 (1 - e^{-\mathbf{b}_1 I})^{\mathbf{b}_2} \mathbf{e}$; 2) emprego do método de atribuição preliminar de índice de local, utilizando o modelo proposto por

Payandeh e Wang (1995): $Hd = \mathbf{b}_1 S^{\mathbf{b}_2} (1 - e^{-\mathbf{b}_3 I})^{Ln \left[\left(S^{(1-\mathbf{b}_2)} \right) \mathbf{b}_1^{-1} \right] \left[Ln(1 - e^{-\mathbf{b}_3 I}) \right]^{-1}} \mathbf{e}$

em que

Hd = altura dominante, em metros;

S = índice de local;

I = idade, em meses;

Ii = idade índice; em meses;

b_0, b_1, b_2, b_3 = parâmetros dos modelos; e

e = erro aleatório, $e \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Para empregar a alternativa 2, inicialmente foram estimados índices de local preliminares por meio de modelos de regressão do tipo $\text{LnHd} = b_0 + b_1 I^{-1} + e$, ajustados para cada parcela, conforme sugerido por Campos e Leite (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Tendências de crescimento em nível de árvore

As equações de volume com casca (Vcc) e sem casca (Vsc) por árvore, e respectivas estatísticas de precisão obtidas foram:

$$\text{Ln}(V_{cc}) = -8,57046 + 1,07588 \text{Ln}(dap) + 1,27429 \text{Ln}(Ht),$$

$R^2 = 0,987$ e $CV = 3,54\%$; e

$$\text{Ln}(V_{sc}) = -9,26092 + 1,12832 \text{Ln}(dap) + 1,36535 \text{Ln}(Ht),$$

$R^2 = 0,983$ e $CV = 3,77\%$.

A análise da distribuição dos resíduos (Figura 1) e das estimativas do coeficiente de determinação ajustado (R^2) e do coeficiente de variação (CV) permitem afirmar que essas equações são precisas e não-tendenciosas, podendo ser utilizadas em inventários de povoamentos de teca conduzidos em idades inferiores a 6 anos.

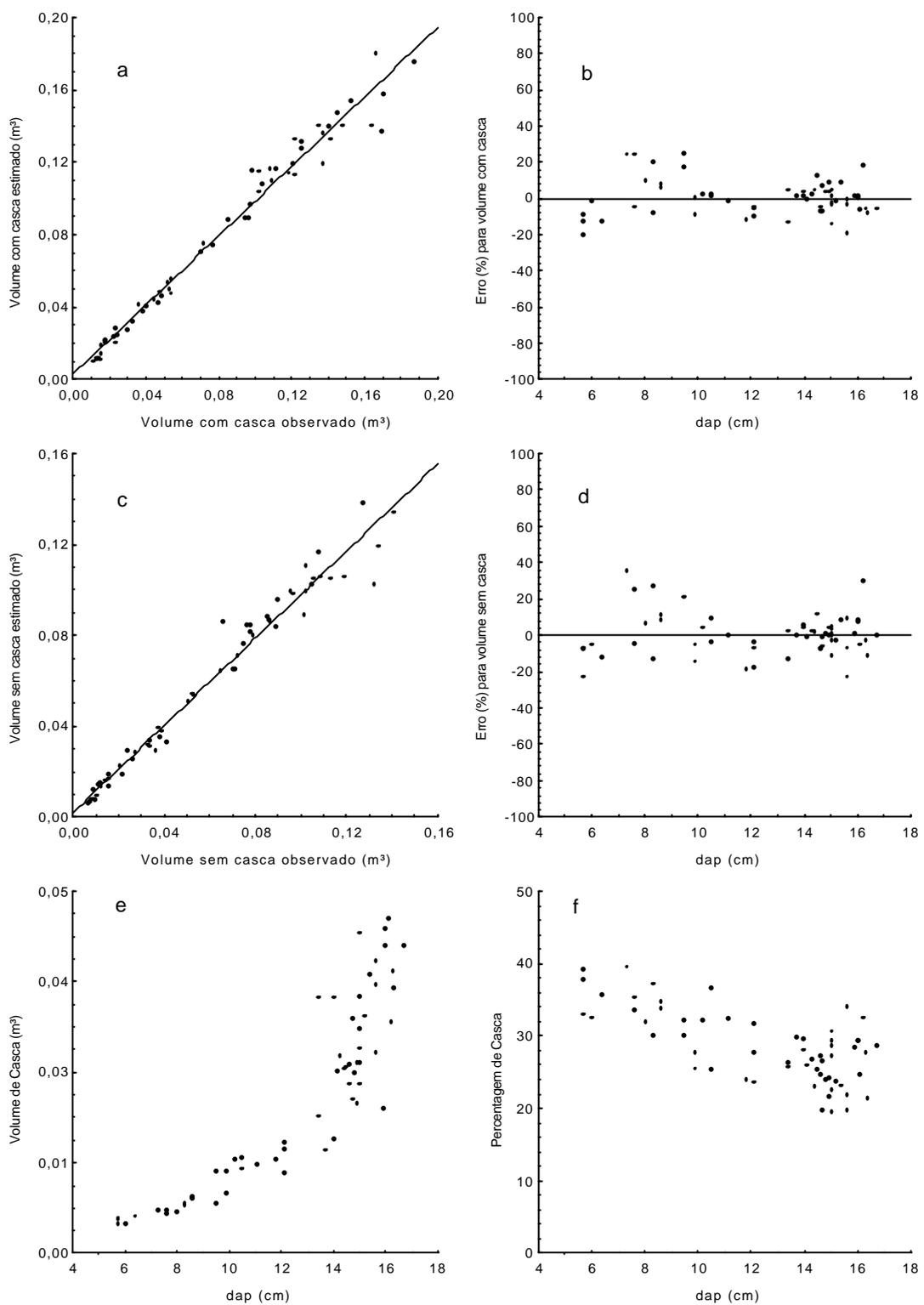


Figura 1 – Análise de resíduos para as equações de volume com e sem casca (a, b, c, e d) e relações entre a percentagem e o volume de casca e o dap (e e f). O erro percentual foi obtido pela fórmula: $100(\hat{V} - V)V^{-1}$, em que \hat{V} = volume estimado e V = volume observado.

A equação hipsométrica obtida foi $Ht = 20,2143(1 - e^{-0,09625 dap})^{1,5733}$, com $r_{yy}=0,894$. A relação hipsométrica obtida utilizando os dados de todas as idades, bem como as relações obtidas por classe de idade são agrupadas na Figura 2.

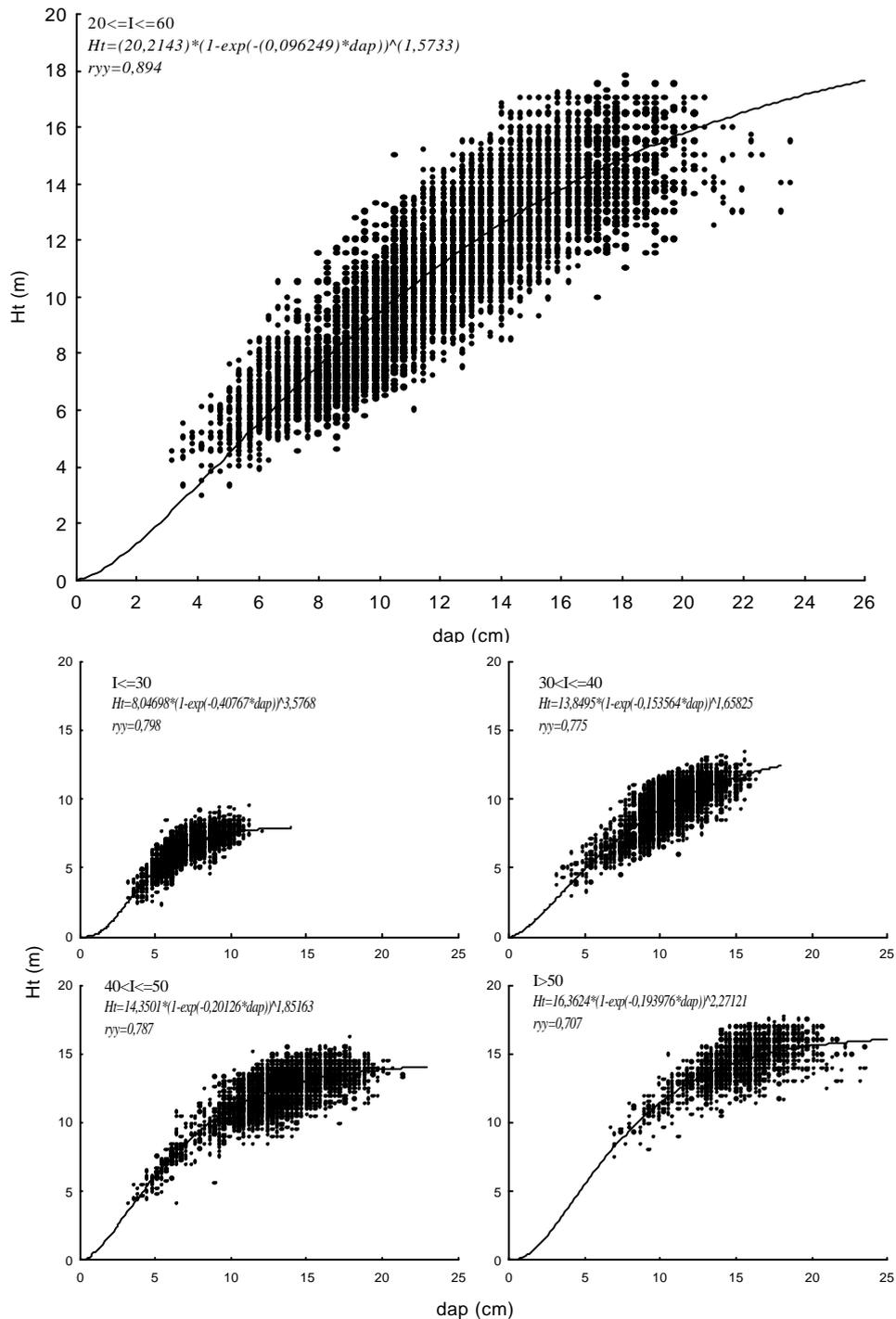


Figura 2 – Relações hipsométricas para teca em quatro classes de idade ($I \leq 30$; $30 < I \leq 40$; $40 < I \leq 50$; $I > 50$).

O realismo biológico e qualidade do ajuste permitem inferir que o modelo de Chapman-Richards é adequado para descrever o crescimento em altura de teca. De fato, Piennar e Turnbull (1973) já haviam constatado que este modelo é capaz de descrever adequadamente o crescimento individual de árvores.

3.2. Tendências de crescimento das características do povoamento

Todas as características do povoamento avaliadas tiveram uma tendência bem definida (Figura 3), tendo sido selecionado o modelo de C-R. As estimativas dos parâmetros desse modelo, para as variáveis diâmetro médio (q), área basal (B), altura dominante (Hd) e volume com casca (Vcc) constam no Tabela 1.

Tabela 1 – Estimativas dos parâmetros do modelo de Chapman-Richards para as variáveis q (cm), B (m²/ha), Hd (m) e Vcc/ha (m³/ha), com os respectivos coeficientes de correlação entre valores observados e valores estimados

| Parâmetro | q | B | Hd | Vcc/ha |
|-----------|---------|---------|---------|----------|
| b_0 | 19,4183 | 20,1370 | 21,5279 | 122,1864 |
| b_1 | 0,0378 | 0,0810 | 0,0252 | 0,0758 |
| b_2 | 1,7634 | 9,0919 | 1,3221 | 10,3333 |
| r_{yy} | 0,923 | 0,875 | 0,944 | 0,877 |

Todas as estimativas foram significativas ($p < 0,05$) e o modelo de C-R foi eficiente para descrever as tendências de crescimento das características do povoamento analisado. Observa-se uma tendência de estagnação do crescimento em área basal após 60 meses, sendo possível admitir que a competição tenha início antes de 5 anos de idade.

Obteve-se uma equação para estimar o volume sem casca por hectare em função do volume com casca, sendo $V_{sc} = 0,7249V_{cc}$, com $r^2 = 0,999$. O parâmetro $b_1 = 0,7249$ obtido pode ser interpretado como uma razão entre o volume sem casca e o volume com casca. Cabe lembrar que em idades

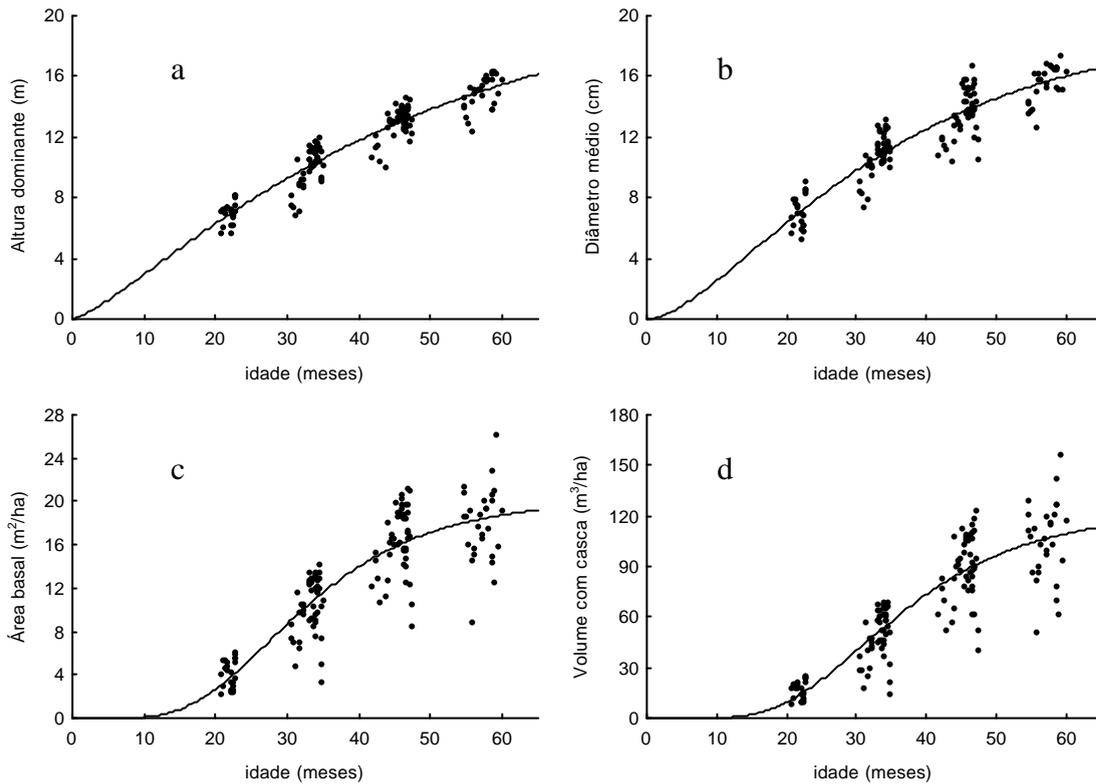


Figura 3 – Tendências de crescimento das características do povoamento de teca na região de Tangará da Serra, MT, sendo a) crescimento em altura dominante; b) crescimento em diâmetro médio; c) área basal; e d) volume com casca.

superiores, após a realização de desbastes, é possível haver relações não-lineares entre o volume de casca e o porte da árvore. Nesse caso, é importante avaliar modelos do tipo $Y = e^{b_0 + b_1 T_x \cdot dap^{-1}} + e$, em que a percentagem de casca é dependente do dap, sendo $T_x = 0$ para volume com casca e $T_x = 1$ para volume sem casca.

3.3. Curvas de índice de local

Para a alternativa 1, empregando o conceito de índice de local, em que $Hd = S \Leftrightarrow I = I_i$, obteve a expressão que permitiu gerar as curvas de índice de local:

$$Hd = S \left[\frac{(1 - e^{-b_2 I})^{b_3}}{(1 - e^{-b_2 I_i})^{b_3}} \right]$$

Os coeficientes são aqueles apresentados na Tabela 1 para a variável altura dominante e a idade-índice (Ii) utilizada foi de 48 meses.

Na Figura 4 são apresentas curvas de índice de local geradas a partir da

equação
$$Hd = S \left[\frac{(1 - e^{-0,0252I})^{1,3221}}{(1 - e^{-0,0252I_i})^{1,3221}} \right], I_i = 48 \text{ meses.}$$

As Classes I, II e III referem-se a locais “bons”, “médios” e “ruins”, respectivamente, em termos de capacidade produtiva.

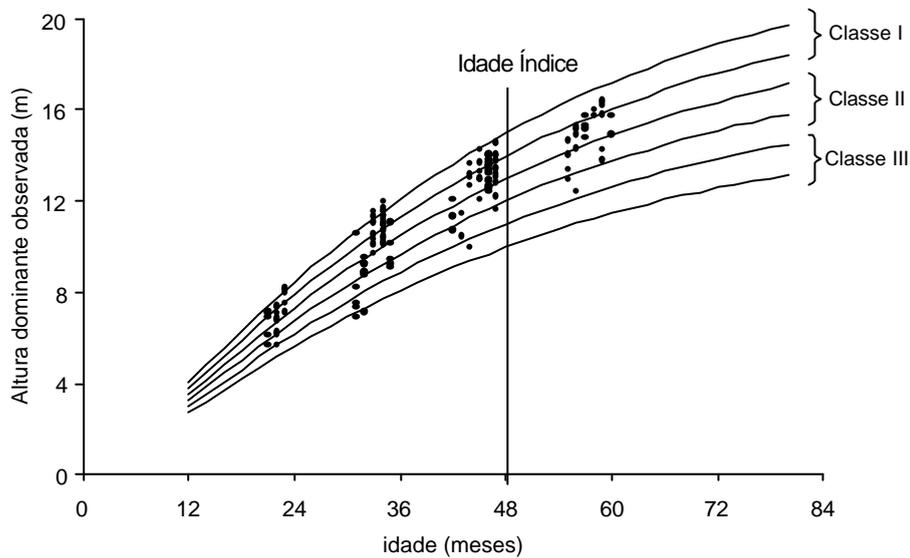


Figura 4 – Curvas de índice de local para teca em Tangará da Serra, geradas pelo método da curva-guia (alternativa 1).

Para a alternativa 2, a expressão que permitiu gerar as curvas de índice de local, apresentadas na Figura 5, foi:

$$Hd = 8,0538 S^{0,3706} (1 - e^{-0,0278 I})^{Ln \left[\left(S^{(1-0,3706)} \right)^{8,0538^{-1}} \right] \left[Ln(1 - e^{-0,0278 I_i}) \right]^{-1}}$$

ryy = 0,988

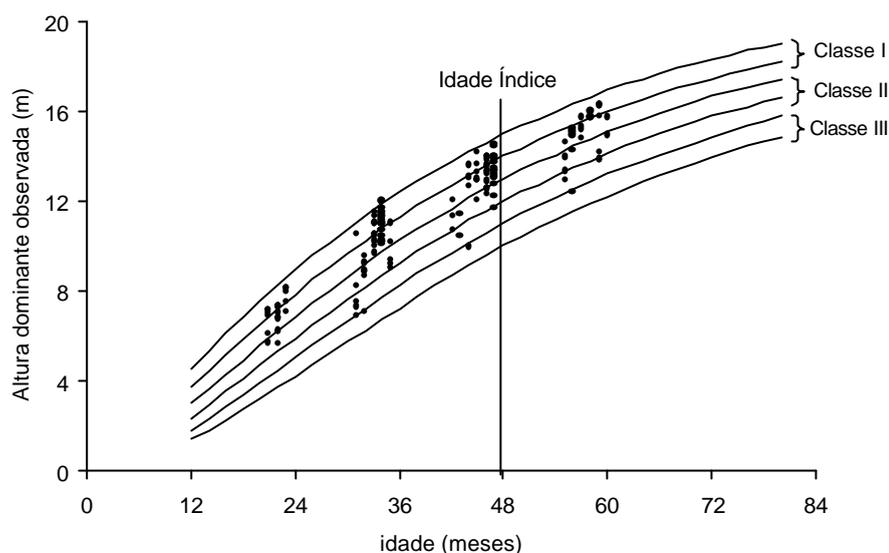


Figura 5 – Curvas de índice de local para teca em Tangará da Serra-MT, geradas pelo método de atribuição preliminar de índices de local (alternativa 2).

Verificam-se padrões diferenciados das curvas geradas pelas duas alternativas (Figuras 4 e 5). Pela alternativa 2 os dados observados de altura dominante não foram contemplados na Classe de local III, na idade de 22 meses. Na prática, uma classificação da capacidade produtiva utilizando esta alternativa faria com que plantios em idades mais jovens fossem classificados apenas como sites “médios” ou “bons”, e nunca como “ruins”. Embora as dispersões em altura dominante, em idades inferiores, sejam pequenas, o emprego da alternativa 2 pode resultar em inconsistências, por exemplo, se for feito um mapeamento da capacidade produtiva ou a definição de unidades de manejo em idades jovens. Dessa forma, para classificação da capacidade produtiva de teca em Tangará da Serra, em idades menores do que 6 anos, o método mais adequado é o da curva-guia (alternativa 1).

4. CONCLUSÕES

Os resultados permitiram concluir que:

As tendências de crescimento de teca, tanto em nível de árvores quanto de povoamento, podem ser descritas pelo modelo mecanístico de Chapman-Richards;

A alternativa 2 (método de atribuição preliminar de índices de local, utilizando o modelo proposto por Payandeh e Wang, 1995) não é recomendado para classificar a capacidade produtiva de povoamentos equiâneos de teca em idades menores que 24 meses;

Em plantios jovens de teca, com idade inferior a 60 meses, na região de Tangará da Serra - MT, o método da curva-guia para classificação da capacidade produtiva de teca é adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. Viçosa: Editora UFV, 2002. 407 p.

HAISHUI, Z. Growth pattern on teak plantations on Hainan island. In: **Teak in Asia** (edited by H. Wood). FORSPA publication 4, GCP/RAS/I34/ASB. Bangkok. Thailand, p. 119-126, 1993.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 2. ed. New York: Ronald Press, 1972. 409 p.

KEOGH, K. M. Growth rates of teak (*Tectona grandis*) in the Caribbean/Central-American region. **For. Ecol. Manage.**, n. 35, p. 311-314, 1990. (Short Communication).

MACEDO, R. L. G.; GOMES, J. E.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Análise preliminar do crescimento e fenologia da *Tectona grandis* L.f. (teca), implantada em parcela de observação na região de Lavras-MG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 5, Curitiba, 1999. **Anais...** Rio de Janeiro, Biosfera, 1999a. 4 p. (CD ROM-BIO 1200).

NOGUEIRA, G.S. **Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de Eucalyptus sp. e de *Tectona grandis* submetidos a desbaste.** Viçosa, MG. UFV, 2003. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.

PAYANDEH, B.; WANG, Y. Comparison of the modified Weibull and Richards growth function for developing site index equations. **New Forests**, n.9. p. 147–155, 1995

PIENAAR, L.V.; TURNBULL, K.J. The Chapman-Richards generalization of Von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. **Forest Science**, v. 19, n. 1, p. 2-22, 1973.

REED, D.D.; JONES, E.A.; TOMÉ, M.; ARAÚJO, M.C. Models of potential height and diameter for Eucalyptus globulus in Portugal. **For. Ecol. Manage.**, n. 172, p. 191-198, 2003.

SCHUMACHER, F.X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of the timber volume. **Journal of Agriculture Research, Lahore**, v. 47, n. 9, p. 719-34, 1933.

ZEIDE, B. Analysis of growth equations. **Forest Science**, v. 39, n. 3, p. 594-616. 1993.

UM MODELO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA PLANTAÇÕES DE *Tectona grandis* EM IDADES INICIAIS

RESUMO – Um sistema de equações simultâneas do tipo não-linear, foi proposto e ajustado a dados de plantações jovens de teca (*Tectona grandis*) localizadas na região de Tangará das Serra (MT) em idades inferiores a 6 anos. Os dados utilizados para ajuste do modelo foram provenientes de plantações existentes na região de Tangará da Serra, MT. Parcelas de inventário contínuo remedidas em cinco ocasiões foram utilizadas, inicialmente, para ajuste do modelo de Clutter. Devido à tendenciosidade observada e a baixa precisão resultante do ajuste do modelo de Clutter, idealizou-se um novo sistema de equações que consiste em um modelo de densidade variável.

Palavras-chave: *Tectona grandis*, modelos de crescimento e produção.

A GROWTH AND PRODUCTION MODEL FOR PLANTATIONS OF *Tectona grandis* AT INITIAL AGES

ABSTRACT – A system of simultaneous equations of non-linear type was proposed and fitted to the data of young teak plantations (*Tectona grandis*) in the region of Tangará das Serra (MT) at ages under 6 years. The data used for fitting the model were originated from plantations in the region of Tangará da Serra, MT. Continuous inventory plots, re-measured during five occasions were initially used for fitting the Clutter model. Due to the tendenciosidade (?) observed and low precision resulting from the fitting of the Clutter model, a new equation system was created consisting of a variable density model.

Keywords: *Tectona grandis*, growth and production models.

1. INTRODUÇÃO

Estudos de crescimento e produção são imprescindíveis para propósito de manejo florestal. Existem diferentes tipos de modelos já consagrados na literatura, muitos deles podendo ser utilizados para diferentes espécies. Davis e Johnson (1987) apresentaram uma classificação dos modelos, de acordo com o tipo de variáveis envolvidas, e listaram as informações a serem obtidas dos mesmos. Uma classificação mais genérica deve considerar, inicialmente, o tipo de povoamento florestal a ser estudado e as variáveis a serem incluídas no modelo. Dependendo do tipo de informações, os modelos são ainda classificados como sendo do tipo povoamento total, modelos de distribuição diamétrica e modelos de árvore individual.

Os modelos do tipo povoamento total exprimem a produção em termos de unidade de área. Exemplos clássicos são os modelos de densidade variável de Buckman (1962) e de Clutter (1963), conforme Campos e Leite (2002).

O modelo de Clutter tem sido utilizado no Brasil para diferentes espécies, clones e regiões, gerando estimativas precisas e livres de tendência. Entretanto, para algumas espécies, dentre elas a *Tectona grandis* (teca), o mesmo ainda não foi testado para idades jovens. Um estudo importante sobre crescimento e produção dessa espécie, quando já submetida a desbastes, foi desenvolvido por Nogueira (2003). Nesse estudo foi desenvolvido um sistema de equações não-lineares para estimar crescimento por classe de tamanho das árvores.

No presente estudo o modelo de Clutter foi ajustado a dados de plantações jovens de teca localizadas na região de Tangará da Serra, MT. Também foi objetivo do estudo ajustar e avaliar um novo sistema de equações para esta espécie antes da realização do primeiro desbaste.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados provenientes de 50 parcelas permanentes de 765 m² cada, instaladas em povoamentos de teca com um espaçamento de 3,0 x 3,0

metros, na região de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. As parcelas permanentes foram mensuradas aos 22, 34, 46, 58 e 70 meses. Foram medidos os diâmetros a 1,3 m de altura (dap) maiores que 3,0 cm e a altura total (Ht) de todas as árvores de cada parcela. Foram cubadas 60 árvores-amostra, sendo obtida a seguinte equação volumétrica:

$$\begin{aligned} \text{Ln}(V_{cc}) = -8,57046 + 1,07588\text{Ln}(dap) + 1,27429\text{Ln}(Ht) , \\ R^2 = 0,987 \end{aligned}$$

em que

V_{cc} = volume total com casca, em m³;

dap = diâmetro a 1,30 m, em cm;

Ht = altura total, em m; e

Ln = logaritmo neperiano.

Os dados da cubagem e do inventário foram processados utilizando o software SifCub2004, sendo obtidas as estimativas de área basal (B), volume total (V/ha) e altura dominante por parcela (Hd).

Inicialmente foi ajustado o modelo de Clutter (1963), da forma:

$$\begin{aligned} \text{Ln}(V_2) = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 / I_2 + \mathbf{b}_2 S + \mathbf{b}_3 \text{Ln}(B_2) + \mathbf{e} \\ \text{Ln}(B_2) = \text{Ln}B_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + \mathbf{b}_4 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right) + \mathbf{b}_5 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right) S + \mathbf{e} \end{aligned}$$

em que

V_2 = volume em m³/ha na idade futura I_2 ;

I_1 e I_2 = idades atual (ou corrente) e futura, em meses;

B_1 e B_2 = áreas basais atuais (ou corrente) e futuras, em m²/ha;

S = índice de local, em m;

\mathbf{b}_i = parâmetros;

\mathbf{e} = erro aleatório, $\mathbf{e} \sim \text{NID}(0, \mathbf{s}^2)$;

Ln = logaritmo neperiano.

Em seguida foi idealizado e ajustado o seguinte sistema de equações:

$$B_2 = e^{\ln B_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + b_2 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right)} \hat{a}$$

$$Hd_2 = e^{\ln Hd_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + b_1 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right)} \hat{a}$$

$$V_2 = a_0 + a_1 B_2 + a_2 B_2 Hd_2 + e$$

em que

Hd₁: altura dominante na idade atual, em m; e

Hd₂: altura dominante na idade projetada, em m.

Embora não seja o propósito deste estudo, o modelo acima pode ser utilizado para determinar a idade na qual deve ser aplicado o primeiro desbaste, a partir de uma redução na área basal. Diferentes intensidades de remoção de área basal podem ser simuladas; feita a remoção, a área basal remanescente é então projetada para uma nova idade e, conseqüentemente, obtém-se o volume futuro. A altura dominante projetada não será comprometida uma vez que o desbaste tem pouco efeito sobre esta variável do povoamento.

O modelo de Clutter foi ajustado pelo método de mínimos quadrados em dois estágios e os modelos 1 e 2 foram ajustados por processo iterativo com o emprego do método iterativo Quasi-Newton. O modelo 3 foi ajustado pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações entre as variáveis utilizadas e suas tendências de crescimento em função da idade permitem verificar que existe forte relação entre as variáveis Hd, B e V. As tendências de crescimento observadas também se apresentaram bem definidas, seguindo o padrão normal de povoamentos equiâneos (Figura 1). As relações entre volume e área basal em função da idade indicaram início de competição a partir de 60 meses, aproximadamente.

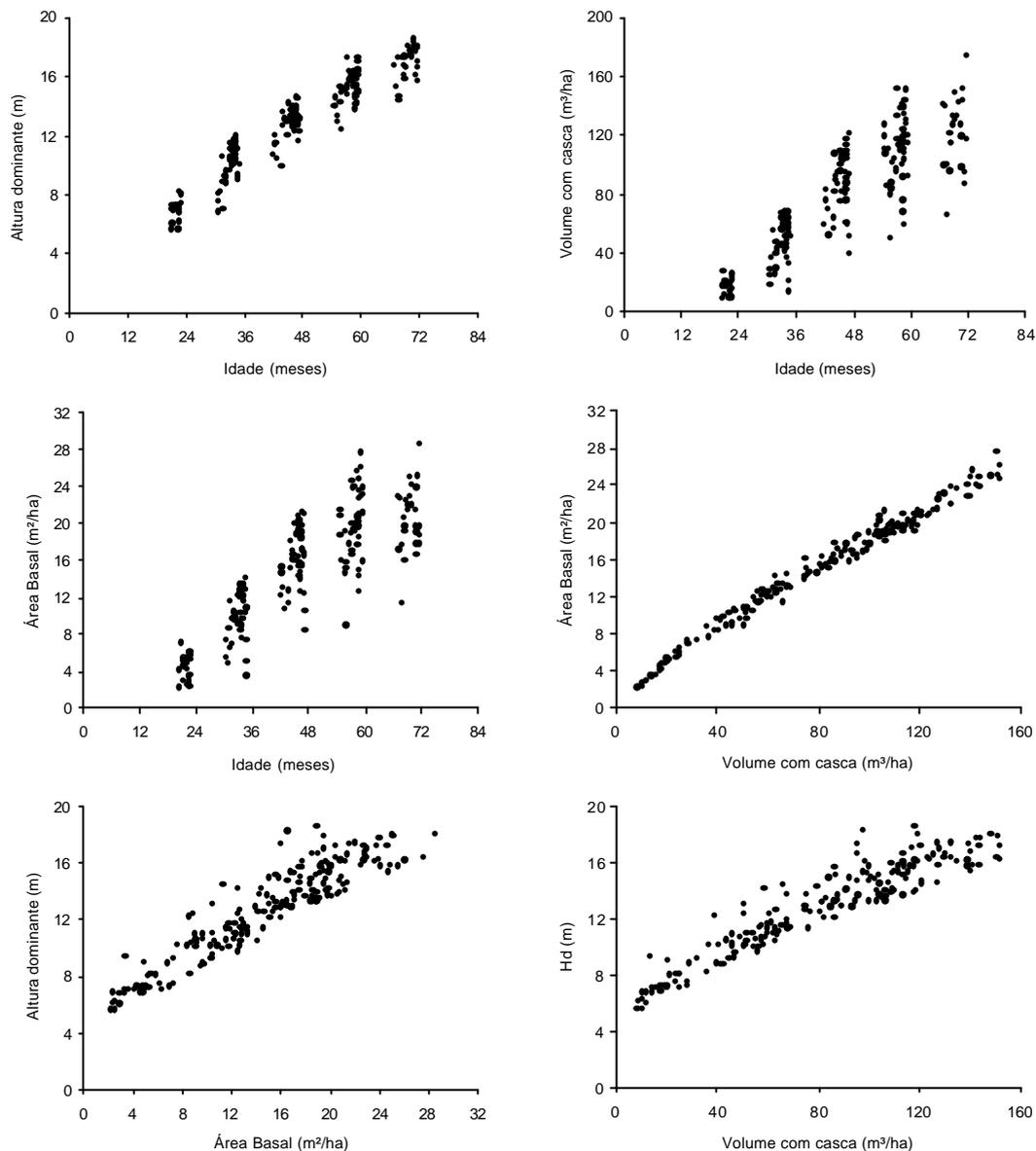


Figura 1 – Relações entre as variáveis do povoamento de plantações de teca na Região de Tangará da Serra, MT.

Os resultados obtidos ao ajustar o modelo de Clutter não foram satisfatórios. Além da não-significância observada para variáveis importantes do modelo (idade e área basal), foi constatada tendenciosidade nos resíduos (Figura 2).

$$\ln(V_2) = 5,0699 + 0,0719 / I_2 + 1,1401S + 0,8577 \ln(B_2),$$

$$R^2 = 0,886$$

$$\ln(B_2) = \ln B_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) - 0,0085 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right) + 1,2367 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right) S,$$

$$R^2 = 0,982$$

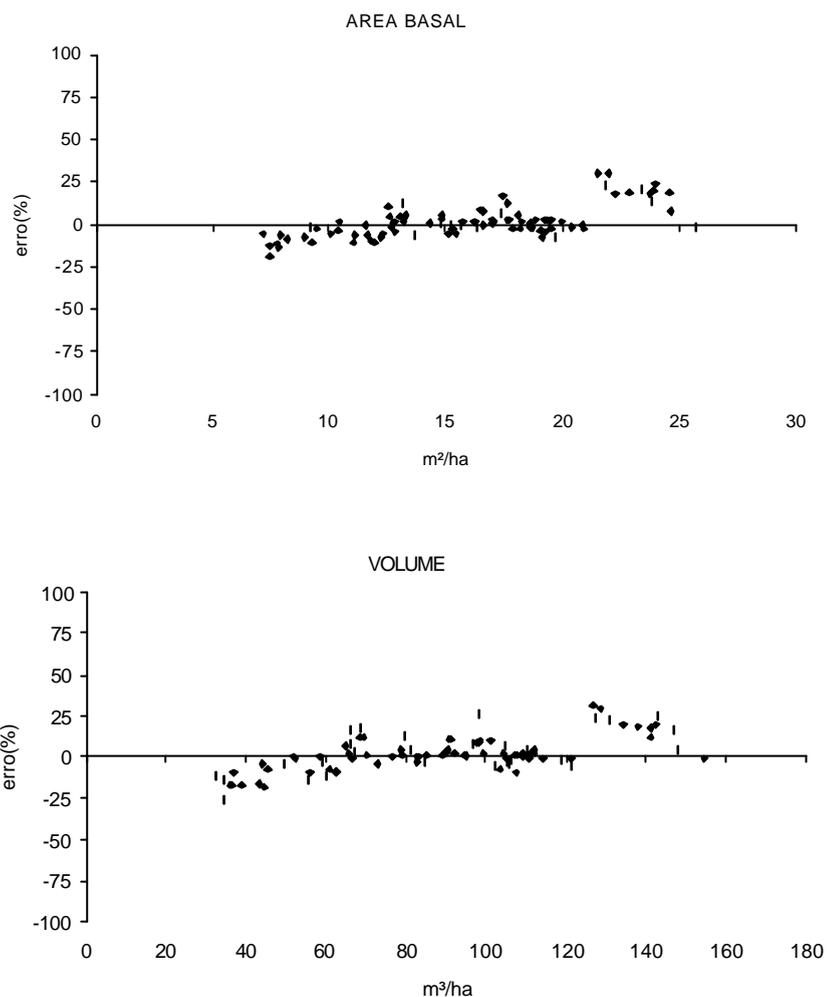


Figura 2 – Distribuição dos erros das estimativas de área basal e volume, geradas pelo modelo de Clutter.

As equações obtidas para o modelo proposto neste estudo foram:

3,28863

$$B_2 = e^{\ln B_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + 4,08832 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right)}$$

$$R_{yy} = 0,9856;$$

$$Hd_2 = e^{\ln Hd_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + 3,28863 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right)}$$

$$R_{yy} = 0,9646; e$$

$$V_2 = -2,13459 + 3,95822B_2 + 0,11842B_2Hd_2,$$

$$R^2 = 0,9820.$$

Todos os coeficientes foram significativos ($p < 0,01$), com exceção do parâmetro a_0 do modelo de volume. Apesar disso optou-se por mantê-lo no modelo, sem comprometimento para as estimativas de crescimento.

As estimativas de Hd_2 , B_2 e V_2 obtidas pelo modelo foram precisas e não-tendenciosas (Figura 3). Ao serem fornecidas as estimativas atuais de altura dominante e área basal, o modelo estimou com precisão o volume nas idades futuras.

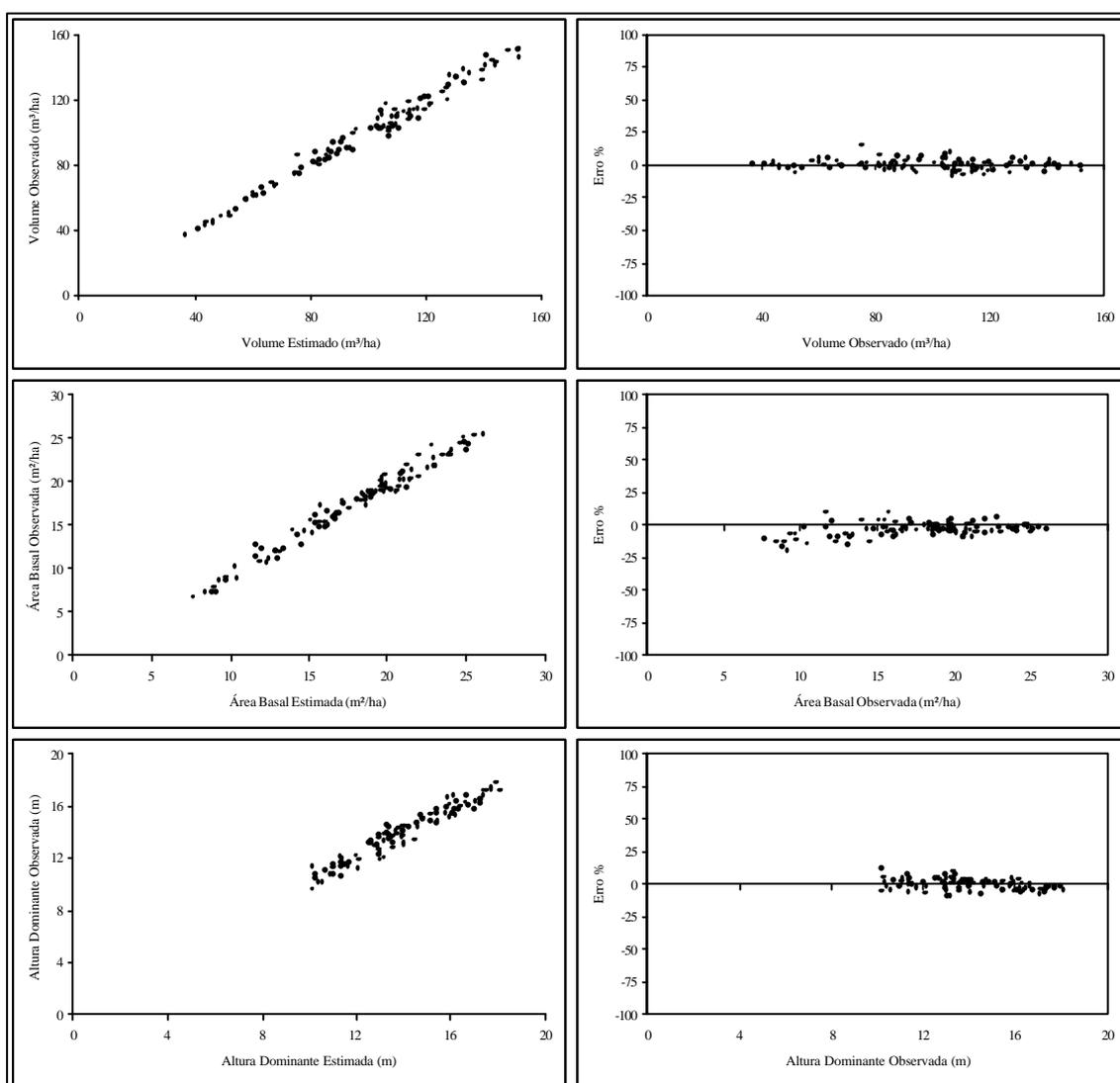


Figura 3 – Análise gráfica dos resíduos das estimativas geradas pelo modelo de crescimento e produção proposto (erro percentual obtido por $100(\hat{Y}-Y)Y^{-1}$, em que \hat{Y} e Y = valores estimado e observado, respectivamente).

Um exemplo de aplicação do modelo para simular desbaste é apresentado na Figura 4. Utilizou-se nesse exemplo uma redução de 60% na área basal aos 58 meses e os seguintes inputs: Hd = 8,2 m e B = 5,6 m²/ha, numa idade inicial de 22 meses.

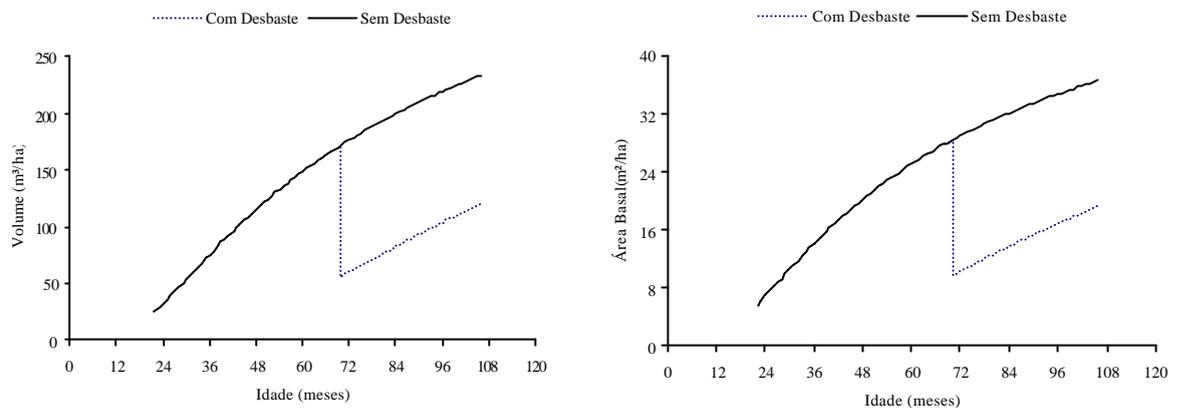


Figura 4 – Exemplo de aplicação do modelo para simular desbaste.

4. CONCLUSÃO

O sistema de equações proposto neste estudo é eficiente para projeção do crescimento em altura dominante, área basal e volume de povoamentos de teca em idades inferiores a 6 anos e permite simular desbastes de maneira consistente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUCKMAN, R.E. **Growth and yield of red pine in Minnesota**. Washington D.C.: USA, 1962. 50 p. (Technical Bulletin, 1272).

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 407 p.

CLUTTER, J. L. Compatible growth and yield models for loblolly pine. **Forest Science**, v. 9, n. 3, p. 354-371, 1963.

DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management**. 3. ed. New York: McGraw-Hill Inc, 1987. 789 p.

NOGUEIRA, G. S. **Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Eucalyptus sp.* e de *Tectona grandis* submetidos a desbaste**. Viçosa, MG. UFV, 2003. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – UFV, 2003.

2. CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados permitiram concluir que:

As tendências de crescimento de teca, tanto em nível de árvores quanto de povoamento, em idades jovens, podem ser descritas pelo modelo mecanístico de Chapman-Richards;

O método de distribuição preliminar de índices de local, utilizando o modelo proposto por Payandeh e Wang (1995) não é recomendado para classificação da capacidade produtiva de povoamentos equiâneos de teca em idades jovens;

Em plantios jovens (< 6 anos) o emprego do método da curva-guia para classificação da capacidade produtiva de teca em Tangará da Serra é adequado;

A aplicação do primeiro desbaste em teca na região de Tangará da Serra deve ocorrer numa idade próxima a 5 anos de idade;

Os modelos de Schumacher e Hall e de Garay são apropriados para estimar volume e taper em plantações jovens de teca.

As equações $Ln(VCC) = -8,68449 + 1,19203 Ln(dap) + 1,20440 Ln(Ht)$ e $d / dap^{-1} = 1,2487 (1 + 0,62401 Ln(1 - 0,77143 h^{0,38289} Ht^{-0,38289}))$ geram estimativas de volume e de taper livres de tendência, em áreas com plantações de teca com idade inferior a 7 anos;

O sistema de equações

$$B_2 = e^{\ln B_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + 4,08832 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right)}$$

$$Hd_2 = e^{\ln Hd_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + 3,28863 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right)}$$

$V_2 = -2,13459 + 3,95822B_2 + 0,11842B_2Hd_2$ proposto neste estudo é eficiente para projeção do crescimento em altura dominante, área basal e volume de povoamentos de teca em idades inferiores a 6 anos e permite simular desbastes de maneira consistente.