

Equações Hipsométricas e Volumétricas para *Acacia mangium* Willd em Roraima

Hypsometric And Volumetric Equations for *Acacia mangium* Willd In Roraima

Helio Tonini¹

Luís Augusto Melo Schwengber²

Resumo

A *Acacia mangium* é a espécie florestal mais plantada no Estado de Roraima, sendo necessário estudos que visem ao desenvolvimento de sistemas silviculturais adaptados às condições locais. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de selecionar equações de relação hipsométrica e de volume para *A. mangium* em área de savana no estado de Roraima. Foram utilizadas 701 árvores amostras localizadas em três fazendas e duas regiões. Foram testadas 8 equações hipsométricas e 5 volumétricas. Nas condições estudadas, a equação hipsométrica selecionada apresentou um $R^2_{aj} = 0,62$ e a equação logaritmizada de Spurr se mostrou a mais adequada para estimar a o volume total ($R^2_{aj} = 0,98$) e comercial com casca ($R^2_{aj} = 0,58$).

Palavras-chave: reflorestamento; savana; amazônia.

Abstract

As the *Acacia Mangium* is the most planted forestry species in Roraima, it is necessary to carry out studies that help to develop silvicultural systems adapted to the local conditions. This work intends to select equations of hypsometric relations and volume for *A. Mangium* in an area of Savannah, in the state of Roraima. For this study, 701 samples of trees located in three farms and two regions of the state were analyzed, and 8 hypsometric and 5 volumetric equations were tested. According to the analysis, the selected hypsometric equation presented a $R^2_{aj} = 0,62$ and the Spurr logarithm equation proved to be the most adequate to estimate the total volume ($R^2_{aj} = 0,98$) and the commercial value with bark ($R^2_{aj} = 0,58$).

Key words: reforestation; savannah; Amazon.

¹ Eng Florestal, Dr. Pesquisador da Embrapa Roraima. Distrito Industrial. CEP: 69301-970, Boa Vista (RR).helio@cpafir.embrapa.br;

² Graduando do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Roraima. Bolsista do PIBIC/CNPq/Embrapa Roraima-Projeto: efeito da intensidade do desbaste sobre o crescimento e a produção de *Acacia mangium* em Roraima.

Recebido para publicação em 30/06/2006 e aceito em 05/10/2006

Ambiência	Guarapuava, PR	v.2 n.2	p. 155-165	jul/dez	2006	ISSN 1808 - 0251
-----------	----------------	---------	------------	---------	------	------------------

Introdução

O gênero das acácias inclui cerca de 1200 espécies que ocorrem na Austrália, Ásia, África e nas Américas (ATIPANUMPAI, 1989). Segundo Pedley (1964), a distribuição natural da *Acacia mangium* concentra-se no hemisfério sul em uma latitude que varia entre 00 50' a 190 S.

Nativa do norte do estado do Queensland na Austrália, Papua Nova Guiné e das ilhas de Irian Java e Molucas na Indonésia, é considerada como espécie de rápido crescimento e vida curta (30 a 50 anos de idade), adaptada a uma larga faixa de solos ácidos (pH 4,5-6,5), evitando, porém, solos calcáreos (LAMPRECHT, 1990, JOKER, 2000).

Trata-se de uma espécie que ocorre em terras baixas, em altitudes que variam desde o nível do mar até 480 m de altitude, em climas tipicamente tropicais. Na área de distribuição natural, a temperatura máxima varia entre 31 a 34 °C e a mínima entre 12 a 16 °C. A precipitação total anual varia entre 1000 a mais de 4500 mm, com um período seco médio de 4 meses (ATIPANUMPAI, 1989).

Segundo Galiana (2002), a *A. mangium* é a espécie tropical mais plantada no mundo, com uma área de plantios comerciais de aproximadamente 600.000 ha. Ultimamente, tem sido a espécie mais plantada no Sudeste Asiático, principalmente na Indonésia e na Malásia.

Considerada como espécie tropical de rápido crescimento, a *A. mangium* possui uma idade de rotação média de 8 anos, sendo utilizada principalmente em plantios comerciais para a produção de celulose, construção civil, móveis e compensados. Como espécie da família das leguminosas, apresenta associação espontânea com bactérias do gênero *Rhizobium*, tendo grande potencial para a recuperação de áreas degradadas (GALIANA, 2002).

Segundo Atipanumpai (1989), em sítios bons é comum observar incrementos médios anuais de 2 a 3 cm em diâmetro e de até 46 m³/ha/ano em volume. Mesmo em sítios pobres, incluindo solos com baixos conteúdos de nutrientes, a *A. mangium* apresenta crescimento vigoroso atingindo freqüentemente incrementos volumétricos de 20 m³/ha/ano.

Na literatura internacional, a maioria dos estudos com esta espécie referem-se à avaliação de procedências, determinação da biomassa, concentração de nutrientes em diferentes partes da planta e controle de pragas e doenças, sendo ainda raros os estudos que enfocam o manejo e a dendrometria da espécie. Dentre os estudos na área de manejo florestal, podem-se destacar Majid e Paudyal (1992) e Tuomela et al. (1996), que estudaram os efeitos da desrama e a desbrota sobre o crescimento da *A. mangium*, e os trabalhos de Oliva e Hughell (1990) e Newaz e Millat-Mustafá (2004) que estabeleceram modelos de crescimento e produção para a região da Costa Rica, Honduras, Panamá e a região central de Bangladesh.

No Brasil, ainda são raros os trabalhos publicados sobre a espécie, destacando-se os estudos de procedências realizados por Silva et al. (1996), para a região do Vale do Rio Doce–MG, Yared et al. (1988) e Ferreira et al. (1990), para a região de Belterra no Pará e Veiga et al. (2000), que determinou equações de volume para árvores de *A. mangium* em Botucatu (SP).

Em plantios experimentais com *A. mangium* na região amazônica, os resultados obtidos por pesquisadores como Azevedo et al. (1998), Souza et al. (2004) e Miranda e Valentin (2000), têm indicado altos valores de incremento médio anual em altura e diâmetro. Estes incrementos variam entre 2,91 a 4,98; e 2,4 a 6,75 respectivamente. Cabe destacar que esses elevados incrementos têm sido observados em povoamentos conduzidos para energia, com troncos múltiplos e sem desbastes, o que indica grande potencial da espécie em atender também ao setor de madeira serrada.

Cerca de 84% da superfície do estado de Roraima é coberta por florestas tipicamente amazônicas, com os 16% restantes cobertos por savanas. As savanas estabelecidas ao norte de Roraima formam a maior área contínua deste tipo de vegetação da Amazônia Legal Brasileira com cerca de 39.000 Km² e encontra-se isolada das grandes formações abertas do Brasil Central.

Vieira (1997), ao estudar a viabilidade agrícola das savanas de Roraima concluiu que a disponibilidade de terras tecnicamente viáveis para a exploração agrícola seria de 1.400.000 ha, e que as atividades agrícolas e florestais nessa região devem utilizar tecnologias que considerem a fragilidade dos solos e o curto período disponível para o preparo do solo, determinado pela prolongada estação seca.

Apesar da grande extensão de áreas aptas para o cultivo, apenas uma pequena porção da área de savana está sendo explorada com atividades agrícolas e florestais, principalmente na produção de soja e *A. mangium*, cujos plantios somam atualmente cerca de 23.000 ha para essa última.

Em Roraima, a *A. mangium* foi introduzida no final da década de 90, em uma área de aproximadamente 1000 ha, com o objetivo de avaliar seu crescimento nas condições edafoclimáticas da savana. Em função dos resultados animadores, a área plantada cresceu rapidamente. A partir de 1999, começaram a ser implantados plantios visando suprir a demanda de matéria-prima para indústria de produtos serrados e celulose (TONINI e HALFELD-VIEIRA, 2006).

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de selecionar equações de relação hipsométrica e volume total e comercial com casca para árvores de *A. mangium*, em diferentes regiões e sítios em área de savana, no estado de Roraima.

Material e Métodos

Os dados para a realização deste estudo se originaram de um experimento de desbaste realizado em povoamentos de *A. mangium*, localizados em 3 hortos florestais da empresa Ouro Verde Agrossilvopastoril LTDA, nas regiões da Serra-da-Lua e Jacitara, em área de savana, nos municípios do Cantá e Boa Vista.

Nessa região, o clima é do Tipo Aw (Köpen), de características tipicamente monçônico, com altas temperaturas médias durante o ano (variação entre 26-29 °C), seis meses de precipitações torrenciais (1453 mm de abril a setembro) e seis meses de fracas chuvas (298 mm de outubro a março). A precipitação média anual varia entre 1100-1400 mm/ano (BRASIL, 1975).

As florestas foram implantadas em espaçamento de 3,60 x 3 m, totalizando 926 árvores. ha⁻¹ e encontravam-se com a idade de 4 anos. Os talhões amostrados estavam distribuídos sobre duas regiões, cobrindo diferentes sítios naturais, onde os povoamentos haviam sido desramados, porém ainda não desbastados.

As parcelas foram distribuídas aleatoriamente em talhões considerados de média e alta produtividade, conforme classificação adotada pela empresa. No total foram instaladas 37 unidades amostrais (9 em cada horto florestal) de forma retangular com as dimensões de 36 x 22 m (792 m²)

Em cada unidade amostral foram medidos os DAPs (diâmetro tomado a 1,30 m do solo), de todas as árvores, mais a altura das 8 árvores mais grossas, conforme a definição de altura dominante proposta por Assman. Foram abatidas 701 árvores amostras, distribuídas por região e horto florestal, conforme a tabela 1. Cada árvore amostra foi cubada, conforme Smalian, nas posições 0,10; 0,7; 1,30 m e após de metro em metro. Com base nas cubagens, foram determinadas as alturas totais e os volumes totais e comerciais com casca para cada árvore amostra, sendo descartadas árvores mortas e quebradas. O diâmetro limite considerado como comercial foi 10 cm.

Tabela 1. Distribuição das árvores amostra por região, fazenda e classe diamétrica

Classe diamétrica	Serra-da-Lua		Jacitara
	Fazenda Campo Grande	Fazenda Umirizal	Fazenda Cigolina
3-5	18	9	24
5-7	29	18	22
7-9	55	48	20
9-11	63	101	26
11-13	43	70	41
13-15	17	30	33
15-17	8	10	16
Total	233	286	182

Para a determinação das equações foram comparados modelos clássicos de equações de regressão linear citados por Schneider (1997), conforme as tabelas 2 e 3. A seleção da melhor equação foi feita avaliando-se o coeficiente de determinação, erro padrão de estimativa em porcentagem e análise gráfica da distribuição dos resíduos. Para os modelos logarítmicos, o erro padrão de estimativa foi corrigido na escala original da variável dependente para possibilitar a comparação com os modelos aritméticos. Esta correção foi feita com o emprego do Índice de Furnival.

Tabela 2. Equações de relação hipsométrica testadas

Número	Equação
01	$\frac{1}{\sqrt{(h-1,3)}} = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$
02	$h = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
03	$h = b_0 + b_1 \frac{1}{d^2}$
04	$\frac{d}{\sqrt{(h-1,3)}} = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
05	$\log h = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$
06	$h = b_0 + b_1 d$
07	$\log h = b_0 + b_1 \log d$
08	$\log(h-1,3) = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log^2 d$

Onde: h = altura total (m); d = diâmetro tomado a 1,30 m do solo (cm); $b_0; b_1; b_2$ = coeficientes
 Fonte: Schneider (1997)

Tabela 3. Equações de volume testadas

Número	Equação	Autores
01	$v = b_0 + b_1 d^2 h$	Spurr
02	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$	Stoate
03	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h$	Meyer modificada
04	$\log v = b_0 + b_1 \log(d^2 h)$	Spurr (logaritmizada)
05	$\log v = b_0 + b_1 \log(d) + b_2 \log(h)$	Schumacher-hall (logaritmizada)

Onde: V = volume individual(m³); h = altura (m); d = diâmetro tomado a 1,3 m do solo; $b_0; b_1; b_2$ = coeficientes. Fonte: Schneider (1997)

Resultados e Discussão

Os parâmetros dendrométricos médios obtidos para os três locais de estudo podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros dendrométricos observados para plantios de *Acacia mangium*, aos 4 anos de idade, em diferentes hortos florestais em área de Savana (RR)

Horto	N	Dg (cm)	h (m)	h ₁₀₀ (m)	G (m ²)	V(m ³)
01	1275	9,8	10,3	11,1 ^a	9,7	55,6
02	1264	10,7	11,4	12,7 ^a	11,4	72,1
03	1172	10,5	9,6	11,8 ^a	10,2	57,6

Onde: N = número de árvores por ha; Dg = diâmetro médio quadrático; h = altura média; h₀ = altura dominante; G = área basal por ha; V= volume total por ha.

*Médias com a mesma letra não diferem para 0,05% no Teste de Tukey.

Os maiores valores para todas as variáveis dendrométricas foram observados no horto 2 (Fazenda Umirizal), indicando ser esse local de maior produtividade. No entanto, para a altura dominante não houve diferença estatística significativa entre locais.

Em relação às equações de relação hipsométrica, a análise do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão de estimativa e Índice de Furnival, indicou ampla superioridade para a equação de número 04 (Tabela 5). No entanto, a análise de distribuição dos resíduos indicou que esta equação superestimou as alturas nas menores classes diamétricas. Assim, a equação 1 foi selecionada, apesar de apresentar menores valores para R²aj e maiores desvios (Syx%).

Tabela 5. Ajuste para as equações de relação hipsométricas testadas

N	Ajuste			Estatísticas		
	B ₁₀	b ₁	b ₂	R ² aj	Syx%	IF%
01	0,2435	0,7048	-	0,62	9,8	-
02	3,59	1,244	-0.044	0,50	12,2	-
03	11,78	-45,60	-	0,41	13,3	-
04	0,0021	0,4892	0,2676	0,98	7,1	-
05	2,70	-2,74	-	0,61	-	27,9
06	7,022	0,4125	-	0,43	13,0	-
07	1,4972	0,400	-	0,53	-	30,9
08	-0,3574	2,1126	-0,4106	0,62	-	24,6

Onde: b₀, b₁ e b₂ = coeficientes das equações; R²aj = coeficiente de determinação ajustado; Syx% = erro padrão de estimativa em porcentagem; IF% = índice de furnival em porcentagem

Para as estimativas do volume total com casca, as equações de Spurr e Schumacher-hall logaritmizadas apresentaram ajustes semelhantes, com boa distribuição dos resíduos. Por uma questão de maior simplicidade, foi selecionada a equação de Spurr (variável combinada logaritmizada). O ajuste e os valores observados e estimados podem ser observados na tabela 6 e figura 1. A distribuição dos resíduos pode ser observada na figura 2.

Tabela 6. Ajuste das equações testadas para estimar o volume total com casca

N	Coeficientes					Ajuste		
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	R^2_{aj}	Syx%	IF
01	0,002748	0,0000393	-	-	-	0,94	16,3	-
02	-0,00214	-0,000055	0,0000424	0,00063	-	0,94	16,1	-
03	-0,00162	0,000841	-0,00013	0,0000439	0,0000433	0,94	16,1	-
04	-4,0658	0,897882	-	-	-	0,98	-	5,0
05	-4,05279	1,805782	0,87598	-	-	0,97	-	5,0

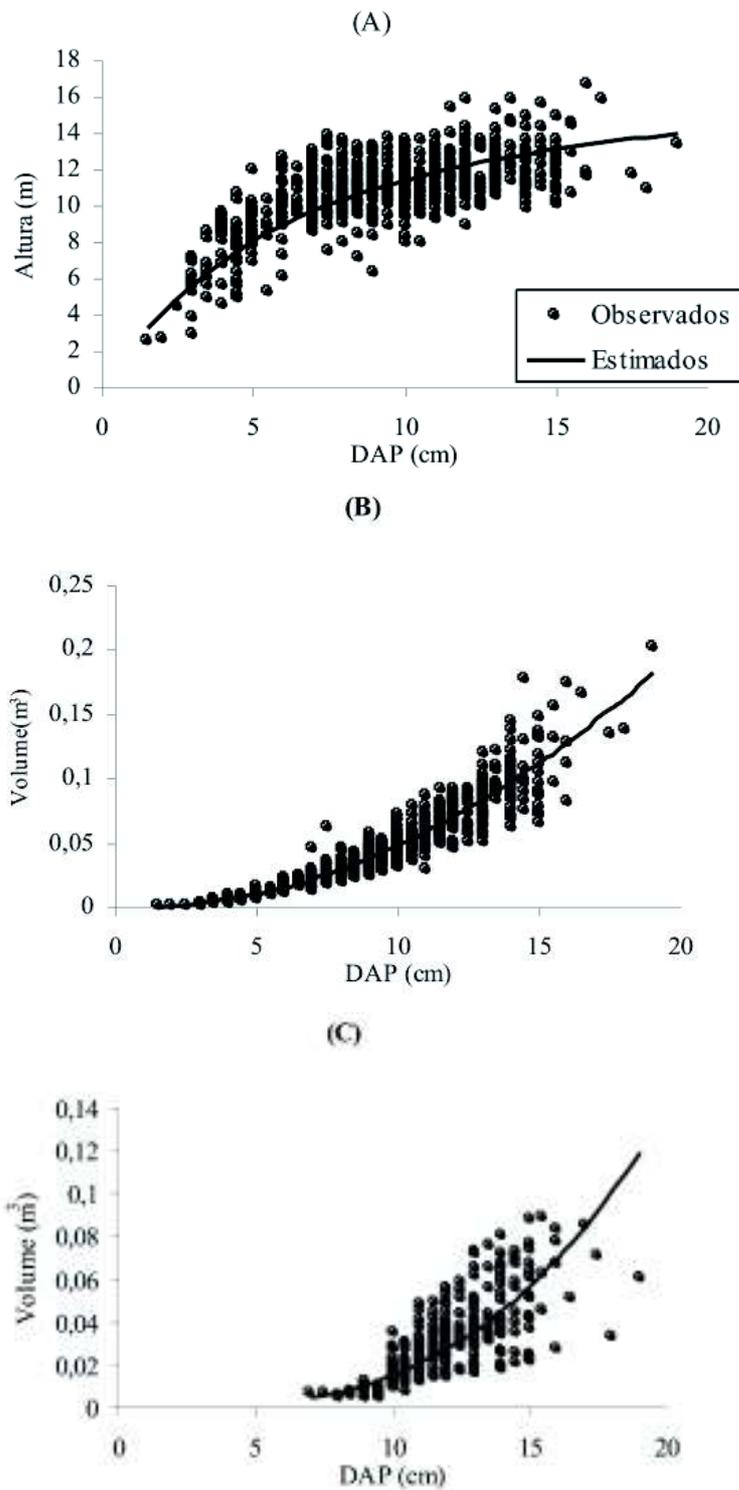
Onde: b_0 , b_1 e b_2 = coeficientes das equações; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; Syx% = erro padrão de estimativa em porcentagem; IF% = índice de furnival em porcentagem

Tabela 7. Ajuste das equações testadas para estimar o volume comercial com casca

N	Coeficientes					Ajuste		
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	R^2_{aj}	Syx%	IF
01	-0,00435	1,95E-05				0,51	45,2	
02	-0,04679	0,000435	-1,3E-05	0,003027		0,58	41,5	
03	-0,0848	0,007423	9,75E-05	0,000404	-2,6E-05	0,60	40,7	
04	-6,13387	1,407187				0,58		26,4
05	-4,46089	1,107648	-0,67601			0,42		31,8

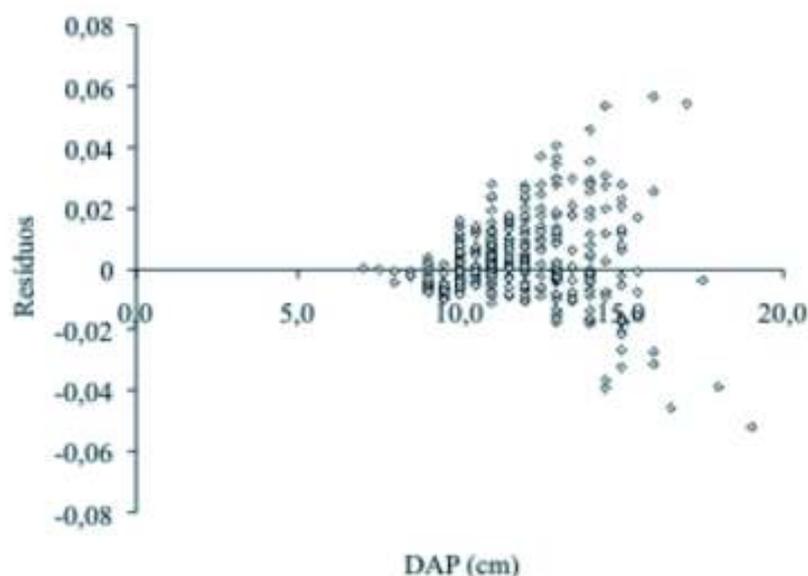
Onde: b_0 , b_1 e b_2 = coeficientes das equações; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; Syx% = erro padrão de estimativa em porcentagem; IF% = índice de furnival em porcentagem

Figura 1. Valores observados e estimados: curva de relação hipsométrica (A) e volume total (B) e comercial com casca (C)



Para as estimativas individuais do volume comercial com casca, a equação de Spurr apresentou os maiores valores para o coeficientes de determinação ajustado, os menores para o Índice de Funival em porcentagem (IF%) e a melhor distribuição dos resíduos, conforme a figura 2. Este resultado difere de Veiga et al (2000) que, ao compararem equações de volume, selecionaram a equação de Meyer modificada para estimar o volume comercial, com e sem casca, para povoamentos de *A. mangium*, na região de Botucatu, SP, aos sete anos de idade.

Figura 2. Distribuição dos resíduos para as equação de Spurr logaritimizada para volume comercial com casca



Conclusões

Para estimar a altura em função do diâmetro, o modelo $\frac{1}{\sqrt{(h-1,3)}} = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$ foi o mais indicado nas condições estudadas.

Para estimar o volume individual total e comercial com casca para árvores de *A. mangium* em área de savana em Roraima, foi selecionada a equação de Spurr logaritimizada.

Referências

ATIPANUMPAI, L. *Acacia mangium*: studies on the genetic variation in ecological and physiological characteristics of a fast-growing plantation tree species. *Acta Forestalia Fennica*, v. 206, 1989, 92 p.

AZEVEDO, C.P.; LIMA, R.M.B.; NEVES, E.J. Seleção e manejo de espécies florestais para fins energéticos na região de Iranduba, AM. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 1998, 6p (Embrapa Amazônia Ocidental, Pesquisa em andamento, 41).

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA 21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e Nb.21; *Geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1975. 428 p.

FERREIRA, C. A.; SILVA, F.P.; YARED, J.A.G.; CAPITANI, L.R.; SUITER FILHO, W. *Acacia mangium*: uma nova opção para reflorestamento? In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990. Campos do Jordão. *Anais...* Campos do Jordão: SBS, 1990 p.564-568.

GALIANA, A.; BALLE, P.; GUESSAN KANGA, A.N.; DOMENACH, A.M. Nitrogen fixation estimated by ¹⁵N natural abundance method in *Acacia mangium* Willd. Inoculated with *Bradyrhizobium* sp. And grown in silvicultural conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, v.34, p.251-262, 2002.

JOKER, D. *Acacia mangium* Willd. *Seed Leaflet*, n.3, 2p. 2000.

LAMPRECHT, H. *Silvicultura nos trópicos*. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges, 1990, 343 p.

MAJID, N. M.; PAUDYAL, B.K. Pruning trial for *Acacia mangium* Willd. Plantation in peninsular Malaysia. *Forest Ecology and management*, v.47, p.285-293, 1992.

MIRANDA, E.M.; VALENTIM, J.F. Desempenho de doze espécies arbóreas nativas e introduzidas com potencial de uso múltiplo no Estado do Acre, Brasil. *Acta amazonica*, v.30, n.3, p.471-480, 2000.

NEWAZ, M.S.; MILLAT-MUSTAFA., M. Growth and yield prediction models for *Acacia mangium* grown in the plantations of the central region of Bangladesh. *New Forests*, n.27, p.81-88, 2004.

OLIVA, E.; HUGHELL, D. Modelo de crecimiento y rendimiento de *Mangium* (*Acacia mangium* Willd.) em Costa Rica, Honduras Y Panamá. *Silvoenergia*, n.35, 1990.

PEDLEY, L. Notes on *Acacia*, chiefly from Queensland. *Proc. Royal Society*, v.74, p.52-60, 1964.

SCHNEIDER, P.R. *Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal*. Santa Maria: UFSM, CEPEF, 1997, 217 p.

SILVA, F.P.; BORGES, R.C.G.; PIRES, I.E. Avaliação de procedências de *Acacia mangium* Willd, aos 63 meses de idade, no Vale do Rio Doce, MG. *Revista Árvore*, v.20, n.3, p.299-308, 1996.

SOUZA, C.R.; ROSSI, L.M.B.; AZEVEDO, C.P; LIMA, R.M.B. Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. *Scientia Forestalis*, n.65, p.95-1001, 2004.

TONINI, H; HALFELD-VIEIRA, B. Efeito da desrama sobre o crescimento e a predisposição a podridão do lenho em *Acacia mangium* In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 8., 2006. Cd room... Cuiabá, 2006.

TUOMELA, K.; OTSAMO, A; KUUSIPALO, J.; VUOKKO, R.; NIKLES, G. Effect of provenance variation and singling and pruning on early growth of *Acacia mangium* Willd. Plantation on Imperata cylindrical (L.) Beauv. Dominated grassland. *Forest Ecology and Management*, v.84, p.241-249, 1996.

VEIGA, R.A.A.; CARVALHO, C.M.; MOURÃO BRASIL, M.A. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium* Willd. *Cerne*, v.6, n.1, p.103-107, 2000.

VIEIRA, R.C.M.T. *Estudo da viabilidade agrícola dos cerrados de Roraima*. Brasília: Embrapa, 1997, 121 p. Relatório Técnico.

YARED, J.A.G.; KANASHIRO, M.; CONCEIÇÃO, J.G.L. *Espécies florestais nativas e exóticas: comportamento silvicultural no Planalto dos Tapajós, Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1988. 29 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 49).