

## VARIAÇÃO AXIAL DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Acacia mangium* WILLD AOS SETE ANOS DE IDADE

### THE BASIC AXIAL VARIATION OF SEVEN YEAR OLD *Acacia mangium* WILLD WOOD

Ailton Teixeira do Vale<sup>1</sup> Maria Aparecida Mourão Brasil<sup>2</sup> Ildeu Soares Martins<sup>1</sup>

#### RESUMO

Tomando-se por base um povoamento de *Acacia mangium* com 7 anos de idade, retirou-se discos ao longo do tronco de 126 árvores para o estudo da densidade básica da espécie. A densidade básica média (DBM) encontrada foi de  $0,524 \pm 0,076 \text{ g/cm}^3$ . A variação axial da densidade básica (Db), explicada por um modelo quadrático ( $R^2 = 0,83$ ), apresentou tendência de diminuição até a metade da altura do tronco, crescendo a partir daí até o topo, sem contudo atingir os valores da Db da base. O modelo linear foi o que melhor explicou a relação da DBM com a Db obtida a várias posições do tronco, mostrando-se mais acentuada ( $R^2 = 0,81$ ) a 25% da altura do tronco. Portanto, na determinação da DBM da espécie por métodos destrutivos, pode-se utilizar amostras retiradas à 25% da altura do tronco. No entanto, para amostragens não-destrutivas, a posição de 25% pode ser uma altura elevada e a retirada da amostra, por exemplo, utilizando um trado, pode-se tornar inviável. Nesse caso, sugere-se a retirada no DAP, pois relação, nesta posição também é alta (0,78).

**Palavras-chave:** *Acacia mangium*, densidade básica média, variação axial da densidade.

#### ABSTRACT

From a seven year old population of *acacia mangium*, discs were taken from the trunks of 126 trees in order to study the species' basic density. The basic average density (DBM) found was between  $0.524 \pm 0.076 \text{ g/cm}^3$ . The axial variation for the basic density (Db), explained according to a quadratic model ( $R^2 = 0.83$ ), revealed a reduction tendency of up to half of the trunk's height, increasing from this point up to the top without reaching the Db's value for the base. The linear model was what best explained the relation between the DBM and the Db, obtained at various positions along the trunk. In fact, this relation was even more accentuated ( $R^2 = 0.81$ ) at 25% of the trunk's height. Thus, in the determining of the species' DBM through destructive methods, samples taken at 25% of the trunk's height can be used. Nevertheless, for non-destructive samples, the height of 25%, may be too much, and so, withdrawing a sample, using an Pressler's cork bore, for example, may not be feasible. In this case, withdrawing from the DAP is suggested because the relation at this height is also high (0.78).

**Key words:** *acacia mangium*, basic average density, and axial variation density.

1. Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, CEP: 70910-900, Caixa Postal 04357, Brasília. (DF).
2. Professora do Departamento de Ciências Florestais, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual de São Paulo, Caixa Postal 237, Campus de Botucatu, CEP: 18603-970, Botucatu. (SP).

## INTRODUÇÃO

A espécie *Acacia mangium* Willd, pertencente à família Leguminosae, subfamília Mimosoidae, ocorre naturalmente na região costeira da Austrália, na Indonésia, nas Ilhas Molucas e Java e na Província de Papua Nova Guiné, entre as latitudes de 1° a 10°S e altitudes que vão desde o nível do mar até 800 m (NAS, 1983; Doran e Skelton, 1982; citados por SILVA *et al.*, 1996).

A espécie, imprópria para plantios em regiões de alto déficit hídrico e com ocorrências de geadas fortes, desenvolve-se bem em solos pobres, erodidos, com pouca drenagem e pH abaixo de 3,5 (Turnbull *et al.*, 1986; Skelton, 1986; citados por SILVA *et al.*, 1996). Entretanto, segundo Ferreira (1990), citado por DANIEL *et al.* (1997), tem grande potencial de cultivo no Brasil, já havendo recomendação de procedências adequadas para as regiões Amazônica e Vale do Rio Doce em Minas Gerais.

Com esse perfil e as possibilidades reais de reflorestamentos no Brasil, torna-se importante o estudo da densidade da madeira desta espécie. Do ponto de vista tecnológico a avaliação da qualidade da madeira com base na densidade é muito útil, sendo um excelente indicador das propriedades da madeira.

Regiões de diferentes densidades são formadas dentro do tronco e, de acordo com ALBINO & TOMAZELLO FILHO (1985), devem-se à formação de madeira de: tração, reação ou outros fatores ligados às condições de crescimento da árvore. Dessa forma, o comportamento da densidade, ao longo do tronco, difere entre espécies: aumentando até certa altura do tronco e depois diminuindo até a copa, como encontrado por SOUZA *et al.* (1979), para o gênero *Eucalyptus*; aumentando com a altura, conforme FERREIRA (1972,1973) trabalhando com o mesmo gênero; diminuindo com a altura, como encontrado para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (NOGUEIRA & VALE, 1997); *Dalbergia miscolobium* Benth (VALE & NOGUEIRA (1998) ou diminuindo até certa altura do tronco e depois aumentando em direção a copa, como encontrado por VALE *et al.* (1995) para o *Eucalyptus grandis*.

Esse trabalho objetiva determinar a densidade básica média (DBM) da madeira de *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade, bem como estabelecer a variação axial da densidade básica e as relações entre a DBM e a densidade básica (Db) em cinco posições ao longo do tronco e da casca.

## MATERIAL E MÉTODO

Após um inventário para obtenção dos valores de altura total e diâmetro à altura do peito, foram amostradas 126 árvores de um povoamento de *Acacia mangium* Willd com 7 anos de idade, localizado na região de Botucatu (22°51' de latitude sul e 48°26' de longitude oeste e a altitude é de 786 m), em latossolo vermelho amarelo fase arenosa e espaçamento 3 x 2 m. Dessas árvores foram retiradas secções transversais (discos) ao longo do tronco nas posições 0% (base), 25%, 50%, 75%, 100% (topo) e, ao nível do DAP (1,30m do solo), para a determinação da densidade básica (Db)

pelo método da balança hidrostática e da densidade básica média da árvore (DBM), utilizando o volume entre discos como fator de ponderação, conforme VITAL (1984).

No estudo da variação axial da densidade básica foram consideradas cinco posições do tronco como tratamentos, ou seja, tratamento 1 (a 0% de altura do tronco - base), tratamento 2 (25%), tratamento 3 (50%), tratamento 4 (75%) e tratamento 5 (100%), com 126 repetições. Houve perda de um dado na quarta árvore do tratamento 3, perfazendo, portanto, um total de 629 dados. Na avaliação da densidade básica média da árvore (DBM), em função da densidade básica (Db) à diferentes alturas do tronco, foram considerados 6 tratamentos ( $Db_{0\%}$ ,  $Db_{DAP}$ ,  $Db_{25\%}$ ,  $Db_{50\%}$ ,  $Db_{75\%}$ , e  $Db_{100\%}$ ). Foi também determinada a densidade básica da casca ( $Db_C$ ) obtida de uma amostra composta nas diferentes alturas de cada árvore.

Os dados foram analisados por meio de regressão polinomial para o estudo da variação axial e de regressão simples para a densidade básica média da árvore (DBM) em função da densidade básica nas diferentes posições. A escolha dos modelos de regressão tomaram como base o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a significância dos coeficientes da equação, a significância da regressão e a distribuição dos pontos observados em relação à curva, ao nível de 5% de probabilidade (REGAZZI & LEITE, 1992).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios, encontrados de altura total e diâmetro à altura do peito (DAP) da *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade, foram, respectivamente, de 14,05m e 8,39cm.

### Valores médios das densidades básicas

A Tabela 1 apresenta os valores médios da densidade básica da árvore, da densidade básica ao longo das diferentes posições no tronco e da densidade básica da casca.

TABELA 1: Valores médios da densidade básica média da madeira (DBM), da densidade básica nas diferentes alturas do tronco ( $Db_{0\%}$ ,  $Db_{DAP}$ ,  $Db_{25\%}$ ,  $Db_{50\%}$ ,  $Db_{75\%}$  e  $Db_{100\%}$ ) e da densidade básica da casca ( $Db_C$ ) da *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade.

Variável	Posições ao longo do tronco							
	DBM	$Db_{0\%}$	$Db_{DAP}$	$Db_{25\%}$	$Db_{50\%}$	$Db_{75\%}$	$Db_{100\%}$	$Db_C$
Densidade Básica ( $g/cm^3$ )	0,52	0,61	0,52	0,50	0,50	0,51	0,50	0,29

### Variação axial da densidade básica

A Tabela 2 apresenta a análise da variância da regressão polinomial para a variação axial da densidade básica da madeira. Pode-se observar que todos os componentes testados foram significativos ao nível de 1% de probabilidade. Entretanto, segundo REGAZZI & LEITE (1992), a adoção de um modelo polinomial, incluindo os componentes de 3° e 4° graus, levaria a uma

interpretação biológica de alta complexidade e pouca aplicação prática. Além disso, os componentes linear e quadrático explicam 81% da variação total e apresentam boa distribuição dos pontos derivados em relação à curva ( Figura 1 ).

Em função disto, optou-se pelo modelo quadrático para explicar a variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium*, ressaltando-se que os mesmos argumentos também são reportados por outros autores como NETER & WASSERMAN (1974), DRAPPER & SMITH (1981) e HOFFMAN & VIEIRA (1983). BRASIL (1972), estudando a variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus propinqua*, concluiu que ela sofreu efeito quadrático em relação às classes de alturas estudadas.

Observa-se, na Figura 1, que a densidade básica mostrou tendência de diminuição, ao longo do tronco até à metade da altura. A partir dessa altura houve tendência de aumento em direção ao topo da árvore, sem, entretanto, atingir, no topo, os mesmos valores da base. Essa tendência de densidades básicas mais altas, na base e nas partes mais altas das árvores, foi também encontrada por SOUZA *et al.*(1986) e por VALE *et al.* (1995), trabalhando com *E. grandis*. O aumento da densidade básica, nas partes mais altas das árvores, pode estar relacionado com a presença da copa, pois na região de inserção dos ramos, há alterações na estrutura anatômica da madeira, provocando aumento da densidade e, conseqüentemente, da resistência. Outra possível explicação é a formação, nesta região de lenho, de reação resultante da ação do vento na copa da árvore ( BRASIL, 1972 ).

TABELA 2 : Análise de variância da regressão polinomial para variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia. mangium* Willd aos sete anos de idade.

Componentes	R <sup>2</sup>	GL	Valores de F
Linear	0,46	1	152,753*
Quadrático	0,81	1	114,068*
Cúbico	0,98	1	55,808*
Quarto grau	1	1	7,078*
Tratamento		4	82,427
Resíduo		624	
Total		628	

Sendo: \* = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A Figura 1 ilustra a variação axial da densidade da madeira para o modelo quadrático cuja equação é :

$$Db = 0,699314 - 0,116356P + 0,0157926P^2$$

$$R^2 = 0,81$$

Sendo que: Db = densidade básica da madeira em g/cm<sup>3</sup>;

P = posição no tronco (1,2,3,4 e 5), sendo 1 = 0% (base), 2 = 25%, 3 = 50%,  
4 = 75% e 5 = 100% (topo).

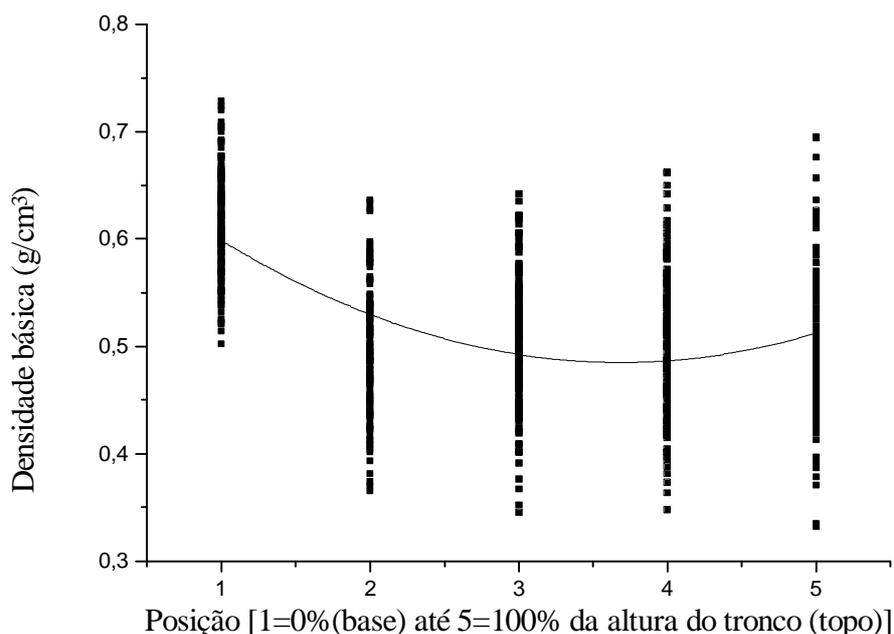


FIGURA 1: Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium*.

Densidade básica média da madeira em função da densidade básica da casca e a várias alturas do tronco

A Tabela 3 mostra as relações, mediante modelos matemáticos lineares, da densidade básica média ( DBM ) em função da densidade básica a diferentes alturas do tronco e em função da densidade da casca.

TABELA 3: Modelos matemáticos lineares e respectivos valores do coeficiente de determinação utilizados para estimar a densidade básica média da madeira de *Acacia mangium* aos sete anos de idade em função da densidade básica de diferentes posições do tronco e em função da densidade básica da casca.

Posição	Equação	R <sup>2</sup>
Base	DBM = - 0,025023 + 0, 885541 * Db <sub>BASE</sub>	0,6339*
Dap	DBM = 0,756870 + 0.856944 * Db <sub>DAP</sub>	0,7818*
25%	DBM = 0,099339 + 0,845460 * Db <sub>25%</sub>	0,8331*
50%	DBM = 0,13538 + 0,761272 * Db <sub>50%</sub>	0,7826*
75%	DBM = 0,177658 + 0,674503 * Db <sub>75%</sub>	0,7118*
100%	DBM = 0,213690 + 0,608320 * Db <sub>100%</sub>	0,5972*
Casca	DBM = 0,38765 + 0,433570 * Db <sub>C</sub>	0,0738*

Sendo: \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O maior coeficiente de determinação foi 0,8331 para a altura de 25% do tronco, indicando que, nessa posição, a densidade obtida é a que mais se aproxima da densidade básica média da árvore. É interessante observar que o coeficiente de determinação aumenta da base até 25% da altura, diminuindo em direção ao topo da árvore, mostrando que a medida que se afasta dessa posição, tanto em direção ao topo quanto à base, a densidade básica também se afasta da densidade básica média.

A estimativa da densidade básica média da *Acacia mangium* em função da densidade básica, com base em amostras retiradas a uma determinada posição ao longo do tronco, pode ser feita utilizando um dos modelos matemáticos lineares apresentados na Tabela 3. Considerando-se que o maior coeficiente de determinação ocorre a 25% da altura do tronco, o modelo que melhor explica a relação entre a DBM e a Db é aquele correspondente a essa posição. JESUS & VITAL (1986) trabalhando com *Eucalyptus grandis*, e NOGUEIRA & VALE (1997), trabalhando com *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, encontraram coeficientes de determinação de, respectivamente, 0,87 e 0,88 para a mesma posição da altura do tronco. JESUS & VITAL (1986) sugerem que, ao escolher-se a amostragem não-destrutiva ou quando se desejar reduzir o número de amostras, se deve retirar amostras a 25% da altura do tronco a partir do solo.

Entretanto, na amostragem não-destrutiva, como por exemplo, com uma sonda Pressler, a retirada da amostra a 25% da altura do tronco pode ser de difícil execução. Por isso, é recomendável a utilização da altura do DAP para a estimativa da densidade básica média (DBM) cujo modelo matemático, nessa posição, tem um valor de  $R^2$  igual a 0,7818.

A relação entre a densidade básica média (DBM) da madeira e a densidade básica da casca apresenta um coeficiente de determinação de 0,07384, indicando uma grande dispersão dos valores observados em relação à média.

## CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser retiradas do presente trabalho:

A densidade básica média da madeira de *Acacia mangium* Willd, aos sete anos de idade, foi de  $0,524 \pm 0,076 \text{ g/cm}^3$  ;

A densidade básica da madeira de *A. mangium* apresentou tendência de diminuição até a metade da altura, crescendo daí até o topo, sem, no entanto, alcançar os valores da base;

A altura de 25% do tronco é o melhor local para retirar-se amostras de madeira de *A. mangium* com o objetivo de determinar-se a densidade básica mais próxima da densidade básica média do tronco. Nessa altura, a correlação entre a DBM e a Db é mais acentuada e a DBM pode ser estimada pelo modelo linear  $DBM = 0,099339 + 0,845460 Db_{25\%}$  com  $R^2 = 0,8331$ .

Ocorrendo dificuldade para retirada de amostras a 25% da altura do tronco, na amostragem não-destrutiva, pode-se optar pela altura do DAP, pois 78,18% da relação entre a densidade básica média da árvore e a densidade básica obtida no DAP são explicadas pelo modelo proposto;

A relação entre a densidade básica média da madeira e a densidade básica da casca foi baixa, indicando não ser, a última, um bom parâmetro para ser utilizado na estimativa da primeira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, J.C. Tomazello Filho, M. Variação da densidade básica da madeira e produtividade de *Eucalyptus spp.*, Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1985. 43p (EMBRAPA – CPAC: **Boletim de Pesquisa**, 26).
- BRASIL, M.A.M. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus propinqua* Deane ex Maiden em função do local e do espaçamento**. Piracicaba, SP. 74 p. 1972. (dissertação de mestrado).
- DANIEL, O.; VITORIANO, A.C.T.; ALOVISI, A.A.; MAZOCHIN, L.; TOKURA, A.M.; PINHEIRO, E.R. & SOUZA, E.F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **R. Árv.**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p.163-168, 1997.
- DRAPPER, N.R. & SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York, John Wiley & Sons, 1981. 709 p.
- FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. Piracicaba: **IPEF**, 4:65-89. 1972.
- FERREIRA, M. Variação da densidade básica de plantas comerciais de *Eucalyptus alba* Reinw (*E. urophylla* S.T.Blake), *E. saligna* Smith e *E. grandis* Hill ex. Maiden. **Papel** 34, 151-157, 1973.
- HOFFMAN, R. & VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. São Paulo, Hucitec, 2ª ed., 1983. 379 p.
- JESUS, R.M. & VITAL, B.R. Comparação entre densidade de matrizes e de clones de *Eucalyptus grandis*. **R. Árv.**, Viçosa, MG, v. 10, n. 1, p. 83-90, 1986.
- NETER, J. & WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models: Regression, analysis of variance, and experimental design**. Homewood, Richard D. Irwin, 1974. 842 p.
- NOGUEIRA, M.V.P. & VALE, A.T. Densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de cerrado: relação com a densidade básica média e variação radial e axial. **Rev. Árv.**, Viçosa, MG, v. 21, n.4, p. 547-554, 1997.
- REGAZZI, A.J. & LEITE, H.G. **Análise de regressão e aplicações em manejo florestal**. DEF/SIF/UFV. Viçosa, MG. 1992. 235 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. **R.Árv.**, Viçosa, MG, v. 20, n. 3, p. 267-278, 1996.
- SOUZA, A.P. *et al.* Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell, cultivado na região de Dionísio, MG. *Revista Árvore*. 1979. 3(1):16-27.

- SOUZA, V.R.; CARPIM, M.A & BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **IPEF**. Piracicaba: s.n., 1986. p. 65-72.
- VALE, A.T.; MOURA, V.P.G.; MARTINS, I.S & REZENDE, D.C.A. Densidade básica média, em função da profundidade de penetração do pino do “pilodyn” e da classe diamétrica, e variação axial da densidade básica em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Rev. Árv.**, Viçosa, MG, v. 19, n.1, p. 80-91. 1995.
- VALE, A.T. & NOGUEIRA, M.V.P. Variação longitudinal da densidade básica e contração da madeira de *Dalbergia miscolobium* Benth. **Rev. Árv.**, Viçosa, MG, v. 22, n. 3, p. 429-432, 1998.
- VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa-MG: SIF, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 2).