

Varição longitudinal da massa específica básica da madeira de *Cordia americana* e *Alchornea triplinervia*

Longitudinal variation of basic density of *Cordia americana* and *Alchornea triplinervia* wood

Jonathan William Trautenmüller^{I*} Rafaelo Balbinot^I Juliane Borella^{II} Rômulo Trevisan^I
Diego Balestrin^I Rafael Vendruscolo^I Angélica Martinelli Sabadini^I

RESUMO

A massa específica básica (ME_b) é um dos principais parâmetros das propriedades da madeira. Considerando isso, este estudo teve por objetivo avaliar a variação longitudinal da ME_b da madeira de *Cordia americana* (Linnaeus) Gottshling & J.E. Mill e de *Alchornea triplinervia* (Sprengel) Müller Argoviensis. As árvores foram selecionadas em um fragmento de Floresta Estacional Decidual Aluvial, em Iraí-RS, que, após o abate, foram medidas e cubadas pelo método de Smalian. Para a determinação da ME_b , foram retirados discos nas posições da base, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial e no diâmetro à altura do peito (DAP), 1,30 m do solo. Os resultados indicaram que a ME_b da madeira de *Alchornea triplinervia* (S.) apresentou padrão homogêneo no sentido longitudinal do fuste; diferentemente da variação encontrada para *Cordia americana* (L.), em que os maiores valores dessa característica foram observados na base, com tendência decrescente até o topo das árvores.

Palavras-chave: Guajuvira, Tanheiro, espécies nativas, qualidade do fuste.

ABSTRACT

The specific gravity (ME_b) is one of the main parameters of wood properties. Considering that, this study aimed to evaluate the longitudinal variation of the basic density of the wood of *Cordia americana* (Linnaeus) Gottshling & J.E. Mill and *Alchornea triplinervia* (Sprengel) Müller Argoviensis. The trees were selected in a fragment of subtropical semideciduous forest (local name Floresta Estacional Decidual), in Iraí-RS, Brazil that, after logging, were measured and scaled by the method of Smalian. To examine the wood density, discs were collected with about two centimeters at positions base, 1.3 m (DBH), 25, 50, 75 and 100% of the height along de stem. Two wedges being withdrawn symmetrical and opposite, which was obtained green volume, wood saturated and dry weight in an oven at 103°C ($\pm 2^\circ\text{C}$).

Alchornea triplinervia (S.) showed homogeneous wood density in the longitudinal direction of the stem, and *Cordia Americana* (L.) had decreased wood density towards base-top.

Key words: Guajuvira, Tanheiro, native species, stem quality.

INTRODUÇÃO

A massa específica básica (ME_b) da madeira pode ser considerada como a combinação dos seus diferentes tipos celulares e reflete a quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou, de modo inverso, o volume de espaços vazios inerentes à madeira (PERES et al., 2012). Por ser um dos principais parâmetros tecnológicos, a ME_b é excelente indicador das propriedades da madeira (VALE et al, 1999), devido a sua relação com várias outras características e também por ser facilmente determinada (LIMA & GARCIA, 2005; WASHUSEN et al., 2005; MATTOS et al., 2011). Assim, indicando a viabilidade de seu emprego em diversas finalidades, a ME_b da madeira é importante por ser uma característica passível de melhoramento genético e considerada altamente herdável (LOPES & GARCIA, 2002).

As variações da ME_b encontradas nas espécies florestais se devem às diferenças na estrutura anatômica da madeira e, em menor proporção, à quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume. Essas alterações decorrem em razão, principalmente, da idade da árvore, genótipo,

^IDepartamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rodovia BR 386 - km 40, Linha Sete de Setembro, s/n, 98.400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil. E-mail: jwtrautenmuller@yahoo.com.br. *Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais, UFSM, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

qualidade do sítio, clima, localização geográfica (ALZATE et al., 2005; WASHUSEN et al., 2005; TREVISAN et al., 2007, 2012a, 2012b), e em função da taxa de crescimento (TOMAZELLO FILHO, 1985; SOUZA et al., 1986). Porém, entre espécies e dentro a mesma espécie ocorrem devido à diferença de idade entre os indivíduos (WIEMANN e WILLIAMSON, 2002; WOODCOCK, 2000; BAKER et al., 2004; MULLER-LANDAU, 2004).

A variabilidade da ME_b da madeira de folhosas pode ser dada por quatro modelos de variação, (I) quando decresce uniformemente com a altura, (II) decrescente até o meio do fuste com acréscimo até o topo, (III) crescente da base para o topo, porém não tendo um padrão definido e (IV) a massa específica não variando conforme a altura (DOWNES & RAYMOND, 1997). O crescimento da ME_b da madeira pode ser o resultado do aumento da espessura da parede celular das fibras ou de um aumento na proporção das fibras em relação à proporção de vasos. De maneira inversa, um aumento na proporção de vasos, com ou sem decréscimo na espessura da parede celular, leva à redução na ME_b (EISFELD et al., 2009).

Considerando isso, a utilização da madeira como matéria-prima só pode ocorrer a partir do conhecimento adequado de suas propriedades (KLOCK et al., 2004). Por esta ser um elemento orgânico heterogêneo, composto basicamente de celulose, hemiceluloses, lignina e extrativos, apresenta versatilidade de usos para obtenção de uma série de produtos. Com isso, o presente estudo tem por objetivo avaliar a variação longitudinal da ME_b da madeira de *Cordia americana* (Linnaeus) Gottshling & J.E. Mill e *Alchornea triplinervia* (Sprengel) Müller Argoviensis.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo, foram utilizadas três árvores de idade desconhecida para cada espécie, com diâmetro médio de 52,3 ($\pm 27,0$) e 20,5 ($\pm 8,8$) cm a 1,30 m do solo, para *Cordia americana* e *Alchornea triplinervia*, respectivamente. Estas encontravam-se em área de, aproximadamente, 50 hectares, localizado no município de Iraí - RS, em propriedade da Universidade Federal de Santa Maria. Esse ambiente representa um típico fragmento de Floresta Estacional Decidual Aluvial e está centrado nas coordenadas de 27°13'35,31" Sul e 53°18'59,06" Oeste, e a uma altitude de 40 m, na confluência do Rio Uruguai com o Rio da Várzea.

O clima da região é Subtropical úmido, com regime de chuvas equilibrado e ausência de estação seca, com precipitação média anual entre

1.250 e 2.000 mm (SEMA, 2005) e o solo pode ser classificado como neossolo rigolítico eutrófico (STRECK, 2008).

Para o estudo da ME_b , foram retirados discos com, aproximadamente, dois centímetros de espessura, nas seguintes posições do tronco: 0,1 m (base), 25, 50, 75 e 100% da altura comercial (definida pelo diâmetro mínimo do fuste igual a 5 cm) e no diâmetro à altura de 1,30 m do solo (DAP). Os discos foram numerados de acordo com sua posição relativa e, em seguida, foram acondicionados em sacos plásticos e transportados para o Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF) da UFSM-FW, onde foram marcadas e seccionadas duas cunhas simetricamente opostas, contendo partes de cerne e alburno.

As cunhas de madeira foram submersas em água, onde permaneceram até atingirem peso constante. A ME_b de cada cunha foi determinada pela equação $\rho_b = Mo/Vu$, em que ρ_b (massa específica básica da madeira) é dado em $g\ cm^{-3}$, Mo (massa seca em estufa 103°C) em g e Vu (volume saturado) em cm^3 , o volume verde foi obtido pelo método da balança hidrostática (VITAL, 1984).

A ME_b da madeira em cada posição relativa do tronco foi determinada pela média dos valores das duas cunhas. Em seguida, calculou-se a ME_b ponderada em função do volume de cada árvore através da equação $\rho_{bpond} = ((((\rho_{b0\%} + \rho_{bDAP})/2) * v_1) + (((\rho_{bDAP} + \rho_{b25\%})/2) * v_2) + (((\rho_{b_i} + \rho_{b_{i+1}})/2) * v_i)) / v_{5s}$; em que $\rho_{b\ pond}$ (massa específica básica ponderada em função do volume total sem casca da árvore) é dado em $g\ cm^{-3}$, $\rho_{b_{i\%}}$ (massa específica básica na posição "i") em $g\ cm^{-3}$, v_1 , v_2 , v_i (volume sem casca correspondente a duas posições sucessivas) em m^3 e v_{5s} (volume comercial sem casca da árvore) em m^3 .

O volume de cada árvore foi calculado por meio da cubagem rigorosa de Smalian, coletando os diâmetros sem casca nas posições relativas de onde se retiraram os discos e mensurando o comprimento de cada secção. Assim, calculando o volume comercial (v_{5s}) de cada árvore através da soma das cinco secções (v_i).

Para a análise da ME_b ao longo do fuste, os dados amostrados por posição relativa foram submetidos à análise de regressão. Esses foram processados pelo pacote "Statistical Analysis System" (SAS, 1993), no qual foi, primeiramente, aplicado o procedimento *Stepwise* de modelagem de regressão. O modelo foi definido pela equação $\rho_b = f(P; 1/P; P^2; 1/P^2; \ln P; 1/\ln P; \sqrt{P})$; em que ρ_b (massa específica básica da madeira) é dado em $g\ cm^{-3}$ e P (posição relativa no sentido base-topo) em %. O melhor modelo foi selecionado com base no coeficiente de determinação

ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa (S_{xy}), valor de F calculado e análise da distribuição dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios encontrados para ME_b da madeira por posição no sentido base-topo e da ME_b ponderada em função do volume do fuste sem casca das espécies florestais *Cordia americana* e *Alchornea triplinervia* são destacados na tabela 1. Analisando a ME_b ponderada e a das posições relativas, observa-se que a 25% da altura da árvore pode ser considerada a posição que melhor representa a média dessa característica para a espécie *Cordia americana*. Para a *Alchornea triplinervia*, a altura que melhor representa a ME_b é a faixa entre o DAP e a 50% da altura. Para as espécies de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* (SOUZA et al., 1986), *Acacia mangium* (VALE et al., 1999) e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (NOGUEIRA & VALE, 1997), a altura de 25% apresenta a melhor correlação com a ME_b média.

Para *Alchornea triplinervia*, a ME_b tem leve diminuição da base até 50% da altura do fuste, porém, a 75 e 100%, tem pequeno acréscimo. Uma possível explicação para esse aumento da ME_b está relacionada com a copa da árvore, já que, na região de inserção dos galhos, apresenta alterações na constituição anatômica da madeira, induzindo o aumento da ME_b (PALERMO et al., 2003).

A ME_b ponderada obtida para *Cordia americana* é de 0,629 g cm⁻³, e foi inferior aos resultados citados por PAULA e COSTA (2011) e JANKOWSKY et al. (1990), que relataram valores para essa característica tecnológica de 0,950 g cm⁻³ e 0,640 g cm⁻³, respectivamente. Sendo a média ponderada de 0,335 g cm⁻³ para *Alchornea triplinervia* e os valores encontrados de ME_b média variaram de 0,370 a 0,503 g cm⁻³ (JANKOWSKY et al., 1990; PAULA & COSTA, 2011). Na espécie *Alchornea triplinervia*, essa diferença da ME_b pode ser atribuída à idade, fatores ambientais e genéticos (SILVA et al., 2004; SILVA et al., 2007; ALZATE et al., 2005).

Para a *Alchornea triplinervia*, a ME_b da madeira, não apresentou diferença pelo procedimento *Stepwise* e, dessa forma, não foi selecionado modelo de regressão. A equação de regressão para estimar a variação longitudinal da ME_b de *Cordia americana* foi $\rho_b = 0,66537 - 0,00107 * P$; em que ρ_b (massa específica básica da madeira) dado em g cm⁻³ e P (posição relativa no sentido base-topo) em %. Esta apresentou um coeficiente de variação igual a 3,3%, coeficiente de determinação ajustado de 0,79 e erro padrão da estimativa de 0,021 g cm⁻³ (Tabela 2).

Os valores de ME_b da madeira em função da posição relativa no sentido base-topo estimada para de *Cordia americana*, através do modelo anteriormente descrito, podem ser observados na figura 1. A espécie *Cordia americana* apresenta redução em cerca de 19% para a ME_b da madeira,

Tabela 1 - Massa específica básica média por posição no sentido longitudinal e massa específica básica ponderada em função do volume do fuste sem casca para as árvores de *Cordia americana* e *Alchornea triplinervia*.

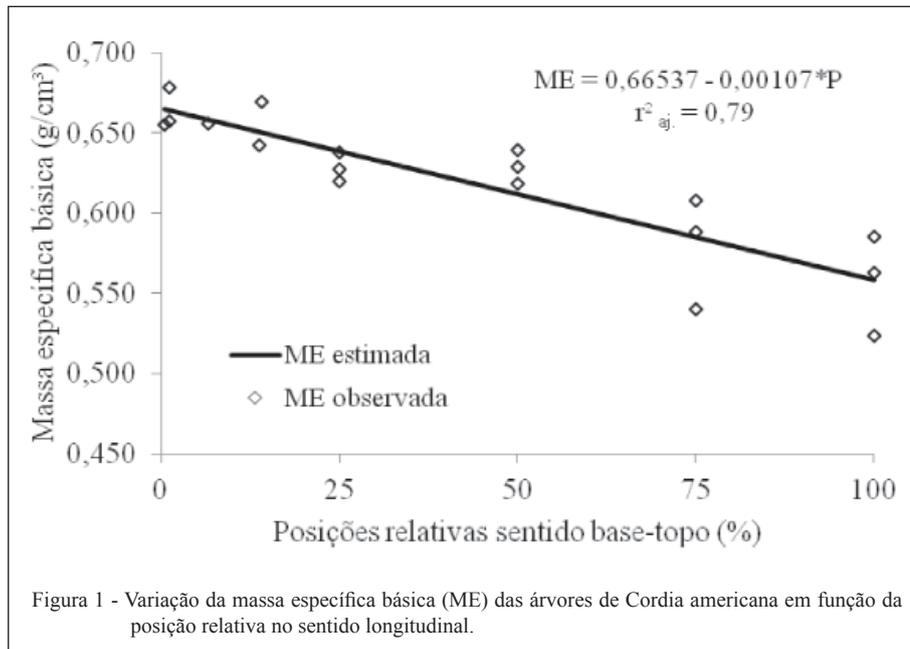
Espécie	-----Posição no sentido base-topo-----						----- ρ_{pond} (σ)-----
	0,1m	DAP	25%	50%	75%	100%	
<i>Cordia americana</i>	0,664	0,653	0,639	0,612	0,585	0,558	0,629 ($\pm 0,038$)
<i>Alchornea triplinervia</i>	0,361	0,330	0,327	0,326	0,346	0,349	0,335 ($\pm 0,042$)

Sendo: ρ_{pond} = massa específica básica ponderada em função do volume do fuste sem casca, g cm⁻³; σ = desvio padrão, g cm⁻³.

Tabela 2 - Análise de variância da regressão da massa específica básica da madeira de *Cordia americana* e *Alchornea triplinervia* em função da posição relativa.

	----- <i>Cordia american</i> -----			----- <i>Alchornea triplinervia</i> -----		
	-----QM-----	-----F-----		-----FV-----	-----QM-----	-----F-----
Equação	0,02539	59,75*		Equação	0,000014	0,01 ^{ns}
Erro	0,00042	0,00187				

Sendo: FV = fonte de variação; QM = quadrado médio; F = F calculado; * = significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ^{ns}= não significativo.



partindo da base ($0,664 \text{ g cm}^{-3}$) até o topo ($0,558 \text{ g cm}^{-3}$). VALÉRIO et al. (2008a) e VALÉRIO et al. (2008b) também constataram o decréscimo da ME_b da base em direção do topo, para as espécies de *Aspidosperma polyneuron* e *Cedrela fissilis*, respectivamente.

CONCLUSÃO

Alchornea triplinervia apresentou ME_b homogênea no sentido longitudinal, e a espécie *Cordia americana* teve variação da ME_b no sentido base-topo, com tendência decrescente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro dado pelo Estado do Rio Grande do Sul ao projeto, por intermédio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS, processo 10/0164-5 e 10/1818-5, e ao programa REUNI/UFSM, pela bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- ALZATE, S.B.A. et al. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. *Scientia Forestalis*, n.68, p.87-95, 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr68/cap08.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2010.
- BAKER, T.R. et al. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian Forest biomass. *Global Change Biology*, v.10, p.545-562, 2004. Disponível em: <<https://webpace.utexas.edu/ad26693/www/pubs/bakeretal2004a.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012. doi: 10.1111/j.1529-8817.2003.00751.x.
- DOWNES, G.M.; RAYMOND, C.A. Variation in wood density in plantation eucalypts. In: DOWNES, G.M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Australia: CSIRO, 1997. p.88-99.
- EISFELD, R. et al. Modelagem da massa específica básica dos cavacos a partir de variáveis dendrométricas e da massa específica do disco. *Floresta*, v.39, n.4, p.877-886, 2009. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/16324/10796>>. Acesso em: 10 out. 2012.
- JANKOWSKY, I.P. et al. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.
- KLOCK, U. et al. Propriedades do papel Kraft a partir da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e *Pinus taeda* L. *Floresta*, v.34, n.1, p.33-44, 2004. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/2373/1982>>. Acesso em 25 nov. 2012.
- LIMA, I.L.; GARCIA, J.N. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Revista Instituto Florestal*, v.17, n.2, p.151-160, 2005. Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/publicacoes/revista_if/rev17-2pdf/RIF17-2.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2010.
- LOPES, G.A.; GARCIA, J.N. Densidade básica e umidade natural da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associadas aos padrões de casca apresentados pela população. *IPEF*, n.62, p.13-23, 2002.
- NOGUEIRA, M.V.P.; VALE, A.T. Massa específica básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de cerrado: relação com a massa específica básica média e variação radial e axial. *Revista Árvore*, v.21, n.4, p.547-554, 1997.
- MATTOS, B.D. et al. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.1, p.121-126, 2011.

- Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=119018527018>>. Acesso em: 14 nov. 2012. doi:10.5039/agraria.v6i1a1080.
- MULLER-LANDAU, H.C. Interspecific and inter-site variation in wood specific gravity of tropical trees. **Biotropica**, v.36, n.1, p.20-32, 2004. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7429.2004.tb00292.x/abstract>>. Acesso em: 25 nov. 2012. doi: 10.1111/j.1744-7429.2004.tb00292.x.
- PALERMO, G.P.M. et al. Análise da massa específica da madeira de *Pinus elliotti* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade decrescimento. **Floresta e Ambiente**, v.10, n.2, p.47-57, 2003.
- PAULA, J.E. DE.; COSTA, K.P. **Densidade da madeira de 932 espécies nativas do Brasil**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2011. 248p.
- PERES, M.L. et al. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto pela variação da massa específica de açoita-cavalo. **Ciência Rural**, v.42, n.9, p.1596-1602, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n9/a26312cr5434.pdf>>. Acesso em: 8 jan 2013. doi: 10.1590/S0103-84782012000900013.
- SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM). **Programa de computador**, ambiente VM. Cary, 1993. Versão 6.08.
- SEMA (SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE). **Plano de manejo do Parque Estadual do Turvo**. Porto Alegre, 2005. 348p.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p,
- SILVA, J.C. et al. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.1081-1090, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622007000600013&script=sci_arttext>. Acesso em: 25 nov. 2012. doi: 10.1590/S0100-67622007000600013.
- SILVA, J.C. et al. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Floresta**, v.34, n.1, p.13-22, 2004. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/2371/1980>>. Acesso em: 12 out. 2012.
- SOUZA, V.R. et al. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, n.33, p.65-72, 1986.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, n.29, p.37-45, 1985.
- TREVISAN, R. et al. Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.17, n.4, p.377-387, 2007. Disponível em: <<http://www.bioline.org/pdf?cf07041>>. Acesso em: 20 jun. 2010.
- TREVISAN, R. et al. Variação axial e efeito do desbaste na massa específica das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Rural**, v.42, n.2, p.312-318, 2012a. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n2/a3812cr5194.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2013. doi: 10.1590/S0103-84782012005000008.
- TREVISAN, R. et al. Efeito do desbaste e variação longitudinal da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v.40, n.95, p.393-399, 2012b. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr95/cap10.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2013.
- WASHUSEN, R. et al. Effect of thinning and fertilizer on the cellulose crystallite width of *Eucalyptus globulus*. **Wood Science and Technology**, v.39, n.7, p.569-578, 2005. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/nk20123vj821731t/>>. Acesso em: 20 jun. 2010. doi: 10.1007/s00226-005-0012-2.
- WIEMANN, M.C.; WILLIAMSON, G.B. Geographic variation in wood specific gravity: effects of latitude, temperature and precipitation. **Wood and Fiber Science**, v.34, n.1, p.96-107, 2002.
- WOODCOCK, D.W. Wood specific gravity of trees and forest types in the southern Peruvian Amazon. **Acta Amazonica**, v.30, p.589-599, 2000.
- VALE, A.T. et al. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acácia mangium* Willd aos sete anos de idade. **Ciência Florestal**, v.9, n.2, p.85-92, 1999.
- VALÉRIO, A.F. et al. Determinação da densidade básica da madeira de peroba (*Aspidosperma polineuron* muell. Arg.) ao longo do fuste. **Caatinga**, v.21, n.3, p.54-58, 2008a.
- VALÉRIO, A.F. et al. Determinação da densidade básica da madeira de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) ao longo do fuste. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.1, n.1, p.23-28, 2008b.
- VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: SIF/UFV, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 1).