

VARIAÇÃO ANATÔMICA RADIAL DO LENHO DE AÇOITA-CAVALO (*Luehea divaricata*) E SUA INFLUÊNCIA NA DENSIDADE APARENTE¹

Eduardo Luiz LONGUI²
Israel Luiz de LIMA³
Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM⁴
Alaor BUFOLO⁵

RESUMO

Variações entre as dimensões e frequências das células da madeira existem entre espécies diferentes, entre indivíduos da mesma espécie ou ainda dentro da mesma árvore nas direções radial e axial. Essa variação influencia diretamente na densidade aparente e conseqüentemente no uso das diferentes madeiras. O presente estudo determinou a variação anatômica radial e sua influência na densidade aparente no lenho de árvores de *Luehea divaricata*, a partir de amostras coletadas no DAP, por meio de método destrutivo. Para a avaliação anatômica e da densidade aparente foram empregadas técnicas usuais em anatomia e propriedades físicas da madeira e os dados tratados estatisticamente. Os resultados revelaram que o diâmetro dos vasos, espessura da parede das fibras e a densidade aparente foram significativamente menores na região da medula, já o lume das fibras foi significativamente maior nesta região, que também apresentou raios mais volumosos. Sugere-se que fibras com paredes mais finas e raios com maior volume na região da medula contribuíram de forma determinante para os menores valores de densidade aparente.

Palavras-chave: *Luehea divaricata*; densidade aparente; células da madeira; variação radial.

ABSTRACT

Variations between the size and frequency of the wood cells occur among different species, trees of the same species or even within the same tree in the radial and axial directions. These variations affect directly the specific gravity and consequently the use of different woods. This study determined the radial anatomical variation and its influence on specific gravity of the wood of *Luehea divaricata* trees, from samples collected on DBH by using destructive method. For the evaluation of anatomical characteristics and specific gravity were employed standard techniques in anatomy and physical properties of wood and the data analyzed statistically. The results revealed significantly lower vessel diameter, fiber wall thickness and specific gravity in pith, fiber lumen was significantly higher in this region, which also showed very large rays. It is suggested that fibers with thinner walls and rays with greater volume in the pith contributed to the lowest values of specific gravity.

Keywords: *Luehea divaricata*; radial variation; specific gravity; wood.

1 INTRODUÇÃO

Com a demanda por produtos florestais crescendo a cada ano, mesmo com a utilização de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, as florestas nativas ainda são fonte importante de matéria-prima (Pinheiro & Carmo, 1993). Dessa forma, é necessário realizar pesquisas com diversas espécies, a fim de se ampliar o conhecimento sobre elas e propor opções para aquelas já consagradas pelos mercados consumidores e que possam estar em risco de extinção. De acordo com Dodd (1984), as tentativas em prever a qualidade da madeira dependem da compreensão das causas da variação em sua estrutura anatômica.

No Brasil, há muitos estudos com madeiras exóticas que observaram a variação radial (Vital & Della Lucia, 1987; Shimoyama, 1990; Florsheim *et al.*, 2000; Rocha *et al.*, 2004). No entanto, são poucos os estudos que avaliaram a variação anatômica em espécies nativas. Um dos empecilhos é, sem dúvida, a obtenção de uma amostragem adequada, uma vez que para estudos mais amplos que avaliem a variação medula-casca, as árvores têm de ser abatidas. Dessa forma, há poucas informações da variabilidade anatômica dentro do tronco no sentido medula-casca e como esta pode influenciar nas outras propriedades da madeira.

(1) Aceito para publicação em julho de 2009.

(2) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: elongui@if.sp.gov.br

(3) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: israeluizde.lima@yahoo.com.br

(4) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: sflorsheim@if.sp.gov.br

(5) Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental, Faculdades Oswaldo Cruz, São Paulo, SP, Brasil. Bolsista FUNDAG. E-mail: alaorbb@hotmail.com

Sabe-se, contudo, que a variação medula-casca na madeira é influenciada pela relação da madeira juvenil próxima à medula e da madeira adulta próxima à casca, uma vez que durante a maturação do lenho ocorrem mudanças progressivas nas características celulares e conseqüentemente nas propriedades da madeira (Panshin & De Zeeuw, 1964; Zobel & Buijtenen, 1989).

Kopač & Šali (2003) mencionam que a variação na estrutura anatômica, e conseqüentemente na densidade e resistência dentro do tronco, interfere na trabalhabilidade da madeira com diferentes ferramentas, que se comportam de maneira distinta ao longo dos anéis de crescimento, uma vez que nestes há duas regiões (lenho primaveril e outonal), sendo estas propriedades decorrentes do arranjo e das dimensões das células.

A proporção das diferentes células na madeira, associada às dimensões de seus lumens e paredes, determina a condutividade hidráulica, curvatura e flexibilidade na árvore viva, bem como a densidade e as propriedades mecânicas após a árvore ser abatida (Rao *et al.*, 1997). É de conhecimento que as células dispostas axialmente apresentam grande variação não apenas entre diferentes espécies ou árvores da mesma espécie, mas também em diferentes alturas ou posição radial na mesma árvore (Honjo *et al.*, 2005). Dessa forma, para tornar mais eficaz o desdobra e o aproveitamento da madeira de cada espécie é necessária a compreensão de como o arranjo e as dimensões das células variam no sentido axial e radial dentro do tronco.

Neste trabalho foram estudadas amostras de *Luehea divaricata* Mart. Malvaceae (Tiliaceae), conhecida popularmente como açoita-cavalo. O gênero *Luehea* possui cerca de 20 espécies na América tropical, a maioria no Brasil. Ocorre naturalmente em quatro regiões brasileiras, com exceção da região Norte. Distribui-se na Floresta Atlântica do sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, em Minas Gerais no vale do Rio Doce, no interior de São Paulo e Mato Grosso (Rizzini, 1986; Brunelli *et al.*, 1997; Carvalho, 2003).

A árvore é caducifólia e quando adulta pode atingir até 30 m de altura e 100 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, a 1,30 cm do solo), possui fuste reto com até 10 m de comprimento, tronco tortuoso com reentrâncias e sapopemas na base, a casca pode ter até 25 mm de espessura, externamente é pardo-acinzentada-escuro, de textura áspera levemente fissurada, com escamas retangulares pequenas,

a casca internamente é avermelhada com estrias esbranquiçadas (Carvalho, 2003). As árvores desse gênero apresentam crescimento rápido e são pouco exigentes quanto ao solo, no entanto, se desenvolvem melhor em solo argiloso (Santos, 1987). Pela suas características de crescimento, é possível plantá-la em campo aberto ou em populações puras, no entanto, a exposição direta à luz pode ocasionar a ramificação precoce interferindo no desenvolvimento do tronco (Reitz *et al.*, 1988), característica que pode ser corrigida com desramas artificiais ou plantio misto.

A madeira de açoita-cavalo é moderadamente pesada, o cerne é bege-claro-amarelado ou rosado, ou levemente acinzentado, ou ainda róseo-pardacento. Apresenta boa trabalhabilidade e acabamento, podendo ser empregada para os mais diversos fins, sendo alguns deles: construção civil leve, móveis, brinquedos, artigos para esportes, cabos de ferramentas, corpo para gaitas (Mainieri *et al.*, 1983; Souza, 1983; Reitz *et al.*, 1988; Brunelli *et al.*, 1997). É interessante destacar que a madeira dessa espécie foi usada por décadas no Sul do país para a produção de móveis vergados (Gatto *et al.*, 2008). Além do uso da madeira, Bighetti *et al.* (2004) mencionam que a casca de açoita-cavalo é utilizada na medicina popular como anti-inflamatório e antirreumático.

Assim, entende-se que essa espécie, se manejada de maneira sustentável, pode oferecer matéria-prima de qualidade para diversos fins. Nesse contexto, a proposta deste trabalho foi estudar a variação anatômica no sentido medula-casca no tronco de *Luehea divaricata* e sua influência na densidade aparente.

2 MATERIALE MÉTODOS

O material de estudo procede do P.E. Cantareira, área de Floresta Ombrófila Densa, situada na cidade de São Paulo (zona norte), estendendo-se entre os municípios de Mairiporã, Caieiras e Guarulhos. Suas coordenadas geográficas são: 23° 22' S e 46° 36' W, com uma área de aproximadamente 5.600 ha. Apresenta precipitação média anual de 1.320 mm e temperatura média anual de 19,9°C. O clima segundo o sistema de classificação de Köppen é do tipo Cfb, temperado sem estação seca (Negreiros *et al.*, 1974; Alceu Jonas Faria, comunicação pessoal).

Amostras em forma de discos foram retiradas de três árvores de *Luehea divaricata* com DAP médio de 16,5 cm, registradas e depositadas na Xiloteca do Instituto Florestal de São Paulo (SPSFw) com os seguintes números: 3542, 3543 e 3544.

As árvores foram identificadas no campo. A partir dos discos, com auxílio de serra de fita foram retiradas amostras em três posições no sentido medula-casca para as análises anatômicas e da densidade aparente (FIGURA 1).

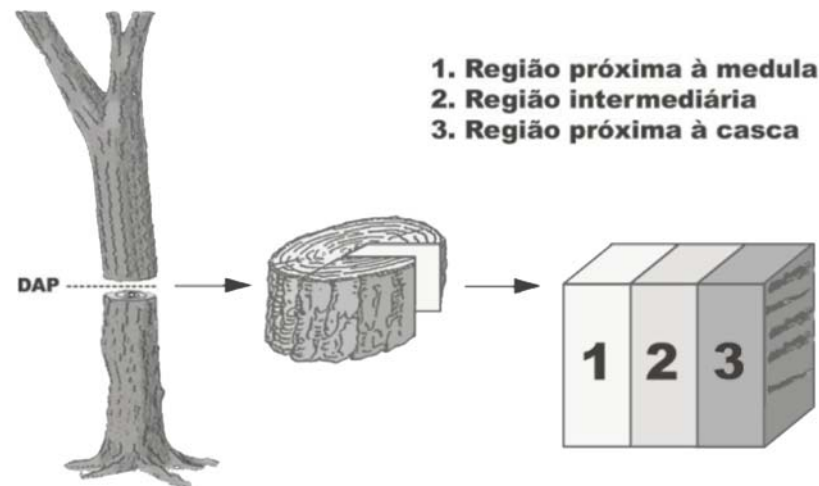


FIGURA 1 – Representação esquemática da retirada dos corpos-de-prova para as análises anatômicas e da densidade aparente.

De cada amostra, corpos-de-prova com cerca de 2 cm³ foram amolecidos por meio do cozimento em água e glicerina na proporção de 4:1 até atingirem a condição ideal para o seccionamento. As secções histológicas foram obtidas em micrótomo de deslize (Leitz 1208), com espessura entre 14 e 25 μm. Secções de cada amostra foram clarificadas por meio da lavagem em hipoclorito de sódio 60% e coradas com safranina aquosa 1% (Johansen, 1940; Sass, 1951). Também foi preparado material dissociado segundo o método de Franklin modificado (Berlyn & Miksche, 1976). Lâminas provisórias foram montadas para as mensurações. Avaliaram-se as características anatômicas sugeridas pelo IAWA Committee (1989). Todas as mensurações foram realizadas em microscópio Olympus modelo BX 50 com software de análise de imagens Image Pro Express versão 4.0.

Para a determinação da densidade aparente, foram preparados quatro corpos-de-prova com cerca de 2 cm³ de cada região, totalizando 12 corpos-de-prova, que tiveram sua massa determinada em balança digital com resolução de 0,5 g. Em seguida, utilizando-se o princípio de Arquimedes e com auxílio de um aparato que forçou os corpos-de-prova a ficarem totalmente submersos, os mesmos foram colocados em um béquer com água para a determinação de seus volumes. Assumindo-se que a densidade da água é de 1000 kg m⁻³, a diferença de massa indicada

na balança forneceu o volume deslocado que corresponde ao volume da amostra (Silveira *et al.*, 1999).

A partir dos valores obtidos foi empregada a expressão (1):

$$\rho_{ap} = \frac{P_u}{V_u} \quad (1),$$

em que:

P_{ap} : densidade aparente, kg m⁻³;

P_u : massa do corpo-de-prova a 15% de umidade, kg, e

V_u : volume do corpo-de-prova a 15% de umidade, m³.

A análise estatística dos resultados foi realizada com auxílio do programa *SigmaStat 3.5* da *SPSS Incorporation*. Para as características anatômicas, um número inicial de 15 mensurações foi estabelecido. Em seguida, realizou-se análise estatística descritiva e a comparação entre as médias e desvios-padrão para testar as diferenças entre os grupos. Com os resultados iniciais, empregou-se o “t-test sample size” para definir o número de mensurações necessárias para se atingir o poder desejado para o teste. Quando necessárias, novas mensurações foram feitas. Em seguida, considerando a distribuição não paramétrica dos resultados foi empregado o teste de Mann-Whitney.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TABELA 1 são apresentados os resultados referentes às características anatômicas e a densidade aparente. Na região da medula encontraram-se vasos de menor diâmetro (86,93 μm). Para as outras características dos vasos, não foram constatadas diferenças estatísticas. Quanto às características dos raios, não houve diferença entre as regiões intermediária e casca, optou-se por não

realizar mensurações dos raios na região da medula, uma vez que esta posição se mostrou muito diferente das demais pela presença de raios fusionados, o que impede a determinação das dimensões exatas dessas estruturas. As fibras das regiões intermediária e casca apresentaram lume de menor diâmetro e paredes mais espessas. A densidade aparente foi menor na região da medula (555 kg m^{-3}), não houve diferença estatística entre as outras duas regiões.

TABELA 1 – Variação radial das características anatômicas e densidade aparente de *Luehea divaricata* Mart.

Características anatômicas	Posição radial		
	1 (medula)	2 (intermediária)	3 (casca)
DV (μm)	86,93 ^b (76,92 - 104,24)	94,29 ^a (84,36 - 104,24)	96,77 ^a (81,88 - 109,29)
CV (μm)	350,06 ^a (311,95 - 382,21)	330,41 ^a (295,06 - 353,48)	351,26 ^a (306,390 - 376,13)
FV ($\text{n}^\circ/\text{mm}^2$)	15 ^a (13,00 - 18,00)	15 ^a (13,00 - 18,00)	15 ^a (12,00 - 18,00)
ARM (μm)		610,91 ^a (536,24 - 659,16)	624,45 ^a (548,57 - 705,76)
ARU (μm)		384,52 ^a (297,50 - 506,41)	504,41 ^a (380,86 - 565,02)
LRM (μm)		68,96 ^a (59,50 - 93,90)	64,41 ^a (59,08 - 75,22)
LRU (μm)		19,70 ^a (1,92 - 22,10)	19,70 ^a (14,77 - 20,31)
FR (μm)		12 ^a (10,75 - 13,00)	12 ^a (11,00 - 13,00)
CF (μm)	1435,67 ^a (1259,37 - 1572,20)	1519,01 ^a (1323,69 - 1629,41)	1406,76 ^a (1224,01 - 1625,25)
DF (μm)	22,06 ^a (18,93 - 24,80)	21,57 ^a (18,81 - 24,05)	21,16 ^a (18,93 - 23,91)
LF (μm)	13,89 ^a (10,66 - 17,82)	12,16 ^b (9,41 - 14,12)	11,64 ^b (9,34 - 13,80)
PF (μm)	3,92 ^b (3,08 - 4,60)	4,73 ^a (4,11 - 5,33)	4,89 ^a (4,13 - 5,37)
ρ_{ap} (kg m^{-3})	555 ^b (530 - 560)	590 ^a (580 - 590)	570 ^a (555 - 610)

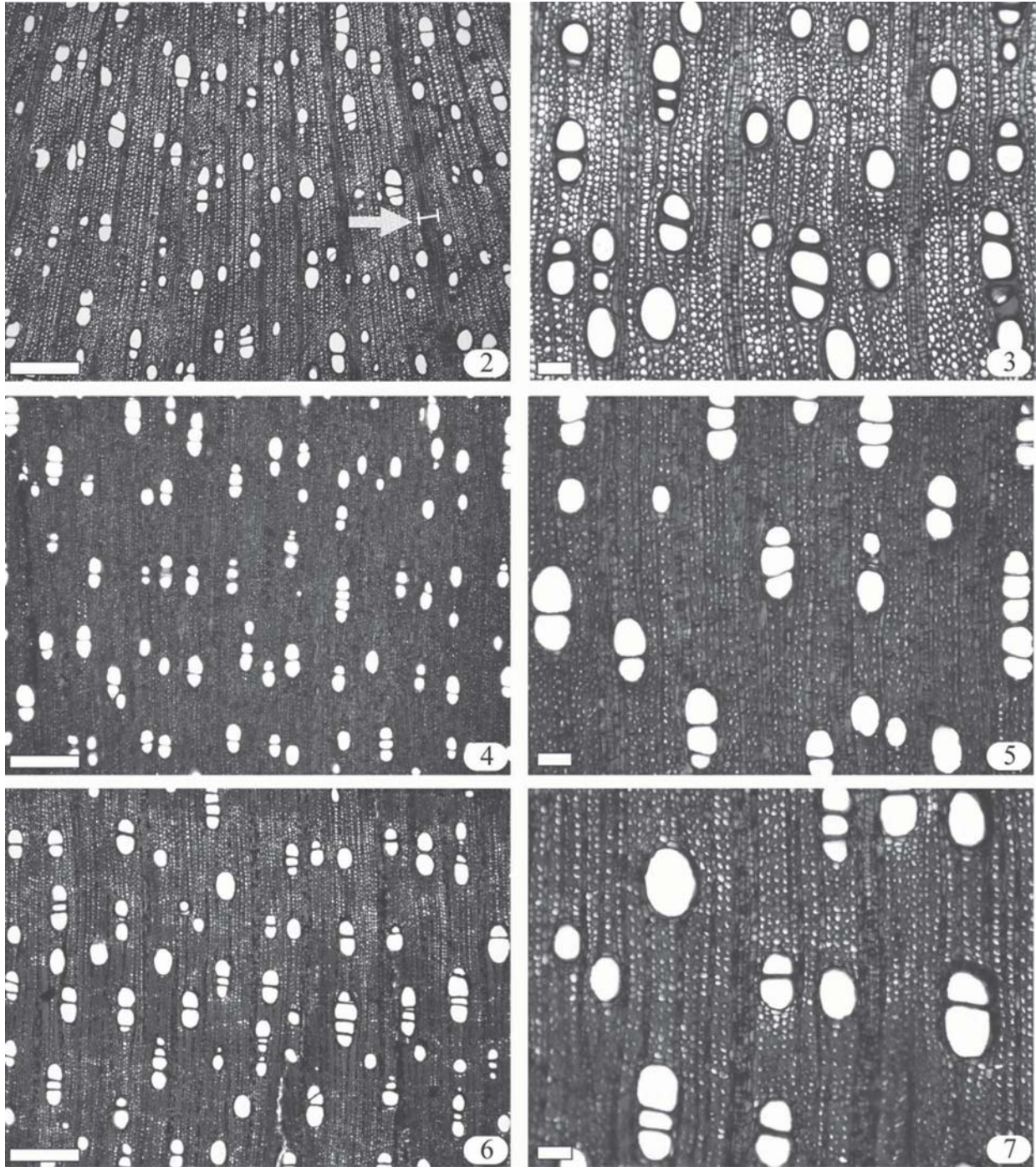
Os valores são apresentados em mediana (p25 – p75). Na mesma linha, valores seguidos de letras distintas diferem estatisticamente em ($p < 0,05$) (Mann-Whitney test). DV = diâmetro dos vasos; CV = comprimentos dos elementos de vaso; FV = frequência de vasos; ARM = altura dos raios multisseriados; ARU = altura dos raios unisseriados; LRM = largura dos raios multisseriados; LRU = largura dos raios unisseriados; FR = frequência dos raios; CF = comprimento das fibras; DF = diâmetro das fibras; LF = lume das fibras; PF = espessura da parede das fibras; ρ_{ap} = densidade aparente.

3.1 Variação Anatômica

Os trabalhos sobre variação radial na anatomia da madeira revelam diferentes padrões dependendo da espécie avaliada. Há espécies que apresentam aumento nas dimensões e frequência das células no sentido medula-casca, em outras há diminuição e em alguns casos praticamente não há variação. Adamopoulos & Vougaridis (2002) observaram aumento no comprimento dos elementos de vaso e no diâmetro dos vasos em direção à casca para *Robinia pseudoacacia*. Resultados semelhantes foram descritos por Urbinati *et al.* (2003) para *Terminalia ivorensis*.

Já Dünisch *et al.* (2004) em *Ilex paraguariensis* encontraram aumento no comprimento dos elementos de vaso, no entanto, o diâmetro não apresentou alteração. Honjo *et al.* (2005), em estudo com *Acacia mangium*, não encontraram variação radial no comprimento dos elementos de vaso. Chagas *et al.* (2007), para *Eremanthus erythropappus* em quatro diferentes classes de diâmetro, encontraram para os vasos aumento no diâmetro e diminuição na frequência no sentido medula-casca. Em *L. divaricata*, para os vasos, apenas o diâmetro mostrou variação, aumentando da medula para a região intermediária e permanecendo estável na casca (FIGURAS 2-7).

LONGUI, E. L. *et al.* Variação anatômica radial do lenho de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e sua influência na densidade aparente.



FIGURAS 2-7 – Fotomicrografias do lenho de *L. divaricata* mostrando as diferentes posições radiais amostradas. 2-3. Secções transversais da região da medula, notar a maior largura dos raios (seta) com relação às outras posições radiais. 4-5. Secções transversais da região intermediária. 6-7. Secções transversais da região próxima à casca, observar a diferença no diâmetro dos vasos entre essa região e a medula.
Escala: FIGURAS 2, 4 e 6 barra = 500 μm ; FIGURAS 3, 5 e 7 barra = 100 μm .

Urbinati *et al.* (2003) observaram maior porcentagem de raios fusionados na região mais próxima à medula, reduzindo em direção ao câmbio. Consequentemente, houve frequência muito reduzida de raios simples próximos à medula, estabilizando em seguida. Para *L. divaricata* foi encontrada situação semelhante, com grande quantidade de raios fusionados na região da medula (FIGURAS 8-13), outra característica observada foi a presença de canais radiais, que ocorreram em maior número na região intermediária (FIGURA 10).

Quanto às dimensões das fibras, Butterfield *et al.* (1993), tanto para árvores crescendo em ambiente natural como para aquelas provenientes de plantio, observaram aumento no comprimento das fibras da medula para a casca. O mesmo resultado foi descrito por Adamopoulos & Vougaridis (2002) e Honjo *et al.* (2005). Já Urbinati *et al.* (2003) encontraram redução no comprimento das células próximas à casca.

Gatto *et al.* (2008) em estudo com *L. divaricata* com DAP superiores a 30 cm, com o objetivo de separar o lenho juvenil do adulto, revelaram que o comprimento das fibras foi a característica que melhor indicou esta separação, já os outros parâmetros não apresentaram significância estatística. Os resultados revelaram que o comprimento das fibras aumentou nos primeiros anos, apresentando estabilização e um pequeno decréscimo com o avanço da idade.

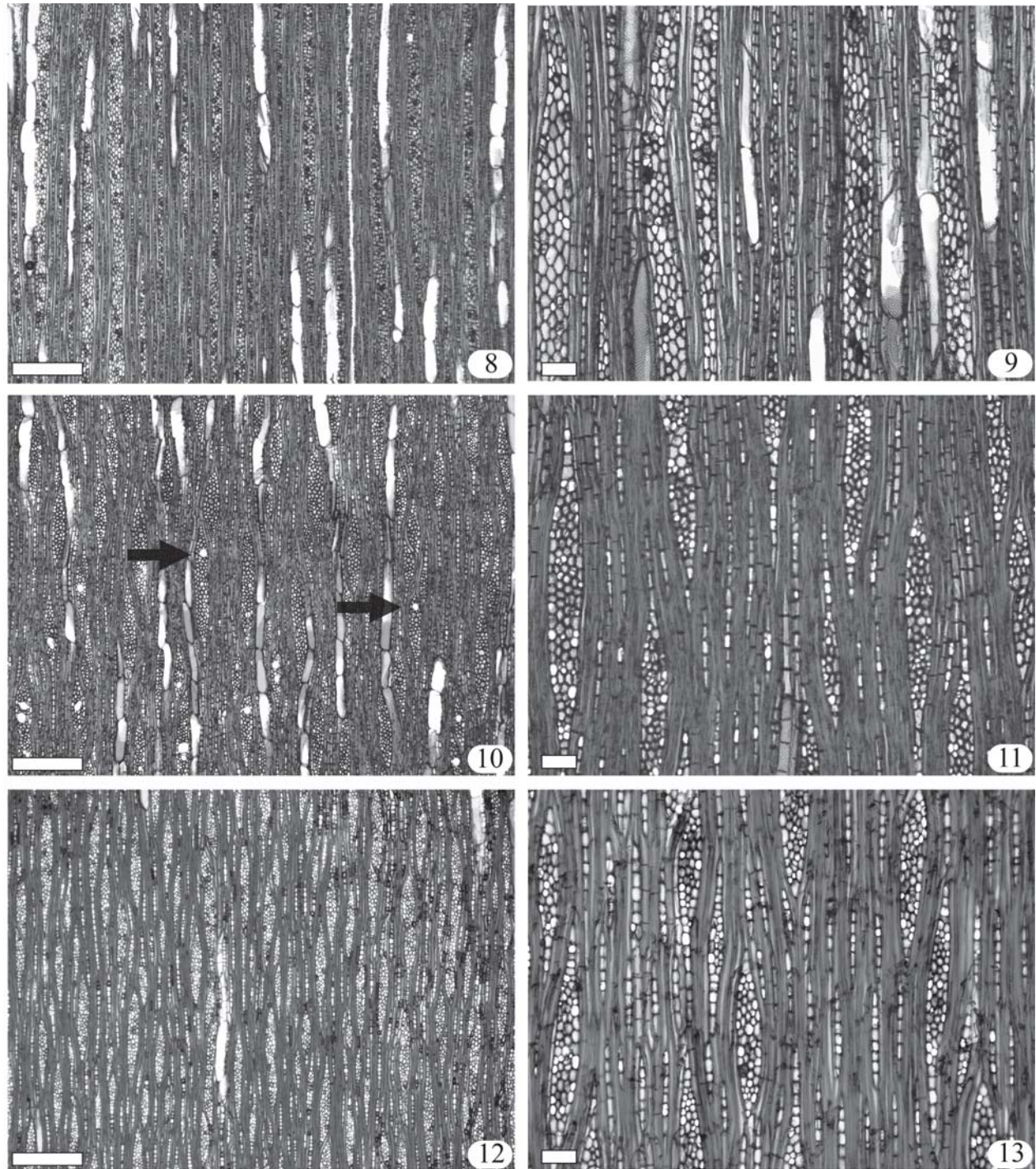
No presente estudo, o comprimento das fibras não apresentou variação estatística, mas as fibras das regiões intermediária e casca apresentaram lume de menor diâmetro e paredes mais espessas. Como as árvores aqui estudadas apresentaram DAP com cerca da metade do estudo acima referido, é possível que se trate de amostras ainda com lenho juvenil. Além disso, as diferenças encontradas para as dimensões das células, também podem ser devidas à amostragem, uma vez que o câmbio responde a variações estacionais, pois segundo Esau (1974), as iniciais fusiformes são em média mais curtas no final da estação de crescimento do que no início.

3.2 Influência da Variação Anatômica sobre a Densidade Aparente

De acordo com Wiemann & Williamson (1988, 1989), a diferença de densidade aparente ou densidade entre as espécies é mais evidente nos climas tropicais do que nos temperados. Apesar disso, os autores mencionam que várias espécies tropicais apresentam madeira relativamente homogênea ao longo das camadas de crescimento. A característica de apresentar aumento radial pode estar ligada ao grupo sucessional, uma vez que espécies pioneiras crescem rapidamente, o que ocasiona madeira mais leve, e quando a árvore atinge a altura necessária para absorver luz satisfatoriamente, ocorre reforço mecânico com aumento na densidade aparente. Parolin (2002) observou aumento na densidade no sentido medula-casca em várias espécies da Amazônia Central, inclusive em várias espécies pioneiras. Embora *L. divaricata*, segundo Durigan *et al.* (2002), seja uma secundária inicial, neste estudo as amostras apresentaram comportamento semelhante, com densidade menor na região próxima à medula, que representa cerca de 1/3 do diâmetro total da árvore.

O estudo das correlações entre a anatomia e propriedades da madeira, como a densidade aparente, é de extrema importância para o conhecimento e indicação de uma ou outra espécie para determinados fins. De acordo com Walker *et al.* (1993), diversas propriedades da madeira decorrem da estrutura anatômica e da orientação das microfibrilas de celulose principalmente nas paredes das fibras.

A densidade aparente é mencionada por muitos autores como uma das propriedades mais importantes da madeira por determinar variações em outras propriedades, sendo usada para estimar comportamentos mecânicos, como a resistência à flexão. As variações de densidade existem entre espécies diferentes, entre indivíduos da mesma espécie ou ainda dentro da mesma árvore nos sentidos radial e axial (Castro *et al.*, 1993; Woodcock & Shier, 2002). Essas variações podem ser explicadas pelas diferenças nas dimensões e frequências das células e suas paredes, além da presença e teor de extrativos (Kollmann & Côté Jr., 1968; Panshin & De Zeeuw, 1964; Rao *et al.*, 1997; Hoadley, 2000).



FIGURAS 8-13 – Fotomicrografias do lenho de *L. divaricata* mostrando as diferentes posições radiais amostradas. 8-9. Secções longitudinais tangenciais da região da medula, observar a diferença na largura e principalmente na altura dos raios com relação às demais posições. 10-11. Secções longitudinais tangenciais da região intermediária, notar a presença de canais radiais (setas). 12-13. Secções longitudinais tangenciais da região próxima à casca. Nestas duas últimas posições é possível distinguir melhor a presença de raios uni e multisseriados.
Escala: FIGURAS 8, 10 e 12 barra = 500 μ m; FIGURAS 9, 11 e 13 barra = 100 μ m.

Denne & Hale (1999), estudando a variação radial da densidade em *Nothofagus nervosa*, encontraram aumento da densidade associada a fibras com paredes mais espessas e vasos de maior diâmetro, situação semelhante à encontrada no presente trabalho. Em *L. divaricata* a densidade aparente foi menor na região da medula, o que pode ser explicado pela presença da maior quantidade de raios (FIGURAS 8-13) e de fibras com paredes mais delgadas (TABELA 1). Fujiwara *et al.* (1991) e Fujiwara (1992), ao estudarem 50 espécies de madeiras japonesas, encontraram forte correlação entre a espessura da parede das fibras, volume e frequência dos raios, com a densidade, sendo que em madeiras mais densas, as fibras apresentam paredes mais espessas e os raios ocorrem com menor frequência e volume. Embora vasos com maiores diâmetros, encontrados nas regiões intermediária e casca, possam contribuir para a diminuição da densidade, uma vez que implicam proporcionalmente em mais espaços vazios, e portanto menos massa, as dimensões dos raios e paredes das fibras influenciaram na variação da densidade aparente nas amostras de *L. divaricata* estudadas. Além disso, é possível que a proporção de vasos em relação ao volume da amostra não influencie significativamente a massa, assim, mesmo com o aumento em diâmetro destes elementos, sua participação no volume total pode ser pequena e o efeito neutralizado pelo aumento da espessura da parede das fibras.

4 CONCLUSÕES

O diâmetro dos vasos, espessura da parede das fibras e a densidade aparente foram significativamente menores na região da medula, já o lume das fibras foi significativamente maior nessa região. Por se apresentarem fusionados, os raios mostraram grandes dimensões na região da medula.

Com base nesses resultados, sugere-se que o maior volume dos raios e a menor espessura da parede das fibras na região da medula contribuíram para a ocorrência dos menores valores de densidade aparente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMOPOULOS, S.; VOULGARIDIS, E. Within-tree variation in growth rate and cell dimensions in the wood of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). **IAWA Journal**, Leiden, v. 23, n. 2, p. 191-199, 2002.
- BERLYN, G. P.; MIKSCHE, J. P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: Iowa University Press, 1976. 1326 p.
- BIGHETTI, A. E. *et al.* Efeitos da administração aguda e subcrônica da *Luehea divaricata* Martius et Zuccarini. **Lecta**, São Paulo, v. 22, n. 1/2, p. 53-58, 2004.
- BRUNELLI, A. A.; LEAL, J. J.; LONGO, F. G. (Coord.). **Madeiras: material para o design**. São Paulo: SCTDE, 1997. 73 p.
- BUTTERFIELD, R. P. *et al.* Radial variation in wood specific gravity, fibre length and vessel area for two central American hardwoods: *Hyeronima alchorneoides* and *Vochysia guatemalensis*: natural and plantation grown trees. **IAWA Journal**, Leiden, v. 14, n. 2, p. 153-161, 1993.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- CASTRO, F.; WILLIAMSON, G. B.; JESUS, R. M. Radial variation in the wood specific gravity of *Joannesia princeps*: the roles of age and diameter. **Biotropica**, Zurique, v. 25, n. 2, p. 176-182, 1993.
- CHAGAS, M. P.; TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C. S. Caracterização macro e microscópica da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*, Asteraceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 156-158, Supl. 1, 2007.
- DENNE, M. P.; HALE, M. D. Cell wall and lumen percentages in relation to wood density of *Nothofagus nervosa*. **IAWA Journal**, Leiden, v. 20, n. 1, p. 23-26, 1999.
- DODD, R. S. Radial and tangential diameter variation of wood cells within trees of *Acer pseudoplatanus*. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 5, p. 253-257, 1984.

- DÜNISCH, O.; REISSMANN, C. B.; OLISZESKI, A. V. Variability of vessel characteristics in xylem of *Ilex paraguariensis* (mate-tree) from south Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 25, n. 4, p. 449-458, 2004.
- DURIGAN, G. *et al.* **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2002. 65 p.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. 284 p.
- FLORSHEIM, S. M. B. *et al.* Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 179-191, 2000.
- FUJIWARA, S. Anatomy and properties of Japanese hardwoods. II: variation of dimensions of ray cells and their relation to basic density. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 13, n. 4, p. 397-402, 1992.
- _____. *et al.* Anatomy and properties of Japanese hardwoods. I: Variation of fibre dimensions and tissue proportions and their relation to basic density. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 12, n. 4, p. 419-424, 1991.
- GATTO, D. A. *et al.* Características tecnológicas das madeiras de *Luehea divaricata*, *Carya illinoensis* e *Platanus x acerifolia* quando submetidas ao vergamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 121-131, 2008.
- HOADLEY, B. **Understanding wood: a craftsman's guide to wood technology**. 2nd ed. Newtown: Taunton, 2000. 280 p.
- HONJO, K.; FURUKAWA, I.; SAHRI, M. H. Radial variation of fiber length increment in *Acacia mangium*. **IAWA Journal**, Leiden, v. 26, n. 3, p. 339-352, 2005.
- IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, p. 219-332, 1989.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.
- KOLLMAN, F. F. P.; CÔTÉ Jr., W. A. **Principles of wood sciences and technology**. Berlin: Springer Verlag, 1968. v. 1.
- KOPAČ, J.; ŠALI, S. Wood: an important material in manufacturing technology. **J. mater. process. technol.**, Dortmund, v. 133, n. 1/2, p. 134-142, 2003.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT: PROMOCET, 1983. 241 p.
- NEGREIROS, O. C. *et al.* **Plano de Manejo para o Parque Estadual da Cantareira**. São Paulo: Instituto Florestal, 1974. 58 p. (Bol. Técn. IF, 10).
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology: structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the United States and Canada**. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1964. 772 p.
- PAROLIN, P. Radial gradients in wood specific gravity in trees of central Amazonian floodplains. **IAWA Journal**, Leiden, v. 23, n. 4, p. 449-457, 2002.
- PINHEIRO, A. L.; CARMO, A. P. T. Contribution to technological research of "canela-azeitona", *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez, a pioneer specie. I. Wood anathomathical characteristics. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 121-145, 1993.
- RAO, R. V.; AEBISCHER, D. P.; DENNE, M. P. Latewood density in relation to wood fibre diameter, wall thickness, and fibre and vessel percentages in *Quercus robur*. **IAWA Journal**, Leiden, v. 18, n. 2, p. 127-138, 1997.
- ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, 2004.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. [S.l.]: Herbário Barbosa Rodrigues: Secretaria da Agricultura e Abastecimento-DRNR, 1988. 525 p.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1986. 296 p.
- SANTOS, E. **Nossas madeiras**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1987. 313 p.
- SASS, J. E. **Botanical microtechnique**. Ames: Iowa State College Press, 1951. 326 p.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Madeira) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVEIRA, V. *et al.* Variação dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 105-124, 1999.

SOUZA, M. R. **Classificação de madeiras para instrumentos musicais.** Brasília, DF: IBDF: DE: LPF, 1983. 21 p. (Série Técnica, 6).

URBINATI, C. V. *et al.* Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev., Combretaceae. **Acta bot. bras.**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 421-437, 2003.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Effect of tree spacing on wood production and wood quality of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* at 52 months. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 1, p. 132-145, 1987.

WALKER, J. C. F. *et al.* **Primary wood processing: principles and practice.** London: Chapman & Hall, 1993. 595 p.

WOODCOCK, D. W.; SHIER, A. D. Wood specific gravity and its radial variations: the many ways to make a tree. **Trees**, Berlin, v. 16, p. 437-443, 2002.

WIEMANN, M. C.; WILLIAMSON, G. B. Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 20, p. 344-349, 1988.

_____. Radial gradients in the specific gravity of wood in some tropical and temperate trees. **Forest Science**, Bethesda, v. 35, p. 197-210, 1989.

ZOBEL, B. J.; BUIJTENEN, J. van. **Wood variation: its causes and control.** Berlin: Springer Verlag, 1989. 363 p.