

Estrutura Anatômica e Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell

Dallyene da Silva Poubel, Rosilei Aparecida Garcia,
João Vicente de Figueiredo Latorraca, Alexandre Monteiro de Carvalho

Departamento de Produtos Florestais – DPF, Instituto de Florestas – IF,
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram determinar a variação das propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell; determinar a variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira pelo método de aquisição e análise de imagens digitais através do *software* CELL^F (Olympus[®]); e determinar as correlações existentes entre as variáveis estudadas. Amostras não destrutivas (baguetas de 20 mm de diâmetro) foram retiradas de árvores com 15 anos de idade e divididas em três posições: cerne, transição cerne/alburno e alburno. As análises estatísticas não indicaram diferenças significativas entre as três posições para nenhuma das variáveis dependentes estudadas, provavelmente devido à predominância de madeira juvenil. A densidade básica mostrou estar mais relacionada às dimensões das fibras (comprimento, largura e espessura de parede) do que aos demais elementos anatômicos. A contração volumétrica tendeu a diminuir com o aumento da largura dos raios e com a redução do comprimento dos vasos, sendo pouco afetada pelos demais elementos anatômicos.

Palavras-chave: contração volumétrica, densidade básica, madeira juvenil.

Anatomical Structure and Physical Properties of *Eucalyptus pellita* F. Muell Wood

ABSTRACT

The objectives of this study were to determine the physical properties variation of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood; to determine the variation dimension of anatomical features through digital image analysis and acquisition method using CELL^F software (Olympus[®]); and to determine the correlations between the studied variables. Nondestructive samples (increment core of 20 mm diameter) were obtained from 15-year-old trees and then divided in three positions: heartwood, transition heartwood/sapwood and sapwood. Statistical analysis showed no significant differences between positions for dependent variables, probably due to the predominance of juvenile wood. Basic density was more correlated to fiber dimensions (length, width and wall thickness) than to other anatomical features. Volumetric shrinkage had a tendency to decrease as ray width and vessel length increased, while it was not affected by other anatomical features.

Keywords: volumetric shrinkage, basic density, juvenile wood.

1. INTRODUÇÃO

A densidade da madeira é um forte indicador de qualidade e uma característica complexa resultante da combinação de diversos fatores. Ela varia entre as espécies, dentro de uma mesma espécie e até dentro de uma mesma árvore nos sentidos radial e axial, sendo influenciada por fatores internos (i.e. posição no tronco, proporção de madeira adulta e juvenil, proporção de cerne e albúrnio) e externos (local de crescimento, condições climáticas e métodos silviculturais) (Chauhan et al., 2006).

Madeiras de alta densidade apresentam proporcionalmente paredes celulares mais espessas e menor volume de lume, apresentando maiores valores de inchamento e contração. Quando a madeira perde água presente nas paredes celulares, abaixo do ponto de saturação das fibras, ela se contrai a um valor proporcional à perda de umidade. A contração volumétrica é, portanto, proporcional ao número de moléculas de água adsorvidas na parede celular, e que, por sua vez, está relacionado ao número de hidroxilas acessíveis na celulose, hemicelulose e lignina e ao volume de parede celular, ou seja, à densidade básica da madeira. As contrações axial, radial e tangencial, que juntas representam a contração volumétrica, são afetadas pelas características estruturais da madeira resistentes à contração, i.e., à quantidade de raios na direção radial, ou pelas características ultraestruturais, i.e., o alinhamento das microfibrilas na direção axial (Spear & Walker, 2006). Segundo estes autores, os raios são um dos fatores responsáveis pela anisotropia na direção transversal, principalmente em espécies como o *Quercus* sp., nas quais o volume de raios pode variar entre 17 e 22% do tecido da madeira.

Almeida (2006) determinou o efeito dos elementos anatômicos na contração de algumas espécies de madeiras de folhosas tropicais e temperadas. Os elementos anatômicos analisados foram a proporção, o diâmetro de lume (máximo e mínimo) e a superfície individual para as seguintes células: elementos de vasos, fibras, raios e parênquima axial. Os resultados mostraram que o diâmetro do lume das fibras constituiu um fator mais importante para explicar a estabilidade dimensional das madeiras estudadas que a densidade. Além disso, o autor

constatou que a dimensão dos vasos foi o parâmetro anatômico que mais afetou o fator de retratibilidade, ou seja, espécies apresentando elementos de vasos de maiores dimensões apresentaram um menor fator de retratibilidade e vice-versa. Arévalo (2002) também observou que as formas dos elementos de vasos e dos raios foram os elementos anatômicos mais importantes na estabilidade dimensional do mogno (*Swietenia macrophylla* King). Estes estudos mostram que as propriedades físicas da madeira, i.e., densidade e contração, podem ser explicadas pela estrutura anatômica peculiar a cada espécie.

As madeiras provenientes de árvores do gênero *Eucalyptus* sp. apresentam uma contração excessiva ocasionando defeitos de secagem, como empenamentos e fendilhamentos (Hillis & Brown, 1978). Neste contexto, este estudo visa contribuir para um melhor entendimento do efeito dos elementos anatômicos nas propriedades físicas da madeira. Portanto, os objetivos deste estudo foram: 1) determinar a variação radial das propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell; 2) determinar a variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira pelo método de aquisição e análise de imagens digitais através do *software* CELL^F (Olympus®); e 3) determinar as correlações existentes entre as variáveis estudadas (propriedades físicas vs. elementos anatômicos).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Amostragem não destrutiva e preparo do material

As amostras de madeira foram obtidas de quatro árvores de *Eucalyptus pellita* F. Muell com 15 anos de idade e provenientes de um plantio localizado no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ. As árvores foram selecionadas aleatoriamente, escolhendo-se as mais representativas de acordo com a classe diamétrica e aparentemente sadias, sendo todas provenientes de um mesmo espaçamento. As amostras foram coletadas através de método não destrutivo com o auxílio de um trado de aço adaptado ao perfurador de madeira STIHL® BT 45. Este equipamento permitiu a retirada de cilindros radiais (baguetas)

com 20 mm de diâmetro e comprimentos de até 200 mm dependendo da profundidade de penetração do trado. O trado consiste em um tubo de metal cilíndrico, oco e estriado em hélice, capaz de produzir uma bagueta à medida que penetra no tronco (Figura 1).

As baguetas foram retiradas à altura do DAP (1,30 m) e divididas em seis subamostras de aproximadamente 30 × 20 mm (comprimento × diâmetro), sendo duas subamostras de cerne (posição 1), duas da transição cerne/alburno (posição 2) e duas de alburno (posição 3) (Figura 2). Foram retiradas somente duas baguetas de cada árvore a fim de não prejudicar seu desenvolvimento, sendo uma bagueta destinada à determinação das propriedades físicas (densidade básica e contração volumétrica) e outra às medições anatômicas.

2.2. Determinação das propriedades físicas

A densidade básica (Db) e a contração volumétrica (βv) da madeira foram determinadas pelas seguintes equações (Equações 1 e 2):

$$Db = M_{seca} / V_{saturado} \tag{1}$$

onde: Db: densidade básica da madeira, g cm⁻³; M_{seca}: massa da madeira seca em estufa à 103 ± 2 °C, g; V_{saturado}: volume saturado do cilindro após imersão em água, cm³.

$$\beta v = (V_u - V_s) / V_u \times 100 \tag{2}$$

onde: βv: contração volumétrica da madeira, %; V_u: volume saturado do cilindro após imersão em água, cm³; V_s: volume do cilindro seco em estufa a 103 ± 2 °C, cm³. Foram efetuadas 24 observações para cada variável, sendo oito observações para cada posição.



Figura 1. Método de amostragem não destrutivo utilizado para obtenção de baguetas de madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. a) Trado adaptado ao perfurador STIHL® BT 45; e b) bagueta obtida pelo método não destrutivo. **Figure 1.** Nondestructive method used to obtain *Eucalyptus pellita* F. Muell wood samples. a) Increment core borer adapted to STIH® BT 45 perforator; and b) Increment core sampling.

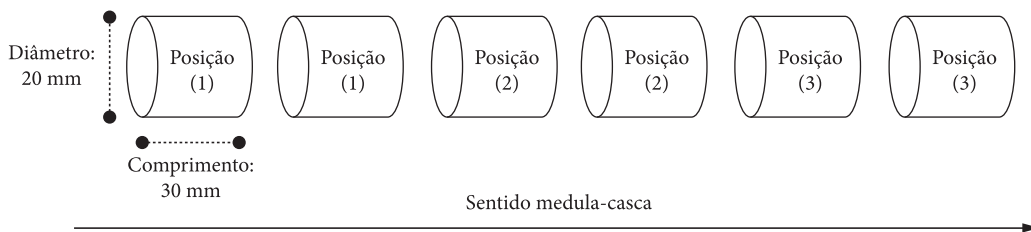


Figura 2. Preparo das subamostras de madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell a partir de uma bagueta. Posições 1, 2 e 3: correspondem à madeira do cerne, transição cerne/alburno e alburno, respectivamente. **Figure 2.** Preparation of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood samples from increment core. Positions 1, 2 and 3: corresponding to heartwood, heartwood/sapwood transition and sapwood, respectively.

2.3. Análises anatômicas

Cortes histológicos das seções transversal e longitudinal tangencial foram produzidos com o auxílio do micrótomo de deslize MICRON HM 450 disponível no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira, Departamento de Produtos Florestais (DPF), Instituto de Florestas (IF), UFRRJ. Imagens digitais foram obtidas com o auxílio de uma câmera digital monocromática XC30 3.0 MP adaptada a um microscópio binocular OLYMPUS® BX 51. A análise das imagens digitais foi realizada com o auxílio do *software* CELL^F (OLYMPUS®) disponível no Laboratório de Química da Madeira (DPF, IF, UFRRJ) visando à mensuração dos seguintes elementos anatômicos: elementos de vasos: largura (L_{vaso}), espessura de parede (Epc_{vaso}) e diâmetro tangencial do lume (DL_{vaso}); e parênquima radial (raios): largura (L_{raio}) e altura (A_{raio}), de acordo com as normas da IAWA Committee (1989).

As mensurações das fibras (espessura da parede celular (Epc_{fibra}), diâmetro do lume (DL_{fibra}), comprimento (C_{fibra}) e largura (L_{fibra})) e do comprimento dos elementos de vasos (C_{vaso}) foram realizadas a partir de material macerado pelo método modificado de Franklin e corado com safranina. Foram realizadas 60 medições para cada subamostra, resultando em 360 observações por árvore para um total de 1080 observações para cada elemento anatômico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Propriedades físicas: densidade básica e contração volumétrica

As análises estatísticas não indicaram diferenças significativas para as propriedades físicas (densidade

básica e contração volumétrica) da madeira de *Eucalyptus pellita* entre as três posições estudadas (cerne, transição cerne/alburno e alburno). Isso se deve provavelmente ao fato das árvores estudadas apresentarem somente 15 anos de idade e, portanto, com predominância de madeira juvenil e uma pequena porção de madeira adulta, próximo à casca, influenciando a tendência observada na direção medula-casca. Entretanto, notou-se uma menor densidade e maior instabilidade dimensional para a madeira do cerne (Tabela 1). De acordo com Chauhan & Walker (2006), a contração é proporcional à densidade da madeira, mas ela é afetada também por outros fatores como o ângulo das microfibrilas da camada S_2 da parede celular, o qual é maior na madeira juvenil, e à maior porcentagem de grã irregular. Do ponto de vista anatômico, as variações de densidade dependem das variações na proporção dos vasos e das dimensões das células da madeira como comprimento, largura, diâmetro do lume e principalmente da espessura de parede das fibras, as quais são afetadas pelas condições externas, sendo, portanto características difíceis de serem avaliadas isoladamente (Panshin & De Zeeuw, 1970).

Os valores de contração encontrados foram diferentes daqueles encontrados para outras espécies de eucalipto. Oliveira & Silva (2003) observaram uma variação na contração no sentido radial da madeira de *Eucalyptus saligna*, com 16 anos de idade, ocorrendo valores menores na região da medula com acréscimo até a região mais periférica do tronco, fato não constatado nos nossos resultados. Estes resultados devem-se não somente às características peculiares de cada espécie como também aos fatores externos, relativos às condições climáticas e tratamentos silviculturais.

A correlação entre a densidade básica e a contração volumétrica da madeira de

Tabela 1. Resultados obtidos para as análises estatísticas descritivas (média e desvio padrão) das propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell.

Table 1. Results obtained for the descriptive statistical analysis (mean and standard deviation) of physical properties of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood.

Posição	Densidade básica, Db (g.cm ⁻³)		Contração volumétrica, β_v (%)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Cerne	0,512	0,11	19,70	6,11
Transição cerne/alburno	0,634	0,01	13,85	2,73
Alburno	0,564	0,05	17,34	4,34
Valor F	3,22 ^{NS}		1,64 ^{NS}	

^{NS}não significativo.

Eucalyptus pellita F. Muell não foi significativa a 95% de probabilidade (Figura 3). Muitos autores atestam que a contração é diretamente proporcional à densidade da madeira (Oliveira & Silva, 2003; Forest Products Laboratory, 1999; Rezende et al., 1998; Kollman & Côté-Junior, 1968). Entretanto, alguns autores encontraram uma baixa correlação entre a densidade e a contração da madeira. Recentemente, Pliura et al. (2005) estudou a variação da densidade, da contração e suas correlações para a madeira de 12 clones de *Populus* sp. e constatou que as madeiras

com densidades mais altas apresentaram uma menor contração longitudinal. Estes resultados mostram que ainda há controvérsias entre as correlações existentes entre estas duas propriedades. A contração da madeira pode ser afetada por vários outros fatores tais como teor de umidade, teor de extrativos, dimensões da peça e taxa de secagem (Forest Products Laboratory, 1999).

3.2. Características anatômicas

As análises estatísticas não mostram diferenças significativas entre as três posições estudadas (cerne, transição cerne/ alburno e alburno) para nenhuma das variáveis anatômicas consideradas (Tabela 2), provavelmente devido à predominância de madeira juvenil nas árvores estudadas, tal como mencionado anteriormente. Entretanto, podemos observar algumas tendências e características tais como apresentadas a seguir.

Fibras: presença de fibras libriformes curtas e fibrotraqueídes. O comprimento das fibras apresentou uma tendência ao aumento no sentido medula-casca com valores médios de 925,1; 1041,6; e 1002,4 μm para cerne, transição alburno/cerne e alburno, respectivamente (Tabela 2). Tais resultados são similares aos encontrados por Tomazello Filho (1987), o qual observou a mesma tendência para árvores de *E. pellita* com 10 anos de idade. A largura e o diâmetro tangencial do lume foram de 19,8; 27,0; e 20,3 μm e de 10,4; 10,4; e 9,6 μm para cerne,

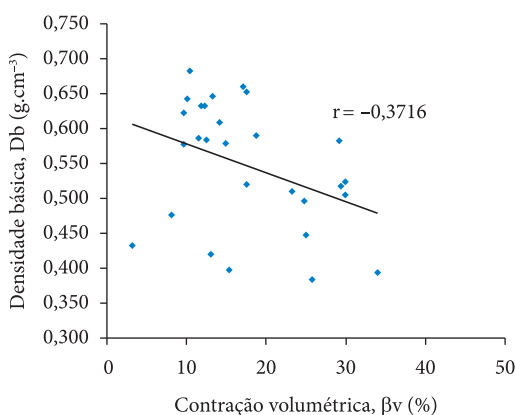


Figura 3. Correlação entre a densidade básica e a contração volumétrica da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell.

Figure 3. Correlation between basic density and volumetric shrinkage of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood.

Tabela 2. Resultados obtidos para as análises estatísticas descritivas (média e desvio padrão) dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell.

Table 2. Results obtained for the descriptive statistical analysis (means and standard deviation) of the anatomical features of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood.

Posição	Fibras				Elementos de vasos				Parênquima radial	
	C _{fibra} (μm)	L _{fibra} (μm)	DL _{fibra} (μm)	Epc _{fibra} (μm)	C _{vaso} (μm)	D _{total vaso} (μm)	Epc _{vaso} (μm)	DL _{vaso} (μm)	A _{raio} (μm)	L _{raio} *
Cerne	925,1 (218,7)	19,8 (3,9)	10,4 (3,8)	4,6 (1,6)	487,8 (123,4)	56,05 (27,5)	3,04 (1,8)	33,35 (22,3)	76,98 (40,3)	1,00 (0,5)
Transição cerne/ alburno	1041,6 (631,6)	27,0 (3,7)	10,4 (3,8)	5,0 (1,5)	460,0 (131,2)	54,68 (18,1)	3,37 (0,9)	48,14 (16,1)	105,63 (48,6)	1,20 (0,6)
Alburno	1002,4 (518,4)	20,3 (3,7)	9,6 (3,6)	5,1 (1,7)	478,0 (115,6)	69,18 (9,4)	3,72 (0,1)	61,75 (9,6)	98,69 (11,3)	1,41 (0,1)
Valor F	2,00 ^{NS}	1,00 ^{NS}	0,71 ^{NS}	1,08 ^{NS}	0,62 ^{NS}	0,91 ^{NS}	0,76 ^{NS}	0,46 ^{NS}	0,99 ^{NS}	1,34 ^{NS}

Variáveis dependentes: C_{fibra}: comprimento de fibra. L_{fibra}: largura ou diâmetro total de fibra. DL_{fibra}: diâmetro do lume de fibra. Epc_{fibra}: espessura de parede de fibra. C_{vaso}: comprimento de vaso. D_{total vaso}: diâmetro tangencial total de vaso. Epc_{vaso}: espessura de parede de vaso. DL_{vaso}: diâmetro de lume de vaso. A_{raio} e L_{raio}: altura e largura de raio, respectivamente. *Largura em número de células. Os valores entre parêntesis referem-se ao desvio padrão. ^{NS}não significativo.

transição alburno/cerne e alburno, respectivamente. As fibras apresentaram parede espessa com valores médios de 4,6; 5,0; e 5,1 μm para cerne, transição alburno/cerne e alburno, respectivamente (Tabela 2).

Elementos de vasos: madeira de porosidade difusa, poros solitários e múltiplos de dois elementos, com forma ovalada a circular, em arranjo oblíquo e radial e com presença de tiloses na madeira do cerne. O comprimento médio dos vasos foi de 475,2 μm . A espessura da parede celular e o diâmetro tangencial do lume mostraram uma tendência ao aumento no sentido medula-casca com valores médios de 3,04; 3,37; e 3,72 μm e 33,35; 48,14; e 61,75 μm para cerne, transição alburno/cerne e alburno, respectivamente. Estes resultados mostram que, à medida que se distancia da medula, as paredes dos elementos de vasos tornam-se mais espessas e os diâmetros maiores. O diâmetro tangencial total médio foi de 59,97 μm . Tomazello Filho (1985)

encontrou vasos com diâmetro tangencial variando de muito pequenos (44 μm) a médios (139 μm), com predominância de médios (99 μm). A Figura 4 apresenta as medições realizadas para o diâmetro tangencial dos vasos através do *software* de análise de imagem digital CELL^F.

Parênquima radial (raios): unisseriados ou multisseriados (largura de duas células), com altura média de 76,98; 105,63; e 98,69 μm para cerne, transição alburno/cerne e alburno, respectivamente (Figura 5). Os valores encontrados por Tomazello Filho (1985) para a altura média dos raios foram superiores (321 μm) àqueles encontrados em nosso estudo.

Traqueídes vasculares: presentes.

Parênquima axial: paratraqueal aliforme, vasicêntrico, escasso e confluyente, e apotraqueal difuso.

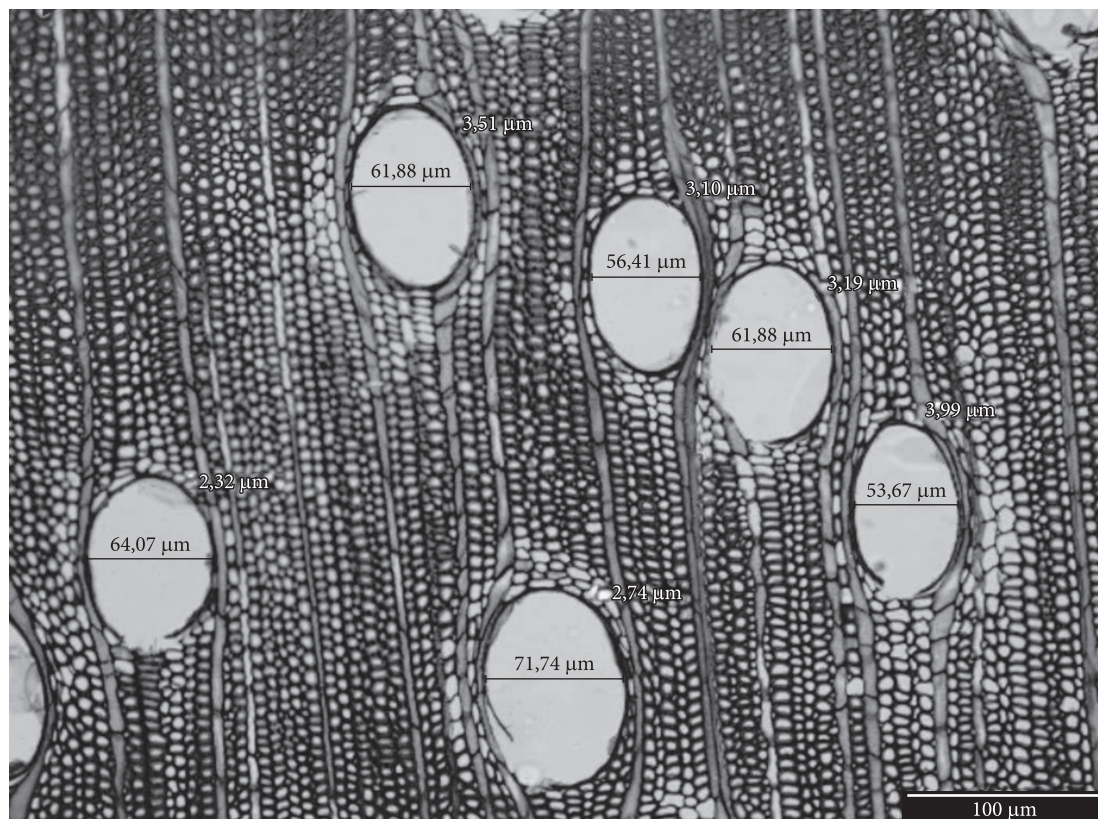


Figura 4. Seção transversal da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell indicando a mensuração do diâmetro tangencial do lume dos elementos de vasos através do *software* de análise de imagem digital CELL^F (Olympus[®]).

Figure 4. Transversal section of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood indicating the measurement of the lumen tangential diameter of vessels through CELL^F (Olympus[®]) digital image analysis software.

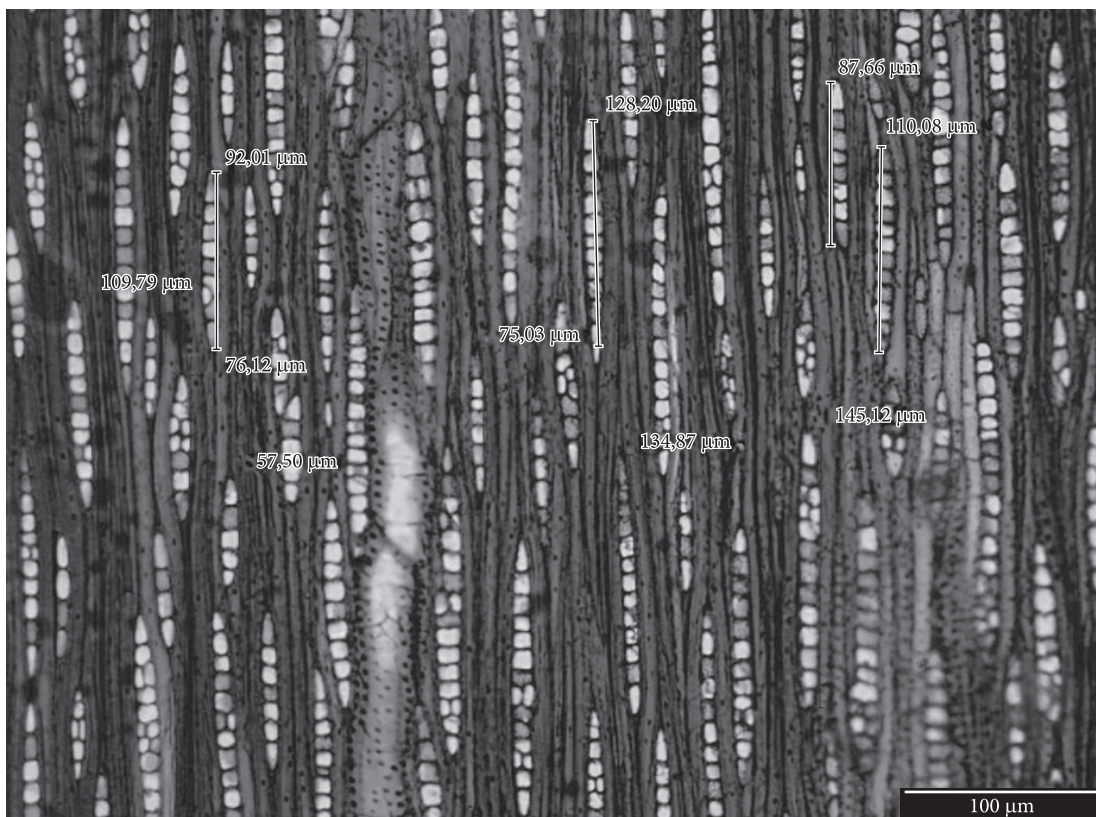


Figura 5. Seção longitudinal tangencial da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell indicando a mensuração da altura dos raios através do software de análise de imagem digital CELL^F (Olympus®).

Figure 5. Tangential longitudinal section of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood indicating the ray height measurement through CELL^F (Olympus®) digital image analysis software.

3.3. Correlações entre as propriedades físicas e os elementos anatômicos

A densidade não apresentou correlações significativas com os elementos anatômicos (Tabela 3). Entretanto, esta propriedade mostrou estar mais correlacionada com as dimensões das fibras tal como comprimento, largura e espessura de parede do que com as dimensões dos elementos de vasos e raios. Estes resultados são similares àqueles encontrados por Almeida (2006).

A contração volumétrica também não apresentou correlações significativas com os elementos anatômicos. Entretanto, algumas tendências foram observadas, ou seja, um aumento na contração com o aumento do comprimento de vasos e a redução da largura dos raios. Estes resultados estão de acordo com as observações de Spear & Walker (2006).

A ausência de correlações significativas entre as propriedades físicas e a estrutura anatômica da madeira pode ter ocorrido devido ao fato das árvores estudadas apresentarem pouca idade (15 anos) com predominância de madeira juvenil e, portanto, com pouca variação de densidade. Sendo assim, estudos com árvores mais velhas (20-30 anos) são recomendados a fim de confirmar as tendências obtidas neste estudo.

Quanto aos elementos anatômicos, as seguintes correlações foram observadas entre eles: $DL_{\text{vaso}} \times D_{\text{total vaso}}$: uma correlação positiva ($r = 0,9917^{**}$, $p < 0,01$) foi observada entre o diâmetro do lume e o diâmetro total do vaso; $A_{\text{raio}} \times Epc_{\text{vaso}}$: uma correlação positiva ($r = 0,6837^*$, $p < 0,05$) foi observada entre a altura dos raios e a espessura de parede dos vasos; e $L_{\text{raio}} \times A_{\text{raio}}$: uma correlação positiva ($r = 0,7539^*$, $p < 0,05$) foi observada entre a largura e a altura dos raios (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas e os elementos anatómicos da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell.
Table 3. Pearson's correlation between physical properties and anatomical features of *Eucalyptus pellita* F. Muell wood.

	Db	β_V	C _{fibra}	L _{fibra}	DL _{fibra}	Epc _{fibra}	C _{vaso}	D _{total vaso}	Epc _{vaso}	DL _{vaso}	A _{raio}	L _{raio}
Db	1											
β_V	-0,3716	1										
C _{fibra}	0,3551	-0,1079	1									
L _{fibra}	0,3953	-0,4209	0,2281	1								
DL _{fibra}	0,0497	0,3339	-0,0959	-0,2061	1							
Epc _{fibra}	0,3424	-0,1478	-0,3216	0,0163	-0,4953	1						
C _{vaso}	-0,0925	0,5902	0,2205	-0,1166	0,3509	-0,3809	1					
D _{total vaso}	0,1185	0,2076	0,5431	-0,2808	-0,3719	0,3121	0,5252	1				
Epc _{vaso}	-0,0503	-0,2844	0,1121	-0,6021	-0,2694	0,0688	-0,3552	0,2635	1			
DL _{vaso}	0,1072	0,2530	0,5315	-0,2254	-0,3680	0,3484	0,5520	0,9917**	0,1503	1		
A _{raio}	0,1511	-0,1468	0,1942	-0,3667	-0,1137	-0,0693	0,2845	0,5760	0,6837*	0,4776	1	
L _{raio}	0,3172	-0,6076	0,3788	0,1578	-0,4122	0,0096	0,1227	0,5063	0,4141	0,4436	0,7539*	1

Db: densidade básica. β_V : contração volumétrica. C_{fibra}: comprimento de fibra. L_{fibra}: largura ou diâmetro total de fibra. DL_{fibra}: diâmetro do lume de fibra. Epc_{fibra}: espessura de parede de fibra. C_{vaso}: comprimento de vaso. D_{total vaso}: diâmetro tangencial total de vaso. Epc_{vaso}: espessura de parede de vaso. DL_{vaso}: diâmetro de lume de vaso. A_{raio} e L_{raio}: altura e largura de raio, respectivamente. *Significativo a 95% de probabilidade. **Significativo a 99% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES

- 1) Os resultados não indicaram diferenças significativas entre as três posições estudadas (cerne, transição cerne/alburno e alburno) para a densidade básica e a contração volumétrica da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell., provavelmente devido à predominância de madeira juvenil.
- 2) A correlação entre a densidade básica e a contração volumétrica da madeira não foi significativa.
- 3) As análises estatísticas não mostraram diferenças significativas entre as três posições para as estruturas anatômicas consideradas neste estudo. Entretanto, algumas tendências puderam ser observadas:
 - o comprimento das fibras aumentou no sentido medula-casca com valores médios de 925,1; 1041,6; e 1002,4 μm para cerne, transição alburno/cerne e alburno, respectivamente;
 - a espessura da parede e o diâmetro tangencial do lume dos elementos de vasos aumentaram no sentido medula-casca com valores médios de 3,04; 3,37; e 3,72 μm e 33,35; 48,14; e 61,75 μm para as três posições, respectivamente. Estes resultados mostraram que, à medida que se distancia da medula, as paredes dos elementos de vasos tornam-se mais espessas e os diâmetros maiores.
- 4) A densidade básica mostrou estar mais correlacionada às dimensões das fibras tal como comprimento, largura e espessura de parede, do que dos demais elementos anatômicos.
- 5) A contração volumétrica tendeu a diminuir com o aumento da largura dos raios e a redução do comprimento dos vasos, sendo pouco afetada pelos demais elementos anatômicos.
- 6) Recomendam-se estudos futuros para árvores mais velhas, contendo maior proporção de madeira adulta, a fim de verificar as tendências observadas neste estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) concedido através do Projeto INST N° E-26/170.317/2007 e ao PROIC/DPPG/UFRRJ a bolsa de Iniciação Científica concedida à primeira autora.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 16/03/2010

Aceito: 06/04/2011

Resumo publicado online: 13/04/2011

Artigo completo publicado: 30/06/2011

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Dallyene da Silva Poubel

Departamento de Produtos Florestais – DPE,
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ, BR 465, Km 7, Campus Universitário,
CEP 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil
e-mail: dallyenepoubel@hotmail.com

REFERÊNCIAS

- Almeida G. *Influence de la structure du bois sur ses propriétés physico-mécaniques à des teneurs en humidité élevées* [tese]. Québec: Université Laval; 2006.
- Arévalo RL. *Influence des composantes secondaires et de la structure anatomique sur les propriétés physico-mécaniques du bois d'acajou (Swietenia macrophylla King)* [tese]. Québec: Université Laval; 2002.
- Chauhan SS, Donnelly R, Huang C-L, Nakada R, Yafang Y, Walker J. Wood Quality: in Context. In: Walker JCF. *Primary Wood Processing Principles and Practice*. 2nd ed. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand: Springer; 2006.
- Chauhan SS, Walker JCF. Variations in acoustic velocity and density with age, and their interrelationships in radiata pine. *Forest Ecology and Management* 2006; 229:388-394. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2006.04.019>
- Forest Products Laboratory. *Wood Handbook - Wood as an Engineering Material*. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 1999.
- Hillis WE, Brown AG. *Eucalypts for wood production*. Melbourne: CSIRO; 1978.
- IAWA Committee, Wheeler EA, Baas P, Gasson PE, editores. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. *IAWA Bulletin* 1989; 10(3):219-332.
- Kollman FFP, Côté-Junior WA. *Principles of Wood Science and Technology: I wood solid*. Berlin: Springer-Verlag; 1968.

Oliveira JTS, Silva JC. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. *Revista Árvore* 2003; 27(3):381-385.

Panshin AJ, De Zeeuw C. *Textbook of wood technology*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 1970.

Pliura A, Qibin Y, Zhang SY, Mackay J, Périnet P, Bousquet J. Variation in Wood Density and Shrinkage and Their Relationship to Growth of Selected Young Poplar Hybrid Crosses. *Forest Science* 2005; 51(5):472-482.

Rezende MA, Saglielli JRC, Guerrini IA. Estudo das interrelações entre umidade, densidade e retratibilidade da madeira de *Pinus caribaeae* var. *hondurensis* aos 8

anos de idade. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais* 1998; 48/49:113-141.

Spear M, Walker J. Dimensional Instability in Timber. In: Walker J. *Primary Wood Processing: principle and practice*. 2nd ed. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury, Springer; 2006.

Tomazello Filho M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no Brasil. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais* 1985; 29:25-36.

Tomazello Filho M. Variação radial da densidade básica e estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus acmenioides*. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais* 1987; 36:35-42.