

# CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA ANATÔMICA, DENSIDADE BÁSICA E MORFOLOGIA DE CAVACOS DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* PARA A PRODUÇÃO DE PAINÉIS MDF<sup>1</sup>

Ugo Leandro Belini<sup>2</sup>, Mario Tomazello Filho<sup>3</sup>, Matheus Perez Chagas<sup>2</sup> e Carlos Tadeu dos Santos Dias<sup>4</sup>

**RESUMO** – O aumento na produção dos painéis “Medium Density Fiberboard” (MDF) confeccionados com madeira de espécies de *Eucalyptus* spp de rápido crescimento evidencia a necessidade da caracterização dos seus componentes celulares, da densidade básica e da morfologia de cavacos. Com esse objetivo, foram coletadas três amostras de cavacos de madeira de árvores de *Eucalyptus grandis*, na linha de produção de indústria de painel. Em laboratório, os cavacos foram dissociados por maceração, para a avaliação das dimensões das fibras e dos vasos; determinou-se a densidade básica dos cavacos, bem como se caracterizaram a sua espessura e morfologia. Os resultados indicaram valores médios de 1005-19,7-11,8-3,9  $\mu\text{m}$  para o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura média da parede das fibras, respectivamente. A densidade básica da madeira foi de 0,432 g/cm<sup>3</sup> e a espessura dos cavacos, de 4,36 mm. Os valores médios de retenção dos cavacos foram de 0,9-16,9-44,5-30,7-6,1-0,9% nas peneiras 40, 25, 16, 8, 3,35 mm e fundo, respectivamente, sendo 75,2% retidos nas peneiras de 16-8 mm de abertura. Os resultados das análises anatômicas e morfológicas dos cavacos de madeira foram discutidos e comparados com informações da literatura especializada e correlacionados com o processo produtivo de chapas MDF.

Palavras-chave: Anatomia da madeira, densidade básica, cavacos de madeira, fibra, painel MDF e *Eucalyptus grandis*

## CHARACTERIZATION OF WOOD ANATOMY, BASIC DENSITY AND MORPHOLOGY OF EUCALYPTUS GRANDIS CHIPS FOR MDF PRODUCTION

**ABSTRACT** – The increase of the MDF panels (Medium Density Fiberboard) production by the use of the fast growing eucalypt wood species it evidences the need of the characterization of the cellular components, basic density and the chips morphology. With this aim 3 samples of wood chips of *Eucalyptus grandis* trees were collected, in the production line of panel industry. In laboratory, the wood chips were dissociated by maceration for the evaluation of the fiber and vessels dimensions; the wood basic density was determined and the thickness and morphology were characterized. The results indicated mean values of 1005-19,7-11,8-3,9  $\mu\text{m}$  for the fiber length, width, diameter and wall thickness, respectively. The wood basic density was 0,432 g/cm<sup>3</sup> and the chip thickness of 4,36 mm. The mean values of chips retention were of 0,9-16,9-44,5-30,7-6,1-0,9% in the sieves 40, 25, 16, 8, 3,35 mm and bottom, respectively, being 75,2% retained in the sieves of 16-8 mm. The results of the anatomical and morphological analyses of the wood chips were discussed and compared with the specialized literature and its relationship with the productive process to MDF panels.

Keywords: Wood anatomy, basic density, wood chips, fiber, MDF panel and *Eucalyptus grandis*.

<sup>1</sup> Recebido em 25.04.2007 e aceito para publicação em 19.05.2008.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais da ESALQ/USP. E-mail: <ulbelini@esalq.usp.br> e <mpchagas@esalq.usp.br>.

<sup>3</sup> Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. E-mail: <mtomazel@esalq.usp.br>.

<sup>4</sup> Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP. E-mail: <ctsdias@esalq.usp.br>.



## 1. INTRODUÇÃO

A caracterização dos cavacos de madeira de *Eucalyptus* spp constitui-se em uma das mais importantes etapas do monitoramento do ciclo de produção dos painéis MDF não havendo, no entanto, uma especificação padrão para determinar suas dimensões. Atualmente, verificam-se variações nas unidades industriais, com a Metso Paper (2007) recomendando as dimensões de 4,1 x 24,2 x 43,4 mm (espessura, largura, comprimento) em artigo publicado sobre um equipamento para controle da qualidade dos cavacos para painéis MDF.

Com o processamento e transformação das toras de madeira em cavacos no picador, segue-se o controle da distribuição das dimensões (comprimento-largura-espessura) que se constitui no parâmetro de qualidade da conversão madeira-cavacos (CASEY, 1980). Notadamente a espessura dos cavacos de madeira pode exercer grande influência na efetividade da etapa de aquecimento, tornando a lignina plástica e promovendo a separação das células da madeira na região da lamela média nos discos de refinação.

A densidade da madeira constitui-se, da mesma forma, em importante parâmetro de controle estando diretamente correlacionada à conversão m<sup>3</sup> madeira / m<sup>3</sup> MDF, indicando-se variações de 0,3-0,5 g/cm<sup>3</sup> na seleção das espécies desejáveis para a manufatura de painéis de fibras MDF, propiciando uma prensagem com um bom contato entre as fibras (MALONEY, 1989).

Da mesma forma, torna-se fundamental obter-se o conhecimento da estrutura anatômica do lenho por meio da análise das suas células, tendo Riedl e Park (2006) relatado a existência de poucos estudos sobre a influência das fibras no desempenho dos painéis, em comparação aos estudos relacionados com as propriedades do papel. No Brasil, Alzate (2004) determinou no lenho de clones de *Eucalyptus grandis*, de oito anos, fibras com 1030 x 20,99 x 9,58 x 5,7 m (comprimento, largura, diâmetro de lume, espessura da parede, respectivamente) e 0,46 g/cm<sup>3</sup> de densidade básica.

Pelo exposto, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização dos componentes celulares, a determinação da densidade básica e das dimensões dos cavacos de madeira de *Eucalyptus grandis* utilizados no processo de fabricação de chapas MDF.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Espécie de eucalipto e obtenção dos cavacos

Foram utilizadas árvores de plantações de *Eucalyptus grandis*, com 6,9 anos, em 1ª rotação, no espaçamento de 3,0 x 1,5 m, das Fazendas Água Bonita e Rio Claro, nos municípios de Botucatu e de Lençóis Paulista, SP, de propriedade da empresa Duratex S.A. As árvores são oriundas de material genético seminal proveniente de pomar de sementes clonal. As toras com 6,0 m de comprimento e 25 dias após corte foram transportadas para o pátio de estocagem da planta de fabricação no município de Botucatu, SP. Em seguida, foram transformadas em cavacos, os quais foram armazenados no silo de estocagem, mantido com um volume mínimo, assegurando que a madeira processada fosse imediatamente utilizada na linha de produção.

### 2.2. Coleta das amostras de cavacos e análises estatísticas

No processo industrial os cavacos de madeira são separados em peneiras classificatórias com malha superior a 40 mm (retendo os mais espessos que são re-processados para menores dimensões e retornam à peneira classificatória) e inferior a 3 mm de abertura (passagem de cavacos finos, utilizados como biomassa e fonte de energia). Todos os cavacos de madeira retidos entre as duas malhas seguem para o processo produtivo, quando se procedeu à coleta de seis amostras de 3 kg/cavacos em intervalos de 15 min (identificadas como 1, 2, 3).

Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa SAS (INSTITUTE INC - SAS, 1997) e os dados foram analisados considerando o delineamento inteiramente aleatorizado. Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) e, quando detectado efeito significativo, aplicou-se o teste de Tukey a 95% de probabilidade para a comparação entre as médias dos tratamentos.

### 2.3. Caracterização da estrutura anatômica e dimensional dos cavacos de madeira

#### 2.3.1. Avaliação das dimensões dos vasos

Nas amostras foram coletados aleatoriamente cavacos de madeira e cortadas seções transversais para a montagem de lâminas histológicas semipermanentes, conforme Johansen (1940) e Sass (1951). Em cada seção transversal foi coletada uma imagem digital do lenho através de microscópio óptico acoplado

à câmera CCD (25x ampliação) para a determinação do número total, frequência, diâmetro tangencial, % de área ocupada pelos vasos e área total da imagem (Figura 1 A, B), aplicando-se o programa de análise de imagem SAIM (RIBEIRO, 2002) e as equações 1 e 2.

$$\text{Porcentagem de vasos} = \frac{\text{Área total de poros}}{(\text{Largura} * \text{altura})_{\text{da foto digital}}} * 100$$

$$\text{Frequência de vasos}_{(\text{vasos/mm}^2)} = \frac{\text{Quantidade de vasos}}{(\text{Largura} * \text{altura})_{\text{da foto digital}}}$$

### 2.3.2. Avaliação das dimensões das fibras

Os cavacos de madeira coletados aleatoriamente das amostras foram dissociados através do método de Franklin, conforme Johansen (1940) e Sass (1951) e, em microscópio óptico com câmara digital CCD, foram coletadas as imagens das fibras. Foram mensurados o comprimento (33 fibras/lâmina: Figura

2A), a largura e o diâmetro do lume (25 fibras/lâmina: Figuras 2 B, C), conforme as normas da IAWA-Committee (1989). Para o cálculo da espessura da parede da fibra utilizou-se seguinte equação:

$$Ep = \frac{Lg - DI}{2}$$

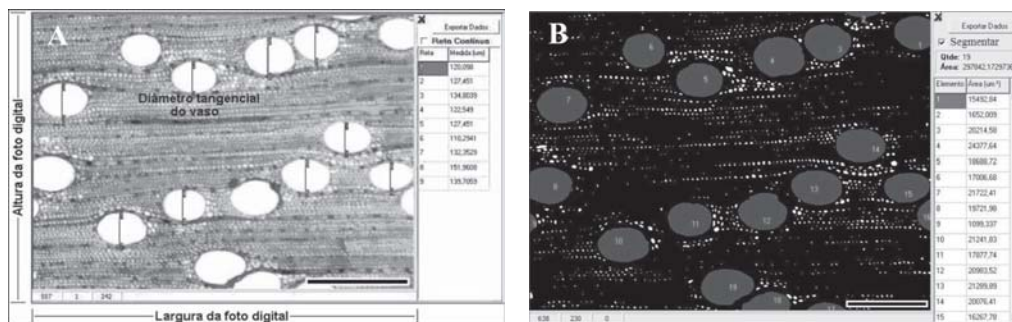
Ep: espessura da parede (µm)

Lg: largura (µm)

DI: diâmetro do lume (µm)

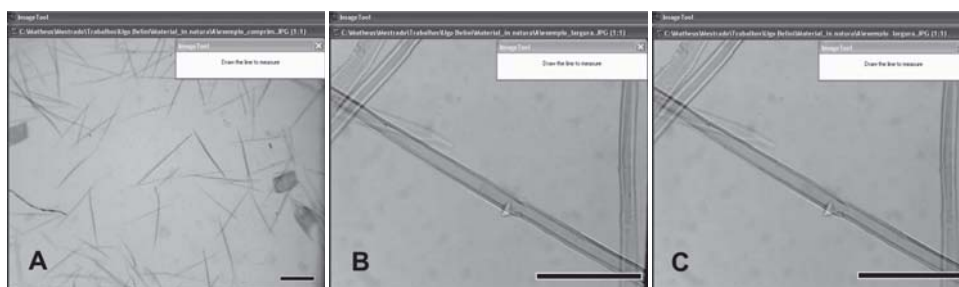
### 2.3.3. Determinação da densidade básica dos cavacos de madeira

Para cada uma das amostras de cavacos de madeira foram coletadas 12 frações (200 g de cavacos cada), acondicionadas em sacos de rede de fios de nylon, mantidas em água até a sua saturação completa, e determinada a densidade básica pelo método de Máximo Teor de Umidade (MTU) (SMITH, 1954):



**Figura 1** – Seção transversal do lenho de cavaco de eucalipto. A- determinação do número total e do diâmetro tangencial dos vasos; e B- determinação da área ocupada pelos vasos. Barra = 300 µm.

**Figure 1** – Cross section of eucalypt wood chips. A- determination of number and tangential diameter of vessels ; B- determination of the area occupied by vessels. Bar = 300 µm.



**Figura 2** – Avaliação das dimensões das fibras do lenho de cavacos de eucalipto. A - comprimento (barra: 500 µm), B - largura e C - diâmetro do lume (barra: 100 µm).

**Figure 2** – Evaluation of the fiber dimension of eucalypt wood chips - A - length (bar: 500 µm), B - width and C - lumen diameter (bar: 100 µm).

$$Db = \frac{1}{\frac{Pt}{Ps} - 0,346}$$

em que:

Db = densidade básica (g/cm<sup>3</sup>) (g/cm<sup>3</sup>);

Pt = massa saturada em água (g); e

Ps = massa seca (g) (estufa 105 ± 3 oC).

#### 2.3.4. Classificação granulométrica dos cavacos (% retenção)

Cavacos de madeira das 3 amostras foram transferidos para a peneira superior do equipamento Granutest (abertura 40) e acoplada com as demais peneiras (25; 16; 8; 3,35 mm e fundos) ao equipamento vibratório Produtest. Após 10 min de vibração determinou-se a massa e a % de retenção dos cavacos nas diferentes peneiras. Foram feitas 18 análises granulométricas referentes as 6 sub-amostras de cavacos de madeira, com 3 repetições (BELINI, 2007).

#### 2.3.5. Determinação da espessura média dos cavacos (mm)

Foram coletados cavacos de madeira para cada peneira vibratória em relação ao % de retenção (ex.: em uma peneira com 42% de retenção foram coletados aleatoriamente 42 cavacos). A espessura de 100 cavacos de madeira/subamostra ou de 600 cavacos/amostra (total de 1800 cavacos) foi mensurada com paquímetro digital (BELINI, 2007).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização microscópica da madeira

Os valores dimensionais dos elementos de vaso da madeira dos cavacos de *Eucalyptus grandis*, coletados nas três amostras, não foram significativos, sendo de 11,8 vasos/mm<sup>2</sup>, 105,4 µm e 10,3 % para a frequência, diâmetro e % de área ocupada pelos vasos, respectivamente (Quadro 1). A literatura reporta valores próximos para a madeira da espécie, como Oliveira (1997), determinando a frequência de 18-11 vasos/mm<sup>2</sup> da região próxima à medula até a próxima à casca, demonstrando a existência de variação radial. Da mesma forma, Alzate (2004) verificou para clones da espécie, a frequência

e diâmetro de vasos entre 9-14 / mm<sup>2</sup> e de 106 µm, respectivamente.

Os elementos de vaso desempenham no lenho funcional das árvores (alburno) a função de condução de seiva mineral das raízes até a sua copa; nos cavacos de madeira são elementos anatômicos importantes na difusão do vapor de água no processo de aquecimento, anterior a etapa de desfibramento.

As dimensões das fibras dos cavacos de *Eucalyptus grandis* não apresentaram diferenças estatísticas (Quadro 2), exceto para a espessura da parede, indicando uma similaridade da estrutura anatômica. Considerando-se as amostras 1-2-3, os valores médios foram de 1005-19,7-11,8-3,9 µm para o comprimento, largura, diâmetro do lume e da espessura da parede, respectivamente. Apesar de a espessura da parede ser dependente dos valores da largura e do diâmetro do lume, houve diferença significativa na amostra de no. 3. Diversos autores, como Silva et al. (2005), verificaram valores de 1000 µm para o comprimento das fibras de eucalipto. Foram verificadas variações no comprimento das fibras de 0,6-1,32 mm para a espécie, conforme Tomazello Filho (1985ab) e Andrade et al. (1994). Em clones da espécie, Alzate (2004) mensurou fibras com 670-1230, 7,7-22,8, 6,3-10,7 e 3,6-7,6 µm (comprimento, largura, diâmetro do lume, espessura da parede, respectivamente). As variações reportadas podem ser atribuídas à posição radial e à idade das árvores das árvores de *E. grandis*.

#### 3.2. Densidade básica dos cavacos de madeira

A densidade básica dos cavacos foi de 0,432, 0,432 e 0,433 g/cm<sup>3</sup>, nas amostras 1-3, respectivamente (Quadro 3), sem existência de diferença estatística, demonstrando a homogeneização do lote de cavacos no silo em relação às variações de densidade da madeira existentes ao longo do fuste das árvores. Os valores da densidade básica foram inferiores aos determinados por Alzate (2004) para árvores da espécie, aos 7 anos, e similares aos apresentados por Tomazello Filho (1985ab) para o *E. grandis*. Esse parâmetro de qualidade da madeira é importante na produção de painéis MDF por estar diretamente relacionado ao fator de conversão m<sup>3</sup> madeira/m<sup>3</sup> MDF: a utilização de madeira de maior densidade resulta em menor consumo de madeira para uma mesma densidade final do painel.

**Quadro 1** – Dimensões dos elementos de vaso nos cavacos de eucalipto*Table 1 – Vessel elements dimension of eucalypt wood chips*

Amostra (Nº)	Elementos de vaso		
	Freqüência (nº/mm <sup>2</sup> )	Diâmetro tangencial (µm)	% de área (%)
1	<b>12,3 a</b> (16,2 ; 8,9)	<b>102,9 a</b> (116,3 ; 88,4)	<b>10,2 a</b> (13,2 ; 7,5)
	(1,65) (13,44)	(7,49) (7,28)	(1,55) (15,21)
2	<b>11,2 a</b> (13,0 ; 8,1)	<b>107,6 a</b> (120,7 ; 96,9)	<b>10,2 a</b> (12,9 ; 7,2)
	(1,57) (14,02)	(6,5) (6,04)	(1,57) (15,43)
3	<b>11,9 a</b> (16,2 ; 9,7)	<b>105,7 a</b> (117,1 ; 91,8)	<b>10,5 a</b> (15,4 ; 8,1)
	(1,55) (13,01)	(6,5) (6,15)	(1,75) (16,70)

Valores médios, seguidos de (máxima e mínima) (desvio-padrão e coeficiente de variação), entre parêntesis; e letras iguais em uma mesma coluna mostram similaridade estatística a 5% de probabilidade (teste Tukey).

**Quadro 2** – Dimensões das fibras dos cavacos de eucalipto*Table 2 – Fiber dimensions of eucalypt wood chips*

Amostra (Nº)	Dimensões das fibras (µm)			
	Comprimento	Largura	Diâmetro lume	Espessura da parede
1	<b>1002 a</b> (1240-820)	<b>19,37 a</b> (23,24-16,19)	<b>11,66 a</b> (15,61-8,87)	<b>3,86 a</b> (5,72-2,43)
	(1,08) (0,11)	(0,37) (1,89)	(0,82) (7,03)	(0,34) (8,86)
2	<b>1006 a</b> (1252-822)	<b>19,94 a</b> (23,64-16,57)	<b>12,27 a</b> (15,74-9,03)	<b>3,83 a</b> (4,96-2,79)
	(3,74) (0,37)	(0,73) (3,65)	(0,17) (1,37)	(0,32) (8,33)
3	<b>1008 a</b> (1174-837)	<b>19,99 a</b> (23,05-15,45)	<b>11,71 a</b> (15,37-7,61)	<b>4,14 b</b> (5,89-2,63)
	(1,48) (0,15)	(0,93) (4,65)	(0,95) (8,15)	(0,12) (2,96)

Valores médios, seguidos de (máxima e mínima) (desvio-padrão e coeficiente de variação), entre parêntesis; e letras iguais em uma mesma coluna mostram similaridade estatística a 5% de probabilidade (teste Tukey).

**Quadro 3** – Densidade básica dos cavacos de eucalipto*Table 3 – Wood basic density of eucalypt chips*

Amostra (Nº)	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )
1	<b>0,432 a</b> (0,444-0,421)
	(0,01) (2,34)
2	<b>0,432 a</b> (0,436-0,424)
	(0,004) (0,98)
3	<b>0,433 a</b> (0,442-0,424)
	(0,008) (1,75)

Valores médios, seguidos de (máxima e mínima) (desvio-padrão e coeficiente de variação), entre parêntesis; e letras iguais em uma mesma coluna mostram similaridade estatística a 5% de probabilidade (teste Tukey).

### 3.3. Classificação granulométrica dos cavacos

A porcentagem de retenção dos cavacos de madeira nas peneiras demonstrou, a exemplo da densidade básica, não haver diferenças estatísticas na sua morfologia

nas três amostras sendo de 0,9-16,9-44,5-30,7-6,1 e 0,9% nas peneiras 40, 25, 16, 8, 3,35 mm e fundo, respectivamente (Quadro 4). As maiores retenções ocorreram nas peneiras 25-8 mm e, considerando valores médios entre as três amostras, representam 92,1% do total dos cavacos retidos, indicando similaridade estatística da morfologia dos cavacos entre as amostras nas diversas aberturas de peneiras. A granulometria dos cavacos é uma importante variável na fabricação de chapas MDF nas etapas de aquecimento e plasticização da lignina internamente à coluna pressurizada. Os cavacos de maiores dimensões (retidos na peneira 40 mm) sofrem aquecimento parcial gerando feixes de fibras após o desfibramento e os cavacos de dimensões reduzidas (retidos na peneira 3,35 mm e fundos) adquirem coloração escura no aquecimento, prejudicando a qualidade aparente das chapas MDF. Portanto, os cavacos de maiores dimensões retornam ao fluxo de fabricação e os menores são destinados

à queima e a geração de energia. O percentual de retenção de cavacos de madeira em cada peneira deve ser analisado sistematicamente, regulando-se o picador quando ocorrer elevados percentuais de retenção nas peneiras de aberturas extremas.

### 3.4. Determinação da espessura média dos cavacos

As espessuras médias dos cavacos de *Eucalyptus grandis* foram de 4,40-4,31 e 4,30 mm nas amostras 1-3 (Quadro 5), não havendo diferença significativa para esse parâmetro de qualidade na confecção dos painéis MDF, estando relacionado com o processo de transferência de calor para o interior da madeira, no período de permanência na coluna pressurizada de aquecimento. Os cavacos de madeira com mais de 5,0 mm de espessura (por ex.) não são completa e homoganeamente aquecidos, mostrando deficiência na plasticização da lignina e no desfibramento acarretando a geração de feixes de fibras. A espessura de 3,5-4,5 mm dos cavacos de madeira pode ser considerada usual no processo termo-mecânico de produção de painéis MDF, devendo ser ajustada em

função da qualidade do produto final e das características da planta produtiva.

## 4. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem concluir que:

- As dimensões das fibras e dos vasos, bem como os valores de densidade básica dos cavacos de madeira de *Eucalyptus grandis* não apresentaram diferenças significativas entre as amostras, sendo similares aos citados na literatura para a espécie.
- A espessura dos cavacos foi 4,3-4,4 mm, recomendada no processo de produção de painéis MDF e com similaridade estatística entre as amostras.
- Na classificação granulométrica dos cavacos não houve variação significativa entre amostras, sendo 75,2% dos cavacos retidos nas peneiras de 16-8 mm de abertura de malha.
- Os cavacos de madeira apresentaram homogeneidades anatômicas, físicas e dimensionais, características importantes no processo de confecção de chapas MDF.

**Quadro 4** – Porcentual de retenção dos cavacos de eucalipto em peneira vibratória

**Table 4** – Retention percent of eucalypt wood chips in vibration sieves

Amostra (Nº)	Abertura da peneira (mm) / % retenção de cavacos de madeira					
	40	25	16	8	3,35	fundos
1	<b>1,1 a</b> (2,9-0) (1,1) (107,8)	<b>18,1 a</b> (23,4-12,0) (4,4) (24,4)	<b>44,4 a</b> (50,2-33,7) (6,5) (14,6)	<b>29,3 a</b> (31,8-27,8) (1,7) (5,8)	<b>6,1 a</b> (7,1-4,3) (0,9) (14,6)	<b>0,9 a</b> (0,7-0,9) (0,09) (10,4)
2	<b>0,6 a</b> (2,1-0) (0,8) (137,8)	<b>15,6 a</b> (17,3-13,8) (1,5) (9,6)	<b>44,8 a</b> (40,2-49,4) (3,6) (8,1)	<b>32,2 a</b> (36,1-28,1) (3,0) (9,2)	<b>5,8 a</b> (7,4-3,8) (1,3) (23,3)	<b>0,9 a</b> (1,2-0,7) (0,2) (21,5)
3	<b>1,1 a</b> (4,3-0) (1,8) (168,1)	<b>14,2 a</b> (15,8-10,2) (2,2) (15,6)	<b>45,3 a</b> (54,3-35,1) (7,2) (15,9)	<b>31,5 a</b> (39,9-25,2) (5,8) (18,5)	<b>6,8 a</b> (10,4-3,9) (2,8) (41,1)	<b>1,1 a</b> (2,2-0,5) (0,7) (58,7)

Valores médios, seguidos de (máxima e mínima) (desvio-padrão e coeficiente de variação), entre parêntesis; e letras iguais em uma mesma coluna mostram similaridade estatística a 5% de probabilidade (teste Tukey).

**Quadro 5** – Espessura (mm) dos cavacos de eucalipto

**Table 5** – *Eucalypt wood chips thickness (mm)*

Amostra (Nº)	Espessura do cavaco de madeira (mm)
1	<b>4,40 a</b> (4,16 - 4,57) (0,17) (3,9)
2	<b>4,31 a</b> (3,93 - 4,49) (0,22) (5,1)
3	<b>4,30 a</b> (3,90 - 4,64) (0,29) (6,7)

Valores médios, seguidos de (máxima e mínima) (desvio-padrão e coeficiente de variação), entre parêntesis; e letras iguais em uma mesma coluna mostram similaridade estatística a 5% de probabilidade (Tukey).

## 5. REFERÊNCIA

- ANDRADE, A.M, VITAL, B.R., BARROS, N.F., DELLA LUCIA, R.M., CAMPOS, J.C.C. VALENTE, O.F. Efeitos da fertilização e da calagem do solo na produção e qualidade da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.18, n.1, p. 69-79, maio/jun. 1994.
- ALZATE, S.B.A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla***. 2004. 132 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- BELINI, U.L. **Caracterização e alterações na estrutura anatômica na madeirado *Eucalyptus grandis* em três condições de desfibramento e efeito nas propriedades tecnológicas de painéis MDF**. 2007. 89 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- CASEY, J.P. (Ed.). **Pulp and paper: chemistry and chemical technology**. 3<sup>rd</sup>ed. London: A Wiley-Interscience Publication, 1980, v.1, 820 p.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMY (IAWA). List of microscopic features for wood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden. v 10, n. 3, p. 226 – 332, 1989.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: MacGraw-Hill. 1940. 533 p.
- MALONEY, T.M. **Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman, 1989. 672 p.
- METSO PAPER. **Woodhandling – VisiChips**. Disponível em: [http://www.metsopaper.com/MP/Marketing/mpv2store.nsf/BYWID/WID-040630-2256E-5323C/\\$File/MPP\\_R\\_0065-02.pdf?openElement](http://www.metsopaper.com/MP/Marketing/mpv2store.nsf/BYWID/WID-040630-2256E-5323C/$File/MPP_R_0065-02.pdf?openElement) Acesso em: 23 jan. 2007.
- OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997, 2 v. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- RIBEIRO, T.P. **Método complementar de análise da qualidade da madeira com técnicas do processamento digital de imagens**. 2002. 127 p. Tese (Mestrado em Ciências da Computação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.
- RIEDL, B.; PARK, B.D. **Anatomical characteristics of wood-fibers for medium density fiberboard manufacture**. (apostilado). 2006. 6p.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User’s Guide: version 6.08**. Carrey, v.2. 1997. 846 p.
- SASS, J.E. **Botanical microtechnique**. 2<sup>nd</sup> ed. Iowa: State College Press, 1951, 228 p.
- SILVA, J.R.M, MUÑIZ, G.I.B, LIMA, J.T., BONDUELLE, A. F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p. 479 – 487, maio/jun. 2005.
- SMITH, D. M. **Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples**. Madison: Forest Products Laboratory. 1954. 8 p. (Report, 2014).
- TOMAZELLO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto no Brasil. **Revista IPEF**. Piracicaba. n. 29, p. 25 – 36, 1985a.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **Revista IPEF**. Piracicaba. n. 29, p. 37-45, 1985 b.