

## Madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson sob Aspectos Físicos e Anatômicos como Fatores Qualitativos

André Luiz Ferreira Lemos<sup>1</sup>, Rosilei Aparecida Garcia<sup>2</sup>,  
Juliana de Oliveira Lopes<sup>1</sup>, Alexandre Monteiro de Carvalho<sup>2</sup>,  
João Vicente de Figueiredo Latorraca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ

<sup>2</sup>Departamento de Produtos Florestais – DPF, Instituto de Florestas – IF,  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a variação das propriedades físicas (densidade básica e contração volumétrica) e dos caracteres anatômicos da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e suas correlações. Foram consideradas as variações entre duas posições (cerne e alburno) e cinco diferentes alturas do tronco (da base ao topo). As análises estatísticas indicaram diferenças significativas entre as combinações de posição/altura para todas as propriedades físicas e caracteres anatômicos, exceto para o diâmetro de lume de fibra. A posição apresentou correlações positivas com a densidade básica e o comprimento de fibra. A altura apresentou correlações negativas com a contração volumétrica e o comprimento de fibra. A largura de fibra apresentou correlações positivas com a espessura de parede e o diâmetro de lume, enquanto que a densidade básica apresentou uma correlação negativa com a espessura de parede.

**Palavras-chave:** densidade básica, fibras, qualidade da madeira.

## *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson Wood under Physical and Anatomical Aspects as Qualitative Factors

### ABSTRACT

The objective of this study was to determine the variation on physical properties (basic density and volumetric shrinkage) and anatomical features of *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson wood and their correlations. Variations between two positions (heartwood and sapwood) and five tree heights (from base to top) were considered. Statistical analysis indicated significant differences between position/height combinations for all physical properties and anatomical features, except for the lumen diameter of fibers. Position was positively correlated to basic density and fiber length. Height was negatively correlated to volumetric shrinkage and fiber length. Fiber width was positively correlated to wall thickness and lumen diameter, while basic density presented negative correlation to wall thickness of fibers.

**Keywords:** density, fibers, wood quality.

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade da madeira pode ser definida segundo uma série de atributos que a tornam apropriada para determinadas aplicações. Esses atributos dependem das características e propriedades desejadas aos produtos finais e das necessidades e exigências dos consumidores. Dentre os atributos de qualidade, estão as características estruturais e estéticas, assim como as propriedades físicas, mecânicas e químicas, as quais variam entre espécies, entre árvores e até dentro de uma mesma árvore nas direções radial e longitudinal (Chauhan et al., 2006).

A densidade da madeira é um forte indicador de qualidade e está associada à proporção de vasos, às dimensões das células – tais como comprimento, largura e diâmetro de lume – e, principalmente, à espessura de parede das fibras, as quais são afetadas pelas condições externas (Panshin & de Zeeuw, 1980). Em madeiras a poros difusos, o aumento da densidade está relacionado às características das fibras, ou seja, ao aumento da espessura da parede celular ou ao aumento da proporção de fibras (Butterfield et al., 1993). A qualidade e a quantidade das fibras, por sua vez, apresentam um impacto na resistência e na contração da madeira (Panshin & de Zeeuw, 1980).

Almeida (2006) avaliou o efeito dos elementos anatômicos na contração da madeira de algumas espécies de folhosas a poros difusos. O autor determinou a proporção, o diâmetro de lume (máximo e mínimo) e a superfície individual de cada tipo de célula (vasos, fibras, raios e parênquima axial), e constatou que o diâmetro do lume das fibras e a dimensão dos vasos foram os fatores mais importantes para explicar a estabilidade dimensional das madeiras estudadas. O diâmetro do lume das fibras apresentou uma correlação inversamente proporcional à contração, indicando que fibras com menor espessura de parede (menor densidade) são mais estáveis. As espécies com vasos de maiores diâmetros apresentaram um menor fator de retratibilidade e vice-versa.

Vários trabalhos têm sido realizados para determinar as variações anatômicas na madeira de diferentes espécies de eucalipto (Rocha et al., 2004; Tomazello Filho, 1987, 1985; Wilkes,

1988). Entretanto, tais variações não dependem unicamente de características intrínsecas às espécies, mas também às condições externas – local de crescimento, variações climáticas e tratamentos silviculturais –, sendo, portanto, necessários estudos sobre a qualidade da madeira proveniente de diferentes regiões.

Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram: determinar a variação das propriedades físicas (densidade básica e contração volumétrica) e dos caracteres anatômicos da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson no sentido radial e axial, bem como determinar as correlações entre as variáveis estudadas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Matéria-prima e preparo do material

Foram utilizadas sete árvores de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson, com 15 anos de idade, provenientes de um plantio com espaçamento de 3 × 2 m, 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 as aparentemente sadias. Cinco seções transversais (discos), com 3 cm de espessura, foram obtidas de cada árvore, na base e a 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco, respectivamente. De cada disco, foram obtidas seis amostras (3 amostras/posição) em duas diferentes posições: POSIÇÃO 1: próxima à medula, contendo madeira do cerne, e POSIÇÃO 2: próxima à casca, contendo madeira do albúrnio, sendo que quatro amostras foram utilizadas para determinar as propriedades físicas e duas para as medições anatômicas.

### 2.2. Determinação das propriedades físicas: densidade básica e contração volumétrica

Para os ensaios de densidade básica (DENS) e contração volumétrica ( $\beta_v$ ), foram utilizadas quatro amostras de 20 × 20 × 30 mm de cada disco (2 amostras/posição), totalizando 20 observações por árvore e 140 observações para o total de árvores (70 observações para cada posição).

### 2.3. Análises anatômicas

Para as análises anatômicas, foram utilizadas duas amostras de  $10 \times 10 \times 30$  mm (direções tangencial  $\times$  radial  $\times$  axial, respectivamente) de cada disco, sendo uma amostra para cada posição. As amostras de madeira foram reduzidas a lascas de aproximadamente  $2 \times 2 \times 8$  mm (largura  $\times$  espessura  $\times$  comprimento) e imersas em uma solução de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e ácido acético ( $CH_3COOH$ ) na proporção 1:1 (solução de Franklin). Em seguida, o material foi aquecido em estufa a  $60^\circ C$  por um período de 30 horas, até o branqueamento e a dissociação completa da madeira, e, em seguida, lavado, desfibrado e colorido com safranina.

Confeccionou-se uma lâmina de madeira macerada para cada amostra e um total de 30 medições foram realizadas para cada lâmina com o auxílio de um microscópio binocular OLYMPUS<sup>®</sup> CX 40 com régua de escala micrométrica. Considerando-se as dez combinações de altura e posição, um total de 300 medições foram obtidas para cada árvore, totalizando 2100 observações para cada elemento anatômico. Os caracteres anatômicos mensurados foram: fibras – comprimento ( $C_{fibra}$ ), diâmetro do lume ( $DL_{fibra}$ ), largura ou diâmetro total ( $L_{fibra}$ ) e espessura de parede ( $Ep_{fibra}$ ) – e elementos de vasos – comprimento ( $C_{vaso}$ ). As dimensões dos caracteres anatômicos da madeira foram determinadas segundo as normas da IAWA Committee (1989).

### 2.4. Análises estatísticas

O delineamento experimental resultou em dez diferentes combinações (tratamentos), com duas variáveis independentes: POSIÇÃO (2 níveis) e ALTURA (5 níveis). Para a análise estatística, cada combinação de POSIÇÃO e ALTURA foi considerada um tratamento. Os resultados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) com o auxílio do software SAS<sup>®</sup> (Statistical Analysis System), a fim de se determinar o efeito da POSIÇÃO e da ALTURA nas variáveis dependentes (DENS,  $\beta_v$ ,  $C_{fibra}$ ,  $DL_{fibra}$ ,  $L_{fibra}$ ,  $Ep_{fibra}$  e  $C_{vaso}$ ). Quando o valor F foi significativo ( $\alpha = 0,05$ ), aplicou-se o teste de média de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Variação das propriedades físicas e dos caracteres anatômicos

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para as análises estatísticas das propriedades físicas e dos caracteres anatômicos da madeira. As análises estatísticas indicaram diferenças significativas, a 99% de probabilidade, para todas as propriedades físicas e anatômicas, com exceção do diâmetro de lume de fibra.

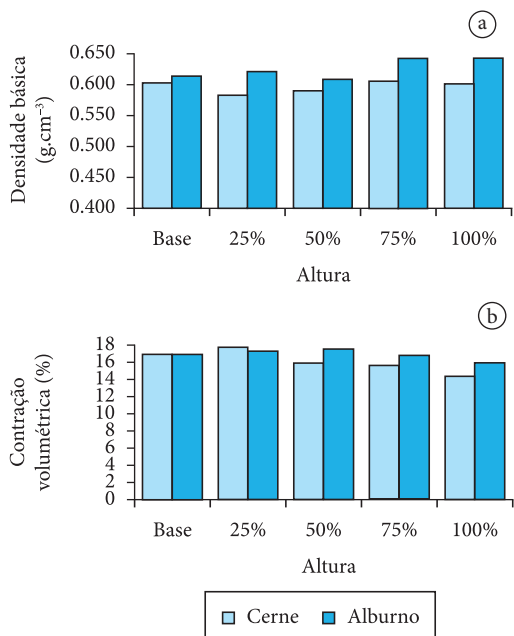
A densidade básica da madeira apresentou pouca variação entre as posições cerne/alburno e no sentido longitudinal. De maneira geral, os valores médios absolutos para densidade do cerne (entre  $0,575$  e  $0,598$   $g.cm^{-3}$ ) foram inferiores aos valores de densidade do alburno (entre  $0,600$  e  $0,634$   $g.cm^{-3}$ ) (Figura 1a). Resultados similares foram encontrados por Oliveira et al. (2005) para *Corymbia citriodora* com 16 anos de idade, na qual a densidade básica mostrou uma variação significativa no sentido radial, mas não no sentido base-topo. Os resultados obtidos neste estudo podem ser explicados pela presença de madeira juvenil no cerne e de madeira adulta no alburno. A madeira juvenil difere da madeira adulta por apresentar menor densidade, menor resistência, fibras mais curtas, maior contração longitudinal e maior ângulo microfibrilar da camada  $S_2$  da parede secundária (Fukazawa, 1984; Larson et al., 2001). A transição entre madeira juvenil e adulta ocorre gradualmente entre os 5 e 20 primeiros anos de crescimento da árvore, período que varia dependendo da espécie (Adamopoulos et al., 2011). Calonego et al. (2005) observaram que a transição entre a madeira juvenil e a adulta de *Corymbia citriodora* com 32 anos de idade ocorreu entre 45 e 55 mm de distância a partir da medula; entretanto, nenhuma correspondência foi realizada com a idade da árvore. Adamopoulos et al. (2011) observaram que a transição entre madeira juvenil e adulta, para duas espécies de folhosas (*Robinia pseudoacacia* L. e *Castanea sativa* Mill.), ocorreu entre 7 e 14 anos.

A contração volumétrica da madeira do cerne apresentou variações significativas no sentido longitudinal, com uma redução gradual no sentido

base-topo (Tabela 1 e Figura 1b). Para o cerne, a contração volumétrica na base e a 25% da altura comercial foi estatisticamente diferente da contração volumétrica a 100% da altura comercial. No alburno, observa-se uma tendência à redução da contração volumétrica no sentido base-topo; entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre as alturas (Tabela 1).

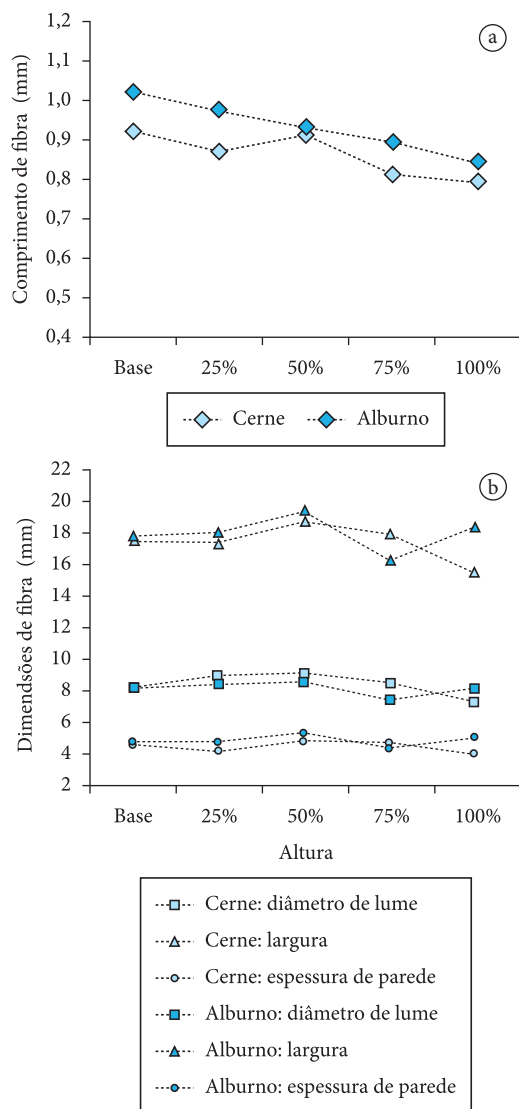
As análises estatísticas indicaram diferenças significativas para o comprimento das fibras, caracterizando uma redução gradual no sentido base-topo da árvore (Figura 2a). Para o alburno, as fibras na base apresentaram maior comprimento do que as fibras a 75 e 100% da altura comercial, sendo de 13 a 18% mais longas, enquanto que para o cerne não foram encontradas diferenças significativas entre as alturas (Tabela 1). Apesar de não haver diferenças significativas entre as posições cerne e alburno, observou-se que no alburno as fibras são mais longas que no cerne, o que se deve, provavelmente, ao processo de maturação do câmbio (Figura 2a).

Diferenças significativas também foram observadas para a largura e a espessura de parede das fibras (Tabela 1). A largura das fibras no cerne apresentou uma redução a 100% da altura comercial quando comparada às alturas de 50 e 75%, sendo de 14 a 18% mais delgadas, enquanto que, no alburno, ocorreu uma redução a 75% da altura, seguida de um aumento (Figura 2b). A espessura de parede das fibras no cerne não apresentou variação em função



**Figura 1.** Densidade básica média e contração volumétrica média da madeira de *Corymbia citriodora* em função da posição (cerne/alburno) e da altura da árvore.

**Figure 1.** Average basic density and volumetric shrinkage of *Corymbia citriodora* wood as a function of position (heartwood/sapwood) and tree height.



**Figura 2.** Dimensões médias de fibras da madeira de *Corymbia citriodora* em função da posição (cerne/alburno) e da altura da árvore.

**Figure 2.** Average fiber dimensions of *Corymbia citriodora* wood as a function of position (heartwood/sapwood) and tree height.

**Tabela 1.** Estatística descritiva (média, desvio padrão e coeficiente de variação) e valor F obtido pela análise de variância (ANOVA) para as propriedades físicas e os caracteres anatômicos da madeira de *Corymbia citriodora*.

**Table 1.** Descriptive statistics (means, standard deviation and coefficient of variation) and F values obtained by analysis of variance (ANOVA) for physical properties and anatomical features of *Corymbia citriodora* wood.

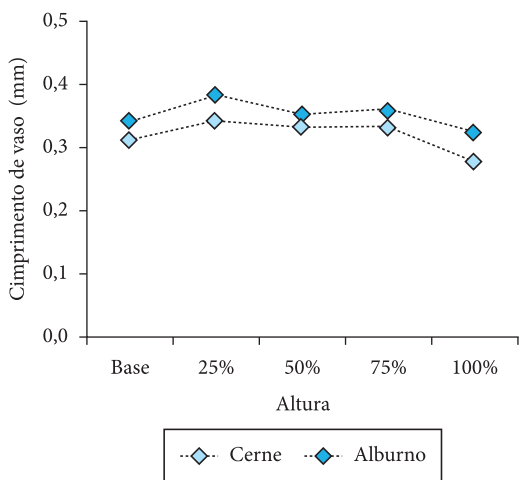
| Posição | Altura | Propriedades físicas                  |                                       |  | Caracteres anatômicos               |                                       |                                       |                                       |
|---------|--------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|         |        | DENS (g.cm <sup>-3</sup> )            | βv (%)                                | C <sub>fibra</sub> (mm)                | DL <sub>fibra</sub> (μm)            | L <sub>fibra</sub> (μm)               | Ep <sub>fibra</sub> (μm)              | C <sub>vaso</sub> (mm)                |
| Cerme   | Base   | 0,594 <sup>ab</sup><br>(0,05) [8,67]  | 16,30 <sup>a</sup><br>(1,70) [10,44]  | 0,92 <sup>abcd</sup><br>(0,10) [11,13] | 8,26 <sup>a</sup><br>(0,87) [10,47] | 17,55 <sup>abc</sup><br>(1,68) [9,60] | 4,64 <sup>abc</sup><br>(0,71) [15,21] | 0,31 <sup>cd</sup><br>(0,04) [13,04]  |
|         | 25%    | 0,575 <sup>b</sup><br>(0,03) [5,43]   | 17,13 <sup>a</sup><br>(2,00) [11,69]  | 0,87 <sup>bcd</sup><br>(0,12) [13,21]  | 8,99 <sup>a</sup><br>(1,65) [18,37] | 17,39 <sup>bc</sup><br>(1,48) [8,52]  | 4,22 <sup>bc</sup><br>(0,67) [15,85]  | 0,34 <sup>bc</sup><br>(0,03) [9,17]   |
|         | 50%    | 0,582 <sup>ab</sup><br>(0,05) [9,31]  | 15,25 <sup>ab</sup><br>(2,26) [14,79] | 0,91 <sup>abcd</sup><br>(0,11) [11,97] | 9,16 <sup>a</sup><br>(2,15) [23,49] | 18,87 <sup>a</sup><br>(2,58) [13,69]  | 4,85 <sup>abc</sup><br>(1,35) [27,78] | 0,33 <sup>bc</sup><br>(0,05) [15,15]  |
|         | 75%    | 0,598 <sup>ab</sup><br>(0,04) [6,78]  | 15,07 <sup>ab</sup><br>(2,42) [16,05] | 0,81 <sup>cd</sup><br>(0,10) [12,92]   | 8,52 <sup>a</sup><br>(2,15) [25,27] | 18,07 <sup>ab</sup><br>(3,06) [16,92] | 4,77 <sup>abc</sup><br>(1,14) [23,90] | 0,33 <sup>bc</sup><br>(0,06) [18,47]  |
|         | 100%   | 0,595 <sup>ab</sup><br>(0,01) [2,39]  | 13,79 <sup>b</sup><br>(1,88) [13,63]  | 0,79 <sup>d</sup><br>(0,07) [9,09]     | 7,31 <sup>a</sup><br>(2,21) [30,19] | 15,50 <sup>c</sup><br>(3,33) [21,45]  | 4,09 <sup>c</sup><br>(0,84) [20,49]   | 0,28 <sup>d</sup><br>(0,03) [9,92]    |
| Alburno | Base   | 0,604 <sup>ab</sup><br>(0,07) [12,24] | 16,27 <sup>a</sup><br>(2,10) [12,91]  | 1,02 <sup>a</sup><br>(0,20) [19,64]    | 8,26 <sup>a</sup><br>(1,79) [21,64] | 17,88 <sup>abc</sup><br>(0,99) [5,56] | 4,81 <sup>abc</sup><br>(1,24) [25,76] | 0,34 <sup>bc</sup><br>(0,03) [8,91]   |
|         | 25%    | 0,611 <sup>ab</sup><br>(0,07) [11,03] | 16,76 <sup>a</sup><br>(2,27) [13,53]  | 0,97 <sup>ab</sup><br>(0,08) [8,19]    | 8,50 <sup>a</sup><br>(1,14) [13,45] | 18,10 <sup>ab</sup><br>(2,40) [13,25] | 4,80 <sup>abc</sup><br>(1,42) [29,67] | 0,38 <sup>a</sup><br>(0,03) [9,01]    |
|         | 50%    | 0,600 <sup>ab</sup><br>(0,07) [12,15] | 16,93 <sup>a</sup><br>(1,97) [11,63]  | 0,93 <sup>abc</sup><br>(0,12) [12,62]  | 8,59 <sup>a</sup><br>(1,75) [20,35] | 19,40 <sup>a</sup><br>(2,14) [11,03]  | 5,40 <sup>a</sup><br>(0,77) [14,28]   | 0,35 <sup>ab</sup><br>(0,03) [7,44]   |
| Valor F | 75%    | 0,634 <sup>a</sup><br>(0,05) [7,15]   | 16,17 <sup>a</sup><br>(2,71) [16,76]  | 0,89 <sup>bcd</sup><br>(0,10) [10,81]  | 7,47 <sup>a</sup><br>(1,98) [26,49] | 16,31 <sup>bc</sup><br>(1,72) [10,55] | 4,42 <sup>bc</sup><br>(1,02) [23,11]  | 0,36 <sup>ab</sup><br>(0,03) [7,05]   |
|         | 100%   | 0,632 <sup>a</sup><br>(0,04) [6,46]   | 15,19 <sup>ab</sup><br>(2,64) [17,40] | 0,84 <sup>cd</sup><br>(0,09) [10,76]   | 8,17 <sup>a</sup><br>(2,11) [25,82] | 18,47 <sup>ab</sup><br>(2,80) [15,18] | 5,11 <sup>ab</sup><br>(0,65) [12,62]  | 0,32 <sup>bcd</sup><br>(0,06) [19,60] |
|         | Pr > F | 3,53 <sup>**</sup><br>Pr > F 0,0003   | 3,16 <sup>**</sup><br>Pr > F 0,0010   | 2,79 <sup>**</sup><br>Pr > F 0,0030    | 0,95 <sup>ns</sup><br>Pr > F 0,4898 | 3,04 <sup>**</sup><br>Pr > F 0,0014   | 5,56 <sup>**</sup><br>Pr > F < 0,0001 | 5,19 <sup>**</sup><br>Pr > F < 0,0001 |

DENS: densidade básica. βv: contração volumétrica. C<sub>fibra</sub>: comprimento de fibra. DL<sub>fibra</sub>: diâmetro de lume de fibra. L<sub>fibra</sub>: largura ou diâmetro total de fibra. Ep<sub>fibra</sub>: espessura de parede de fibra. C<sub>vaso</sub>: comprimento de vaso. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão e os valores em colchetes, ao coeficiente de variação experimental. <sup>ns</sup>Não significativo. <sup>\*\*</sup>Significativo a 99% de probabilidade. Médias com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si segundo o teste de Duncan. DENS: basic density. βv: volumetric shrinkage. C<sub>fibra</sub>: fiber length. DL<sub>fibra</sub>: lumen diameter of fiber. L<sub>fibra</sub>: fibre width. Ep<sub>fibra</sub>: wall thickness of fiber. C<sub>vaso</sub>: vessel length. Standard deviation is given in round brackets. Coefficient of variation is given in square brackets. <sup>ns</sup>Not significant. <sup>\*\*</sup>Significant at the 0.01 probability level. Means with the same letter are not significantly different from each other by Duncan's multiple range test.

da altura; entretanto, no alburno, ocorreu uma redução a 75% da altura, seguida de um aumento.

Tomazello Filho (1985), estudando as espécies de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, observou um aumento na porcentagem de fibras mais longas na largura e no diâmetro do lume, e na espessura de parede das fibras no sentido medula-casca.

O comprimento de vasos apresentou pouca variação entre as posições (cerne/alburno); entretanto, variações significativas foram observadas entre as alturas (Tabela 1). Observaram-se vasos mais curtos na base e no topo do tronco, independentemente da posição (Figura 3).



**Figura 3.** Comprimento médio de vasos da madeira de *Corymbia citriodora* em função da posição (cerne/alburno) e da altura da árvore.

**Figure 3.** Average vessel length of *Corymbia citriodora* wood as a function of position (heartwood/sapwood) and tree height.

### 3.2. Correlações entre propriedades físicas e caracteres anatômicos

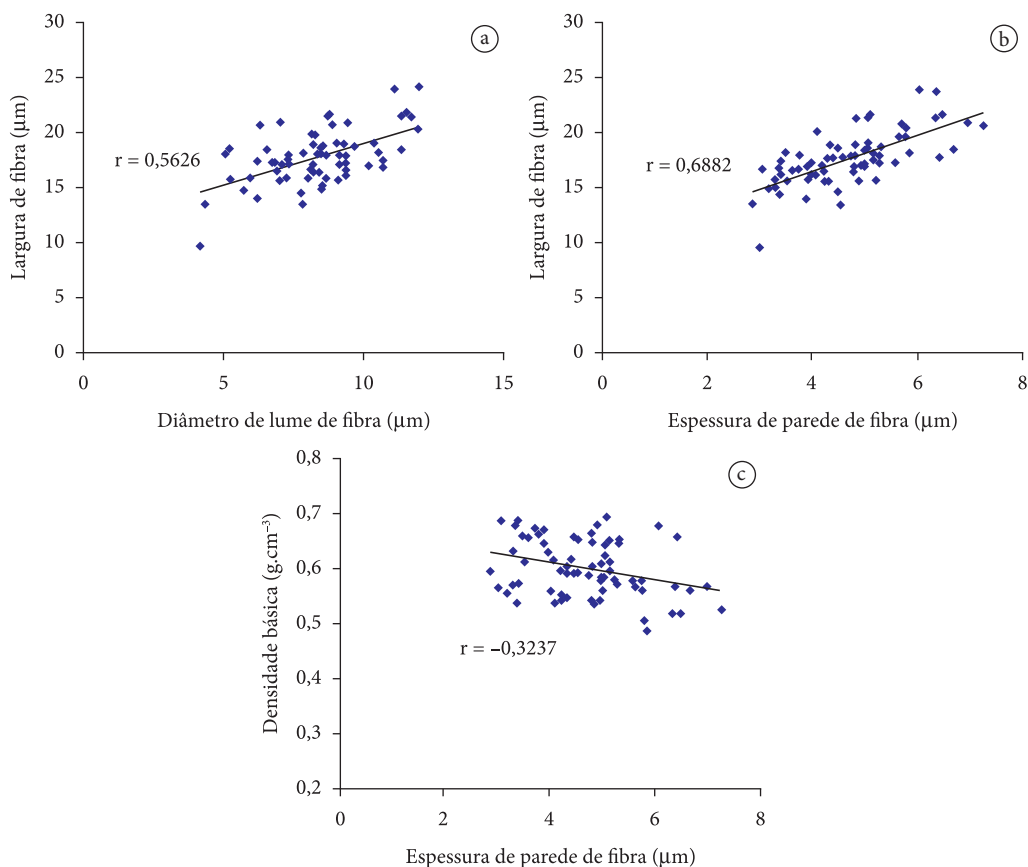
A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a análise de correlação de Pearson entre posição (cerne/alburno), altura, propriedades físicas e caracteres anatômicos da madeira. Correlações significativas foram observadas entre: DENS × POSIÇÃO: a densidade apresentou uma correlação positiva ( $r = 0,2657^*$ ,  $p < 0,05$ ) com a posição, isto é, a madeira de alburno (posição 2) apresentou maior densidade do que a madeira de cerne (posição 1) (Figura 1a);  $\beta v \times$  ALTURA: a contração volumétrica apresentou uma correlação negativa ( $r = -0,3529^{**}$ ,  $p < 0,01$ ) com a altura, ou seja, a contração volumétrica diminuiu com o aumento da altura (Figura 1b);  $C_{\text{fibra}} \times$  POSIÇÃO: o comprimento de fibra apresentou uma correlação positiva ( $r = 0,2831^*$ ,  $p < 0,05$ ) com a posição, ou seja, as fibras do alburno apresentaram maior comprimento que as fibras do cerne (Figura 2a);  $C_{\text{fibra}} \times$  ALTURA: o comprimento de fibra apresentou uma correlação negativa ( $r = -0,4255^{**}$ ,  $p < 0,01$ ) com a altura, ou seja, o comprimento das fibras diminuiu com o aumento da altura (Figura 2a);  $L_{\text{fibra}} \times DL_{\text{fibra}}$ : uma correlação positiva ( $r = 0,5626^{**}$ ,  $p < 0,01$ ) foi observada entre a largura das fibras e o diâmetro do lume, isto é, as fibras mais largas apresentaram maior diâmetro de lume (Figura 4a);  $L_{\text{fibra}} \times Ep_{\text{fibra}}$ : uma correlação positiva ( $r = 0,6882^{**}$ ,  $p < 0,01$ ) foi observada entre a largura e a espessura de parede das fibras, isto é, as fibras mais largas são também as mais espessas (Figura 4b); e  $Ep_{\text{fibra}} \times$  DENS (-):

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas e os caracteres anatômicos da madeira de *Corymbia citriodora*.

**Table 2.** Pearson's correlation between physical properties and anatomical features of *Corymbia citriodora* wood.

| Posição             | Posição        | Altura           | DENS            | $\beta v$ | $C_{\text{fibra}}$ | $DL_{\text{fibra}}$ | $L_{\text{fibra}}$ | $Ep_{\text{fibra}}$ | $C_{\text{vaso}}$ |
|---------------------|----------------|------------------|-----------------|-----------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Altura              | 0,0000         | 1                |                 |           |                    |                     |                    |                     |                   |
| DENS                | <b>0,2657*</b> | 0,1431           | 1               |           |                    |                     |                    |                     |                   |
| $\beta v$           | -0,0218        | <b>-0,3529**</b> | 0,1426          | 1         |                    |                     |                    |                     |                   |
| $C_{\text{fibra}}$  | <b>0,2831*</b> | <b>-0,4255**</b> | -0,1525         | 0,2394    | 1                  |                     |                    |                     |                   |
| $DL_{\text{fibra}}$ | -0,0700        | -0,1421          | 0,1368          | 0,1196    | 0,0173             | 1                   |                    |                     |                   |
| $L_{\text{fibra}}$  | 0,1142         | -0,1179          | -0,1706         | 0,1442    | 0,0910             | <b>0,5626**</b>     | 1                  |                     |                   |
| $Ep_{\text{fibra}}$ | 0,1925         | -0,0232          | <b>-0,3237*</b> | 0,0756    | 0,0997             | -0,2112             | <b>0,6882**</b>    | 1                   |                   |
| $C_{\text{vaso}}$   | 0,1449         | -0,1269          | -0,0218         | 0,0618    | 0,1406             | 0,0372              | -0,1792            | -0,2412             | 1                 |

DENS: densidade básica.  $\beta v$ : contração volumétrica.  $C_{\text{fibra}}$ : comprimento de fibra.  $DL_{\text{fibra}}$ : diâmetro do lume de fibra.  $L_{\text{fibra}}$ : largura ou diâmetro total de fibra.  $Ep_{\text{fibra}}$ : espessura de parede de fibra.  $C_{\text{vaso}}$ : comprimento de vaso. \*Significativo a 95% de probabilidade. \*\*Significativo a 99% de probabilidade. Número de observações = 70. DENS: basic density.  $\beta v$ : volumetric shrinkage.  $C_{\text{fibra}}$ : fiber length.  $DL_{\text{fibra}}$ : lumen diameter of fiber.  $L_{\text{fibra}}$ : fiber width.  $Ep_{\text{fibra}}$ : wall thickness of fiber.  $C_{\text{vaso}}$ : vessel length. \*Significant at the 0.05 probability level. \*\*Significant at the 0.01 probability level. Number of observation = 70.



**Figura 4.** Correlação entre as dimensões de fibra e a densidade básica da madeira de *Corymbia citriodora*.  
**Figure 4.** Correlation between fiber dimensions and basic density of *Corymbia citriodora* wood.

uma correlação negativa ( $r = -0,3237^*$ ,  $p < 0,05$ ) foi observada entre a espessura de parede das fibras e a densidade da madeira (Figura 4c). Isso se deve ao fato da espessura de parede correlacionada com a largura das fibras, a qual, por sua vez, está positivamente correlacionada ao diâmetro do lume, ou seja, as fibras mais largas apresentaram maior espessura de parede e maior diâmetro de lume (maior proporção de vazios), o que contribuiu para uma menor densidade (Figura 4). Segundo Goddard & Cole (1966) e Trugilho et al. (2005), a densidade está positivamente correlacionada à espessura da parede e negativamente correlacionada ao diâmetro do lume das fibras, ou seja, madeiras mais densas apresentam fibras mais espessas e diâmetros menores. Entretanto, de acordo com Chauhan et al. (2006), diferentes interações entre a densidade e as dimensões de fibra podem ser encontradas. A relação dada para a densidade básica (massa seca/volume saturado) implica, por exemplo, que duas

amostras possam apresentar a mesma densidade, mas diferentes dimensões de fibra em função das diferentes interações entre espessura de parede e diâmetro celular.

#### 4. CONCLUSÕES

Por meio deste estudo, pôde-se concluir que:

A densidade básica apresentou pouca variação em função da posição (cerne/alburno) e da altura, enquanto que a contração volumétrica da madeira apresentou uma redução gradual no sentido base-topo;

O comprimento das fibras apresentou uma redução gradual no sentido base-topo da árvore para o alburno;

A largura das fibras no cerne apresentou uma redução a 100% da altura comercial quando comparada às alturas de 50 e 75%, enquanto que,

no alborno, ocorreu uma redução a 75% da altura, seguida de um aumento;

A espessura de parede das fibras no cerne não apresentou variação em função da altura; entretanto, no alborno, ocorreu uma redução a 75% da altura, seguida de um aumento;

O comprimento de vasos apresentou pouca variação entre as posições; entretanto, observaram-se vasos mais curtos na base e no topo do tronco, independentemente da posição;

A densidade básica apresentou uma correlação negativa com a espessura de parede das fibras. Isso se deve ao fato de as fibras de paredes mais espessas apresentarem maior largura e maior diâmetro de lume (maior proporção de vazios), o que contribuiu para diminuir a densidade da madeira.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ, pelo auxílio financeiro concedido por meio do Projeto INST-Nº 170.317/2007, e ao PROIC/DPPG/UFRRJ, pela Bolsa de Iniciação Científica concedida a André Luiz Ferreira Lemos.

## STATUS DE SUBMISSÃO

Recebido: 21/03/2010

Aceito: 10/12/2011

Resumo publicado online: 15/12/2011

Artigo completo publicado: 31/03/2012

## AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

### Rosilei Aparecida Garcia

Departamento de Produtos Florestais – DPF,  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –  
UFRRJ, BR 465, Km 07, Campus Universitário,  
CEP 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil  
e-mail: rosileigar@ufrj.br

## REFERÊNCIAS

Adamopoulos S, Karageorgos A, Passialis C, Chavenetidou M. Mathematical approach for defining juvenile-mature wood transition zone in black locust and chestnut. *Wood and Fiber Science* 2011; 43(4):1-7.

Almeida G. *Influence de la structure du bois sur ses propriétés physico-mécaniques à des teneurs en humidité élevées* [tese]. Québec: Université Laval; 2006.

Butterfield RP, Crook RP, Adams R, Morris R. Radial variation in wood specific gravity, fibre length and vessel area for two Central America hardwoods: *Hyeronima alchorneoides* and *Vochysia guatemalensis*: natural and plantation-grown trees. *IAWA Journal* 1993; 14(2):153-161.

Calonego FW, Severo ETD, Assi PP. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Forestalis* 2005; 68:113-121.

Chauhan S, Donnelly R, Huang C-L, Nakada R, Yafang Y, Walker J. Wood Quality: In Context. In: Walker J. *Primary Wood Processing Principles and Practice*. 2nd ed. Christchurch: University of Canterbury, Springer; 2006.

Fukazawa K. Juvenile wood of hardwoods judged by density variation. *IAWA Bulletin* 1984; 5(1):65-73.

Goddard RE, Cole DE. Variation in wood production of six-year-old progenies of selected slash pines. *TAPPI* 1966; 49(8):359-62.

International Association of Wood Anatomists – IAWA Committee. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. Eds: Wheeler EA, Baas P, Gasson PE. *IAWA Bulletin* 1989; 10(3):219-332.

Larson PR, Kretschmann DE, Clark A, Isebrands JG. Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 2001. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-129.

Oliveira JTS, Hellmeister JC, Tomazello Filho M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. *Revista Árvore* 2005; 29(1):115-127. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000100013>

Panshin AJ, de Zeeuw C. *Textbook of wood technology*. 4rd ed. New York: McGraw-Hill; 1980.

Rocha FT, Florsheim SMB, Couto HTZ de. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. *Revista do Instituto Florestal* 2004; 16(1):43-55.

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 em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais* 1987; 36:35-42.

Trugilho PF, Lima JT, Mendes LM. Influência da idade nas características do eucalipto. *Revista da Madeira* 2005; 92:82-88.

Wilkes J. Variations in wood anatomy within species of *Eucalyptus*. *IAWA Bull* 1988; 9:13-23.