

Segregação e variação radial de propriedades físicas da madeira juvenil e adulta de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo)Segregation and radial variation of physical properties of juvenile and mature wood of cedar (*Cedrela fissilis* Vellozo)Rafael de Avila Delucis<sup>1</sup>, Darci Alberto Gatto<sup>2</sup>, Diego Martins Stangerlin<sup>3</sup>, Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori<sup>4</sup>, Leonardo Correa Weinert<sup>5</sup> e Roger de Avila Vega<sup>6</sup>

---

**Resumo**

O presente estudo objetivou demarcar a idade de segregação, por meio da variação radial da massa específica básica, caracterizar o comportamento de propriedades físicas no sentido medula à casca da madeira de *Cedrela fissilis* Vellozo. Para tal, foram selecionadas ao acaso três árvores no município de Canguçu, estado do Rio Grande do Sul, e confeccionadas amostras de cada indivíduo na altura do DAP. Para a demarcação da idade de segregação dos lenhos, foram ajustadas duas retas por meio de análises de regressão simples. Para a mensuração das propriedades físicas, foram analisados os seguintes parâmetros: coeficientes de inchamento e de contração (radial, tangencial e volumétrico), coeficientes de retratibilidade (radial e tangencial) e coeficiente de anisotropia, tendo sido empregado o método estereométrico. A segregação do lenho de cedro ocorreu entre 34 e 44 anos de idade de modo que a metodologia utilizada para a definição da idade de segregação se mostrou satisfatória dada à notória diferença dos parâmetros físicos quando comparados entre lenhos. As propriedades físicas avaliadas denotaram-se dentro dos limites encontrados na literatura, destacando-se o coeficiente de anisotropia pelo excelente resultado.

**Palavras Chave:** Qualidade da madeira, lenho juvenil, lenho adulto, estabilidade dimensional, massa específica.

**Abstract**

This study aimed at demarcating the segregation age, using the radial variation of specific gravity, and to characterise the behaviour of physical properties in the radial direction of *Cedrela fissilis* Vellozo wood. To achieve this, three trees were randomly selected from a forest population in Canguçu, Rio Grande do Sul State, and samples at DBH of each tree were prepared. The demarcation of the segregation age was determined by adjusting two lines through simple regressions analysis. Swelling and shrinkage (radial, tangential and volumetric); coefficient of retractibility (radial and tangential) and anisotropic coefficient were determined in order to characterise the physical properties. Segregation of cedar wood occurred between age of 34 to 44 years, when the methodology applied gave satisfactory results due to a significant difference between the physical parameters of juvenile and mature wood. Physical properties were similar to that found in other studies, mainly anisotropic coefficient, which here yielded an excellent result.

**Keywords:** Wood quality, juvenile wood, mature wood, dimensional stability, specific gravity.

---

<sup>1</sup>Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais. UFPel - Universidade Federal de Pelotas, CDTec - Centro de Desenvolvimento Tecnológico. Rua Conde de Porto Alegre, 793 - 96010-290, Pelotas, RS. E-mail: [r.delucis@hotmail.com](mailto:r.delucis@hotmail.com)

<sup>2</sup>Doutor em Engenharia Florestal. - Prof. Adjunto Curso de Engenharia Industrial Madeireira. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, CENG - Centro de Engenharias. Rua Conde de Porto Alegre, 793 - 96010-290, Pelotas, RS. E-mail: [darciatto@yahoo.com](mailto:darciatto@yahoo.com)

<sup>3</sup>Doutor em Ciências Florestais. Prof. Adjunto I. UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop - 78550-000, Sinop, MT. E-mail: [stangerlin@cpd.ufmt.br](mailto:stangerlin@cpd.ufmt.br)

<sup>4</sup>Doutorando em Engenharia Florestal. UFPR - Universidade Federal do Paraná. E-mail: [pedrocademartori@gmail.com](mailto:pedrocademartori@gmail.com)

<sup>5</sup>Graduando em Engenharia de Produção. UFPel - Universidade Federal de Pelotas, CENG - Centro de Engenharias. Rua Conde de Porto Alegre, 793 - 96010-290, Pelotas, RS. E-mail: [leu\\_weinert@hotmail.com](mailto:leu_weinert@hotmail.com)

<sup>6</sup>Graduando em Engenharia Industrial Madeireira. UFPel - Universidade Federal de Pelotas, CENG - Centro de Engenharias. Rua Conde de Porto Alegre, 793 - 96010-290, Pelotas, RS. E-mail: [rogervega\\_@hotmail.com](mailto:rogervega_@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

A madeira é efetivamente utilizada pela humanidade desde os tempos pré-históricos. Na atualidade, com o avanço tecnológico e a oferta de materiais alternativos, essa utilização está condicionada ao conhecimento de suas propriedades, devido à heterogeneidade do comportamento das mesmas (EVANGELISTA et al., 2010).

Comparado a diversas espécies, o cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo) tem ampla distribuição em boa parte do Brasil e da América Latina. A madeira dessa espécie é uma das nativas mais apreciadas no comércio por sua ótima qualidade em diversos processos tecnológicos, estando entre as madeiras mais exportadas, devido às suas características tecnológicas, destacando-se também suas propriedades organolépticas (FERREIRA, 2012).

A madeira de cedro é largamente utilizada em diversos nichos, tais como: na construção civil, naval e aeronáutica, compensados, esquadrias, molduras, móveis em geral, marcenaria e instrumentos musicais (LORENZI, 1992). Conforme Santos et al. (2009), em decorrência da apreciação dessa madeira, tal espécie tem sido progressivamente explorada, estando listada como espécie ameaçada de extinção, fazendo-se necessária a realização de estudos que auxiliem em sua preservação como, por exemplo, os que visem a determinação de sua qualidade relacionada às suas propriedades físicas.

No entanto, é oportuno ressaltar que o cedro, assim como qualquer outra espécie florestal nativa, pode ser explorado comercialmente através de plantios sustentáveis, desde que em consenso com as entidades de fiscalização ambiental.

Dentre os principais indicadores de qualidade da madeira, está à proporção de madeira juvenil, e no tocante às propriedades físicas, tem destaque a massa específica. Determinar o comportamento dessas propriedades, principalmente no sentido medula à casca, é imperativo para que se tenha o correto emprego da madeira de cada espécie florestal, resultando na contenção de custos de produção e desperdícios, que ocorreriam com a reposição de peças inapropriadas.

Alguns autores ressaltaram a heterogeneidade da massa específica na direção radial, examinando diferentes espécies florestais (KOLLMANN; CÔTÉ JR., 1968; NOGUEIRA; VALE, 1997; VALE et al., 2009). Para esses autores, na madeira das espécies florestais que estudaram, a massa específica tendeu a aumentar a partir da medula e estabilizar-se a partir de certa região do lenho, à medida que se aproxima da casca.

Frequentemente, a massa específica é avaliada tendo em vista a sua correlação com outras características tecnológicas da madeira. Nessa ambiência, para alguns autores, merece grande consideração o mecanismo de adsorção e desorção de água higroscópica ou capilar, devido aos prejuízos que causam em serviço tendo em vista diversos usos, dessa maneira, como indicador de qualidade, o coeficiente de anisotropia é largamente utilizado (YAO, 1970; TSOUMIS, 1991; DURLO; MARCHIORI, 1992; VITAL; TRUGILHO, 1997).

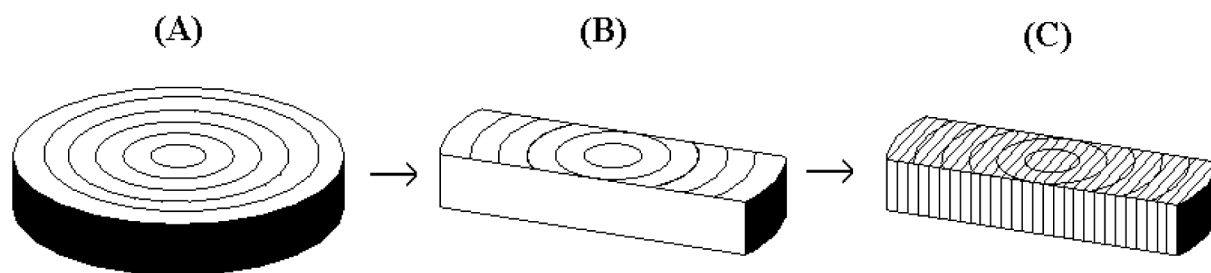
Em seu estudo, Nogueira e Vale (1997) relataram que a variação radial da massa específica é condicionada à proporção de madeira juvenil. A madeira juvenil é aquela formada durante os estágios iniciais da atividade do câmbio vascular. Caracteriza-se pelo aumento expressivo de algumas propriedades anatômicas e físicas, podendo variar conforme a espécie e condições ambientais (BENDTSEN, 1978; RAMSAY; BRIGGS, 1986).

Portanto, fica caracterizada a importância de algumas propriedades físicas como indicadores de confiabilidade quando, na utilização da madeira para os mais variados fins. O presente trabalho objetivou estimar a idade de segregação dos lenhos juvenil e adulto, tomando como base a variação radial da massa específica básica, bem como avaliar propriedades físicas da madeira de *Cedrela fissilis* (Vellozo).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Coleta do material e confecção das amostras

Foram selecionadas, ao acaso três árvores adultas de aproximadamente 100 anos, com bom fuste (fuste com pequena tortuosidade e crescimento monopodial) e diâmetro à altura do peito (DAP; 1,3m) entre 25 e 60 cm, conforme o procedimento D5536-94 da American Society for Testing and Materials (ASTM, 2010). As árvores foram oriundas de uma floresta nativa licenciada pela Secretária Estadual do Meio Ambiente na localidade de Sanga Funda, 4º subdistrito de Canguçu, estado do Rio Grande do Sul (31°25'52.22"S 52°40'36.21"O). Após a derrubada das árvores, foi retirado de cada árvore na altura do DAP, um disco com a espessura de aproximadamente 5 cm, a partir do qual confeccionou-se uma bagueeta de 2 cm de largura, centrada pela medula e bem orientada em relação aos seus anéis de crescimento. Por fim, as bagueetas foram segmentadas, centímetro à centímetro, na direção radial, de modo a serem obtidas amostras dos lenhos juvenil e adulto (Figura 1).



**Figura 1.** Croqui da confecção das amostras. (A) Disco retirado do DAP; (B) Bagueta centrada pela medula; (C) Bagueta central segmentada conforme a retirada das amostras.  
**Figure 1.** Sketch of samples preparation. (A) disk removed at DAP; (B) sample centered from pit; (C) segmentation according to samples retrieved.

### Segregação dos lenhos juvenil e adulto

Com base nos valores de massa específica básica ( $\rho$ ), que foi avaliada de acordo com o procedimento D143-94 (ASTM, 2007), foi determinada a idade de segregação dos lenhos juvenil e adulto, pela variação do parâmetro no sentido medula à casca. Dessa forma, foram ajustadas duas regressões lineares, uma para a parte ascendente da distribuição de pontos no gráfico (distância radial  $\times$  massa específica básica) e outra para a região em que a distribuição mostrava uma tendência constante.

Os limites das duas regiões foram definidos visualmente no gráfico antes do ajuste das equações. O ponto de início da formação do lenho adulto foi determinado pela intersecção das duas retas geradas pelos modelos matemáticos de regressão, ou seja, o ponto no qual os valores para o eixo y (massa específica básica) foram iguais para as duas equações. Essa metodologia foi baseada na utilizada por Gatto et al. (2007).

### Determinação das propriedades físicas

Para a determinação das propriedades físicas, as amostras foram imersas em água até a sua saturação (massa constante) e, posteriormente, climatizadas em câmara climática (20 °C de temperatura e 65% de umidade relativa) até a obtenção do teor de umidade de equilíbrio (em torno de 12%). Por fim, as amostras foram secas em estufa convencional a 103 °C até a obtenção de teor de umidade próximo a 0% (massa seca). Em cada uma das três etapas supracitadas (câmara climática, saturação em água e secagem convencional) foram mensuradas nas direções radial, tangencial e longitudinal e a massa para o cálculo da massa específica básica ( $\rho$ ), massa específica aparente a 12% ( $\rho_{12\%}$ ), coeficiente de retratibilidade (Q), contração ( $\beta$ ), inchamento ( $\alpha$ ) e anisotropia (A), conforme as equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

$$\rho = \frac{m_0}{V_{S_{9\%}}} \quad (1)$$

$$\rho_{12\%} = \frac{m_{12\%}}{V_{12\%}} * 100 \quad (2)$$

$$Q = \frac{(L_{12\%} - L_0) * m_0}{(m_{12\%} - m_0) * L_0} * 100 \quad (3)$$

$$\beta = \frac{(L_s - L_0)}{L_s} * 100 \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{(L_s - L_0)}{L_0} * 100 \quad (5)$$

$$A = \frac{\beta_{\tan}}{\beta_{\text{rad}}} \quad (6)$$

Em que:  $L_{12\%}$  = dimensão à 12% de umidade (cm);  $L_0$  = dimensão anidra (cm);  $L_s$  = dimensão saturada (cm);  $m_{12\%}$  = massa à 12% de umidade (g);  $m_0$  = massa anidra (g);  $v_s$  = volume saturado ( $\text{cm}^3$ );  $v_{12\%}$  = volume à 12% de umidade ( $\text{cm}^3$ ).

Para análise estatística das propriedades físicas, as amostras foram segmentadas entre os dois tipos de lenhos (juvenil e adulto), de acordo com a divisão proposta pela metodologia de segregação.

As propriedades físicas avaliadas foram submetidas à análise de variância simples (ANOVA), utilizando-se como fator o tipo de lenho. Dessa maneira, as variáveis dependentes significativas pelo teste F, foram desdobradas e analisadas por meio de testes de médias LSD de Fisher, com níveis de probabilidade de erro de 1 e 5%. Com a finalidade de auxiliar na interpretação dos dados, foram realizadas análises de correlação simples (Pearson) para cada lenho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos matemáticos lineares propostos para a predição da massa específica básica pela variação da distância radial até a medula, foram significativos exceto para o lenho adulto da árvore 2 (Tabela 1).

Sendo que os diâmetros sem casca das árvores 1, 2 e 3 foram de 41, 35 e 40 cm, respectivamente e o número de anéis de crescimento de cada uma delas foram de 129, 121 e 124 anéis, respectivamente, verificaram-se diferenças para a idade de segregação entre as árvores analisadas. A árvore 1 segregou aos 37 anos de idade, a árvore 2 aos 44 anos e a árvore 3 aos 34 anos. Portanto, estima-se, pelas idades observadas nas três árvores, que a madeira de cedro segrega entre 37 e 40 anos de idade.

Segundo Kollmann e Coté (1968), a massa específica da madeira além de variar entre espécies, pode ser alterada em função das características da própria espécie, ainda podendo ser influenciada por condições externas, variações ambientais e intervenções silviculturais. Para Alzate et al. (2005), as variações da massa específica no sentido radial, bem como no sentido longitudinal, estão relacionadas com a idade da árvore, amostragem, genótipo e condições ambientais.

Na Figura 2, pode-se observar um aumento abrupto dos valores de massa específica na região do lenho juvenil. O padrão de variação observado, mostrou-se bem caracterizado dada a determinação dos modelos matemáticos ajustados, como por exemplo, no caso da árvore 3, que mostrou uma probabilidade de 61% de determinar a massa específica básica com base na distância radial até a medula. Na sequência da distribuição dos dados nos gráficos, visualizou-se uma região de transição, onde o comportamento não apresentou um padrão definido e,

por fim, uma região na qual se denotou a estabilização da distribuição dos valores.

Analogamente ao comportamento visualizado na Figura 2, Peres et al. (2012) e Gatto et al. (2012), examinando diferentes espécies de folhosas nativas, verificaram comportamento semelhante da massa específica básica no sentido medula à casca, de modo a possibilitar a segregação entre os lenhos por meio do método das retas de regressão. Nesse contexto, os mesmos autores frisaram que esse comportamento encontra-se condicionado ao manejo florestal, qualidade do sítio e dos caracteres anatômicos, inferindo a possibilidade de aumentar a exatidão dos resultados ponderando-se esses aspectos.

Abordando a anatomia da madeira, por meio do parâmetro comprimento de fibras, Calonego et al. (2005), Gatto et al. (2008) e Gatto et al. (2010) verificaram comportamento similar no sentido medula à casca, de modo que os valores apresentaram um acréscimo a partir da medula e uma estabilização logo após o término da região de formada pelo lenho juvenil.

Os valores médios de massa específica básica mostraram-se menores do que os encontrados no estudo de Jankowsky et al. (1990), em que os valores variaram entre 0,47 e 0,61 g.cm<sup>-3</sup> e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (MAINIERI, 1989), em que o valor médio para o parâmetro foi de 0,44 g.cm<sup>-3</sup>. Para o lenho adulto, os valores observados foram mais elevados do que no lenho juvenil, todavia, quando analisados pela aplicação de uma análise de variância simples (ANOVA), não foi verificada diferença estatística significativa como mostrado na Tabela 2, que apresenta a estatística descritiva conforme a separação entre lenhos proposta pela Tabela 1.

Embora não tenha sido observada diferença significativa entre os valores médios de massa específica básica na comparação entre os lenhos

**Tabela 1.** Modelos matemáticos de regressão.

**Table 1.** Mathematical regression models.

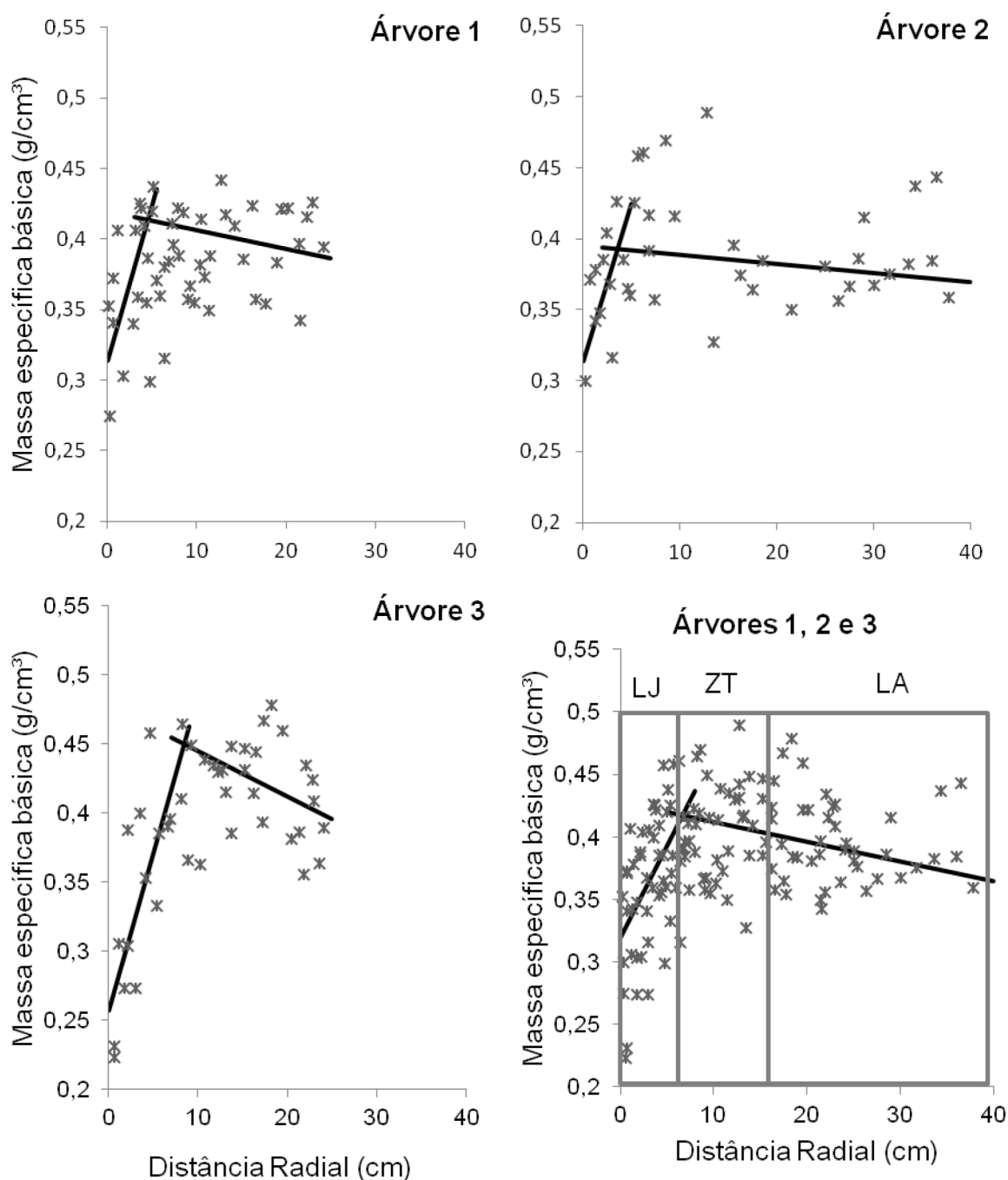
| Árvore | Segregação (cm) | Segregação (anel) | Equação                               | R <sup>2</sup> | Syx      | F     | P     |
|--------|-----------------|-------------------|---------------------------------------|----------------|----------|-------|-------|
| 1      | 4,53            | 37                | a $\rho = 0,314066 + 0,0220505 * d$   | 44,02          | 0,038941 | 6,29  | <0,05 |
|        |                 |                   | b $\rho = 0,420063 - 0,00135397 * d$  | 39,43          | 0,012225 | 7,81  | <0,05 |
| 2      | 3,75            | 44                | a $\rho = 0,332013 + 0,0147853 * d$   | 36,56          | 0,034642 | 7,49  | <0,05 |
|        |                 |                   | b $\rho = 0,394943 - 0,000633875 * d$ | 21,56          | 0,009843 | 2,47  | >0,05 |
| 3      | 8,46            | 34                | a $\rho = 0,25678 + 0,0228454 * d$    | 61,43          | 0,047951 | 22,3  | <0,01 |
|        |                 |                   | b $\rho = 0,477245 - 0,00326684 * d$  | 18,14          | 0,030178 | 4,66  | <0,05 |
| 1 2 3  | 6,68            | 40                | a $\rho = 0,318748 + 0,014725 * d$    | 26,22          | 0,04593  | 15,99 | <0,01 |
|        |                 |                   | b $\rho = 0,427587 - 0,0015706 * d$   | 13,34          | 0,026652 | 7,85  | <0,01 |

Em que:  $\rho$  = massa específica básica; d = distância radial até a medula (cm); R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação do modelo; Syx = erro médio padrão; F = valor F calculado; P = nível de probabilidade de erro; a = regressão linear para o lenho juvenil; b = regressão linear para o lenho adulto; ns = não significativo.

juvenil e adulto, as demais propriedades físicas apresentaram diferença significativa a 1 e a 5% de probabilidade de erro nessa comparação.

Tendo em vista a Tabela 2, segundo a classificação proposta por Nock et al. (1975), a madeira de cedro pode ser considerada como excelente dado os valores médios de coeficiente de anisotropia (abaixo de 1,5). Ainda conforme os mesmos autores, nesse sentido, a madeira dessa espécie pode ser indicada para usos que não permitam empenamentos, torções, etc., como por exemplo, janelas, móveis, e instrumentos musicais.

Os valores dos coeficientes de contração e inchamento (radial, tangencial e volumétrico), bem como os coeficientes de retratibilidade (radial e tangencial) do lenho juvenil mostraram-se superiores quando comparados aos do lenho adulto. Conforme Panshin e De Zeeuw (1980), as contrações apresentam valores mais elevados nas regiões próximas à medula, decrescendo rapidamente no sentido da casca, em decorrência da redução do ângulo microfibrilar da parede celular, do aumento do comprimento das fibras e do aumento do teor de celulose.



**Figura 2.** Gráficos para a distância radial até a medula versus massa específica básica com suas respectivas retas de regressão extrapoladas. Em que: LJ= lenho juvenil; ZT= zona de transição; LA= lenho adulto.

**Figure 2.** Graphs for the radial distance to pit against the basic density with their respective extrapolated regression lines. LJ= juvenile wood; ZT= transition zone; LA= mature wood.

**Tabela 2.** Valores médios das propriedades físicas da madeira de *Cedrela fissilis* em função do lenho (juvenil e adulto).  
**Table 2.** Mean values of the physical properties of *Cedrela fissilis* relating to juvenile and mature wood.

| Parâmetro | Lenho          |         |          | Valor F  |         |       |
|-----------|----------------|---------|----------|----------|---------|-------|
|           |                | Juvenil | Adulto   |          |         |       |
| ρ         | Básica         | μ       | 0,378 a  | 0,389 a  | 1,68ns  |       |
|           |                | ς       | 0,065    | 0,042    |         |       |
|           | Aparente a 12% | μ       | 0,537 b  | 0,503 a  | 12,80** |       |
|           |                | ς       | 0,065    | 0,052    |         |       |
| β         | t              | μ       | 17,258 b | 9,072 a  | 72,39** |       |
|           |                | ς       | 7,617    | 3,754    |         |       |
|           | r              | μ       | 12,813 b | 9,802 a  | 9,95**  |       |
|           |                | ς       | 6,221    | 4,666    |         |       |
|           | v              | μ       | 32,043 b | 23,411 a | 27,45** |       |
|           |                | ς       | 11,058   | 8,816    |         |       |
| α         | t              | μ       | 21,898 b | 9,669 a  | 77,08** |       |
|           |                | ς       | 11,814   | 4,146    |         |       |
|           | r              | μ       | 15,294 b | 10,992 a | 20,24** |       |
|           |                | ς       | 8,572    | 5,748    |         |       |
|           | v              | μ       | 49,232 b | 30,448 a | 39,25** |       |
|           |                | ς       | 22,248   | 14,018   |         |       |
|           | Q              | t       | μ        | 0,233 b  | 0,195 a | 6,06* |
|           |                |         | ς        | 0,110    | 0,068   |       |
| r         |                | μ       | 0,242 b  | 0,192 a  | 4,75*   |       |
|           |                | ς       | 0,141    | 0,095    |         |       |
| A         | μ              | 1,356 a | 1,106 b  | 6,53*    |         |       |
|           | ς              | 0,286   | 0,543    |          |         |       |

Em que: ρ= massa específica básica; ρ12%= massa específica aparente a 12%; Q= coeficiente de retratibilidade; β= contração; α= inchamento; A= anisotropia; t= tangencial; r= radial; v= volumétrica; μ: média aritmética; ς= desvio padrão; \*\*= significativo a 1% de probabilidade de erro; \*= significativo a 5% de probabilidade de erro; ns= não significativo. Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem estatisticamente entre si.

Segundo Meylan (1972), o ângulo microfibrilar influencia na estabilidade dimensional da madeira devido a sua relação com os espaços intracelulares, dessa forma quando o ângulo microfibrilar é maior, há mais espaços entre as microfibrilas, o que acaba por corroborar com a deformação da parede celular na medida em que se dão os mecanismos de adsorção e desorção de água higroscópica.

Conforme a classificação proposta pelo IPT (1985), a madeira de cedro pode ser considerada como de alta contração pelos valores médios obtidos para a contração volumétrica de 32,04% e 23,41%, respectivos aos lenhos juvenil e adulto.

Para melhor interpretação dos resultados, na Tabela 3 é apresentada a análise de correlação simples (Pearson) realizada para ambos os lenhos.

**Tabela 3.** Correlação linear (Pearson) entre as propriedades físicas da madeira de *Cedrela fissilis* para o lenho juvenil e adulto.

**Table 3.** Pearson's linear correlation between the physical properties of *Cedrela fissilis*, for juvenile and mature wood.

|                      | d | ρ                   | ρ12%                | Qr                  | Qt                  | αv                  | βv                  | A                   |
|----------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Lenho juvenil</b> |   |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| d                    | 1 | 0,13 <sup>ns</sup>  | 0,26 <sup>ns</sup>  | 0,13 <sup>ns</sup>  | 0,07 <sup>ns</sup>  | -0,07 <sup>ns</sup> | -0,04 <sup>ns</sup> | -0,21 <sup>ns</sup> |
| ρ                    |   | 1                   | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,29*              | -0,05 <sup>ns</sup> | -0,19 <sup>ns</sup> | -0,19 <sup>ns</sup> | -0,39**             |
| ρ12%                 |   |                     | 1                   | 0,23 <sup>ns</sup>  | 0,23 <sup>ns</sup>  | 0,22 <sup>ns</sup>  | 0,20 <sup>ns</sup>  | -0,45**             |
| Qr                   |   |                     |                     | 1                   | 0,10 <sup>ns</sup>  | 0,62**              | 0,49**              | -0,02 <sup>ns</sup> |
| Qt                   |   |                     |                     |                     | 1                   | 0,13 <sup>ns</sup>  | 0,15 <sup>ns</sup>  | -0,20 <sup>ns</sup> |
| αv                   |   |                     |                     |                     |                     | 1                   | 0,97**              | -0,12 <sup>ns</sup> |
| βv                   |   |                     |                     |                     |                     |                     | 1                   | -0,10 <sup>ns</sup> |
| A                    |   |                     |                     |                     |                     |                     |                     | 1                   |
| <b>Lenho adulto</b>  |   |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| d                    | 1 | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,02 <sup>ns</sup> | -0,02 <sup>ns</sup> | 0,11 <sup>ns</sup>  | -0,16 <sup>ns</sup> | -0,19 <sup>ns</sup> | -0,12 <sup>ns</sup> |
| ρ                    |   | 1                   | 0,31**              | -0,37**             | -0,13 <sup>ns</sup> | -0,32**             | -0,32**             | -0,32**             |
| ρ12%                 |   |                     | 1                   | -0,03 <sup>ns</sup> | 0,16 <sup>ns</sup>  | -0,04 <sup>ns</sup> | -0,03 <sup>ns</sup> | -0,13 <sup>ns</sup> |
| Qr                   |   |                     |                     | 1                   | 0,06 <sup>ns</sup>  | 0,38**              | 0,38**              | 0,52**              |
| Qt                   |   |                     |                     |                     | 1                   | 0,21*               | 0,21*               | -0,25*              |
| αv                   |   |                     |                     |                     |                     | 1                   | 0,99**              | 0,39**              |
| βv                   |   |                     |                     |                     |                     |                     | 1                   | 0,37**              |
| A                    |   |                     |                     |                     |                     |                     |                     | 1                   |

Em que: d= distância radial até a medula (cm); ρ= massa específica básica; ρ12%= massa específica aparente a 12%; Qr= coeficiente de retratibilidade radial; Qt= coeficiente de retratibilidade tangencial; αv= inchamento volumétrico; βv= contração volumétrica; A= coeficiente de anisotropia; \*\*= significativo a 1% de probabilidade de erro; \*= significativo a 5% de probabilidade de erro; ns= não significativo.

A massa específica básica apresentou correlação significativa e negativa no lenho adulto com o coeficiente de retratibilidade radial, contração volumétrica, inchamento volumétrico e coeficiente de anisotropia. No lenho juvenil foi denotada correlação negativa entre a massa específica básica e o coeficiente de anisotropia e o coeficiente de retratibilidade radial, já para massa específica aparente a 12% verificou-se correlação apenas com o coeficiente de anisotropia.

Ainda na Tabela 3, observou-se que, de maneira geral, o lenho adulto apresentou valores superiores ao lenho juvenil, quando avaliadas as mesmas correlações, o que infere maior homogeneidade de suas propriedades, como amplamente discutido no presente trabalho com relação à massa específica básica.

## CONCLUSÃO

A segregação do lenho de cedro ocorreu entre 34 e 444 anos de idade dos indivíduos arbóreos estudados. Nesse contexto, a metodologia utilizada para a segregação dos lenhos foi satisfatória, dada a significância estatística entre os parâmetros físicos dos lenhos juvenil e adulto.

A demarcação entre os lenhos juvenil e adulto indicou a importância de um planejamento florestal que permita a utilização da madeira de cedro a partir de idades relativamente elevadas (aproximadamente 40 anos).

De modo geral, a madeira de cedro possui valores elevados de retratibilidade, no entanto, ainda assim dentro dos limites encontrados na literatura. Os coeficientes de anisotropia encontrados conferem a madeira de cedro uma ampla possibilidade de utilização nos setores comercial e industrial, em decorrência da baixa probabilidade de incidência de defeitos de secagem.

As propriedades físicas respectivas à estabilidade dimensional mostraram-se melhores no lenho adulto, quando comparadas as do lenho juvenil, indicando a melhor qualidade do lenho adulto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 68, p. 87-95, ago. 2005.

ASTM - American Society for Testing and Materials.

ASTM D143-94. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber West. Conshohocken, 2007.

ASTM - American Society for Testing and Materials. ASTM D5536-94. Standard practice for sampling forest trees for determination of clear wood properties. Philadelphia, 2010.

BENDTSEN, B. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Product Journal*, Madison, v. 28, n. 10, p. 61-72, 1978.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. ASSIS, A. A.. Mensuração do comprimento das fibras para determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Forestalis* v. 68, p. 113-121, ago. 2005.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. *Tecnologia da madeira: retratibilidade*. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33 p. (Série técnica, 10)

EVANGELISTA, W.V.; SILVA, J.C.; DELLA LUCIA, R.M.; LOBO, L.M.; SOUZA M.O. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no sentido radial e longitudinal. *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 1-19, 2010.

FERREIRA, G. B. *Análise dendroclimatológica do cedro (Cedrela fissilis L. - Meliaceae) para reconstrução do cenário ambiental recente da cidade de São Paulo, SP*. 2012, 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

GATTO, D. A., HASELEIN, C. R., BULIGON, E. A., CALEGARI, L., STANGERLIN, D. M., OLIVEIRA, L. S. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto de *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch por meio de parâmetros anatômicos da madeira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 675-682, out./dez. 2010.

GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R.; BULIGON, E. A.; CALEGARI, L.; STANGERLIN, D. M. OLIVEIRA, L.S. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto para *Platanus x acerifolia* (Ait.) Wild. *Cerne*. Lavras, v. 13, n. 4, p. 393-398, 2007.

GATTO, D. A., HASELEIN, C. R., BULIGON, E. A.,

- CALEGARI, L., STANGERLIN, D. M., OLIVEIRA, L. S. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 535-540, 2008.
- GATTO, D. A.; MARTINS, M. F.; CADEMARTORI, P. H. G.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; BELTRAME, R. Segregação do lenho de nogueira-pecã (*Carya illinoensis*) pela variação radial da massa específica básica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v. 7 (Suplemento), p. 838-843, 2012.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo, 1985. 189 p. (Boletim ABPM, 36).
- JANKOWSKY, I. P.; CHIMELO, J. P.; CAVANCANTE, A. A.; GALINA, I. C. M.; NAGAMURA, J. C. S. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172 p.
- KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JR., W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer Verlag, 1968. v. 1.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. 2.ed. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.
- MEYLAN, B. A. The influence of microfibril angle on the longitudinal shrinkage-moisture content relationship. **Wood science and technology**, New York, n. 6, p. 293-301, 1972.
- NOCK, H. P.; RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. **Tecnologia da madeira**. Curitiba: UFPR, 1975. 216 p.
- NOGUEIRA, M. V. P.; VALE, A. T. Massa específica básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de cerrado: relação com a massa específica básica média e variação radial e axial. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 547-554, 1997.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Text book of wood technology**. 4.ed. New York: Mc Graw Hill, 1980. 722 p.
- PERES, M. L.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; BELTRAME, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto pela variação da massa específica de açoita-cavalo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1596-1602, set. 2012.
- RAMSAY, W.; BRIGGS, D. Juvenile wood: has it come of age. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1985, Washington. **Proceedings...** Madison: Forest Products Research Society, 1986. p. 5-11.
- SANTOS, S. S.; MOURA, M. E.; GUEDES, R. S.; GONÇALVES, E. P.; ALVES, E. U.; MELO, P. A. F. R. Emergência e vigor de plântulas de *Cedrela fissilis* L. em função de diferentes posições de profundidades de semeadura. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 4, p. 45-52, 2009.
- TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Van Nostrand Reinold, 1991. 494 p.
- VALE, A. T.; DEL MENEZZI, C. ROCHA, L. R. Massa específica básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* cultivado em cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 387-394, dez. 2009.
- VITAL, B. R.; TRUGILHO, P. F. Variação dimensional e uso da madeira de *Eucalyptus*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 186, n. 18, p. 57-61, 1997.
- YAO, J. Influence of grown rate on specific gravity and other selected properties for Loblolly pine. **Wood Science and Technology**. New York, v. 4, p. 163-175, 1970.

Recebido em 03/06/2013  
Aceito para publicação em 14/11/2013