

DEMARCAÇÃO DA MADEIRA JUVENIL E ADULTA DE *Corymbia citriodora*

Hernando Alfonso Lara Palma¹, Elaine Cristina Leonello², Adriano Wagner Ballarin³

RESUMO: O presente trabalho foi realizado com o objetivo de determinar a região de transição entre a madeira juvenil e adulta de *Corymbia citriodora* (*Eucalyptus citriodora*) com 29 anos de idade, procedente da Estação Experimental de Ciências Florestais (EECF-LCF/ESALQ-USP), localizada em Anhembi, SP. Foram caracterizadas as regiões de madeira juvenil e adulta, por meio de estudos anatômicos - comprimento das fibras axiais -, seguindo as recomendações do International Association of Wood Anatomists (1989), utilizando-se discos ao DAP das árvores. As medições de comprimento das fibras foram realizadas em equipamento de aquisição, diagnóstico e análise de imagens. Foram montadas cinco lâminas, a cada centímetro, na direção radial e mensurados seis comprimentos de fibras por lâmina, perfazendo um total de 30 medições por região amostrada. No total, foram mensurados 1.740 comprimentos de fibras em três discos estudados. Os resultados indicam tendência de aumento acentuado e linear no comprimento das fibras, da ordem de 79%, da medula até 11 cm de raio. Entre 12 cm e 19 cm do raio, o comprimento se mantém quase constante e, a partir desse ponto, o comprimento das fibras aumenta levemente até a casca. Dessa forma, pode-se concluir que, para essa espécie e altura de amostragem quando a árvore tem 29 anos de idade, a extensão da madeira juvenil vai até 52% do seu raio.

Palavras-chave: Comprimento de fibras, anatomia da madeira, *Corymbia citriodora*.

DEMARCATIION OF JUVENILE AND MATURE WOOD OF *Corymbia citriodora*

ABSTRACT: This paper had the objective of determining the transition regions between the juvenile and mature wood of *Corymbia citriodora* (*Eucalyptus citriodora*) of 29 years of age from the Experimental Station of Forest Science (EECFA-LCF/ESALQ-USP), located in Anhembi, in the State of São Paulo. The regions of juvenile and mature wood were characterized through anatomical studies - axial fiber length - following the recommendations of the International Association of Wood Anatomists (1989) using disks at the DBH of the trees. The measurements of fiber length were made in equipment for acquisition, diagnosis and image analysis. Five slices were made for every centimeter, in the radial direction and six fiber lengths per slice were measured, producing 30 measurements per sample region. In the total, 1740 lengths of fiber were measured in three disks that were studied. Results indicate a trend of accentuated and linear increase for the length of fibers, from the pith to 11 cm of radial of about 79%. Between 12 cm and 19 cm of the radius, fibers length remained almost constant, and from that point on, the fiber length tended to slightly increase to the bark. It can be concluded that for these trees, at this height of sampling, when the tree has 29 years of age, the extension of the juvenile wood goes up to 52% of its radius.

Key words: Length of fibers, wood anatomy, *Corymbia citriodora*.

1 INTRODUÇÃO

Com a redução da disponibilidade mundial de madeira de florestas tropicais e com as restrições à continuidade da utilização indiscriminada desse tipo de florestas para fornecimento de madeira de uso industrial, as espécies provenientes de plantações, tais como *Eucalyptus* e *Pinus*, passaram a constituir uma alternativa, que se torna cada vez mais importante no abastecimento de indústrias madeireiras. É o caso da construção civil e

da fabricação de móveis de alta qualidade, por exemplo, nas quais madeira destas espécies pode substituir com vantagens madeira de espécies nativas tradicionais (OLIVEIRA; HELLMAISTER; TOMAZELO FILHO, 2000).

Entretanto, a madeira de muitas espécies de *Eucalyptus* (antigo gênero no qual a espécie *Corymbia citriodora* se enquadrava), amplamente utilizada pela indústria madeireira como substituto imediato de madeiras nativas, apresenta grande proporção de madeira juvenil.

¹Engenheiro Industrial Madeireiro, Professor Doutor – Departamento de Recursos Naturais/DRN – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Cx. P. 237 - 18610-307 – Botucatu, SP – larapalma@fca.unesp.br

²Engenheira Florestal, Mestranda em Ciência Florestal – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Cx. P. 237 - 18610-307 – Botucatu, SP – leonelloelaine@hotmail.com

³Engenheiro Civil, Professor Adjunto – Departamento de Engenharia Rural/DER – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Cx. P. 237 - 18610-307 – Botucatu, SP – awballarin@fca.unesp.br

Essa situação dificulta os processos de transformação da madeira e, muitas vezes, constitui um obstáculo à viabilização do seu uso industrial.

A madeira juvenil corresponde a uma região central na árvore de forma cilíndrica, com diâmetro aproximadamente uniforme, estendendo-se desde a base até o topo da árvore (ZOBEL; BUIJTENEN, 1989; ZOBEL; SPRAGUE, 1998).

Segundo Bendtsen (1978) e Ramsay e Briggs (1986), a madeira juvenil é o xilema secundário formado durante a fase jovem do câmbio vascular da árvore (início da vida da árvore). Esse período pode variar de acordo com a espécie e as condições ambientais.

A proporção de madeira juvenil existente em uma tora é uma característica que depende fundamentalmente da idade da árvore, do ambiente de plantio e do manejo. Entretanto, a uma mesma idade e em condições semelhantes de ambiente e de manejo, pode-se verificar que existe expressiva variabilidade neste aspecto. Em algumas espécies e indivíduos, a formação de madeira juvenil estende-se por vários anos, enquanto em outras a formação de madeira adulta inicia-se mais cedo. O que caracteriza essas variações são as diferenças que se estabelecem nas proporções de madeira juvenil em relação à madeira adulta acumuladas no tronco (ASSIS, 2009).

A madeira juvenil, de forma geral, caracteriza-se por menor densidade, maior ângulo das microfibrilas na camada S_2 da parede celular, traqueídes mais curtos, contração transversal menor, maior contração longitudinal, maior proporção de lenho de reação, menor porcentagem de lenho tardio, paredes celulares mais finas, maior conteúdo de lignina e hemicelulose, menor conteúdo de celulose e menor resistência em relação à madeira mais adulta (BENDTSEN, 1978; ZOBEL, 1984; SENFT; BENDTSEN; GALLIGAN, 1986).

O comprimento das células nas folhosas pode ser de 1,5 a 2 vezes menor na madeira juvenil que na adulta e de 3 a 4 vezes nas coníferas (ZOBEL, 1980). Kretschmann (2008) relatou que a presença de madeira juvenil reduz em 15% a 25% os valores de cisalhamento paralelo, compressão perpendicular, tração perpendicular e módulo de ruptura. Carter et al. (2005) reportam que a velocidade de propagação das ondas de tensão na madeira diminui com o aumento do percentual de madeira juvenil.

Segundo Zobel (1980) e Krahmer (1985), o comprimento das células constitui uma das principais variáveis na definição do limite entre a madeira adulta e a juvenil. As fibras são mais curtas na região de madeira juvenil que na madeira adulta, sendo mais curtas perto da medula, aumentando rapidamente na zona de madeira juvenil em direção à casca. Mudanças no comprimento das fibras da zona adulta da árvore são muito pequenas. Zobel e Buijtenen (1989) relatam que a mudança de madeira juvenil para madeira adulta não se processa da mesma forma para as diferentes características e propriedades da madeira. Por exemplo, a estabilização e a mudança se dão de maneira mais rápida para a densidade do que para o comprimento das fibras.

Pesquisadores têm reportado a dificuldade na determinação precisa e consistente do limite entre a madeira juvenil e adulta, principalmente devido à transição gradual desta mudança, às variações existentes entre as espécies e à localização geográfica (BENDTSEN; SENFT, 1986; ABDEL-GADIR; KRAHMER, 1993).

Muitos pesquisadores têm utilizado vários métodos para determinar a idade ou o limite entre a madeira juvenil e a adulta. Por exemplo, Loo, Tauer e Mcnew (1985) determinaram este limite como sendo o ponto de interseção de duas regressões lineares de densidade; Bendtsen e Senft (1986) utilizaram análises de regressões por partes, análise diferencial, análise da inclinação da curva e análise visual subjetiva da densidade; Clark III e Saucier (1989) utilizaram inspeção visual de gráficos de densidade; Yang, Benson e Wong (1986) e Meza-Juárez et al. (2005) utilizaram as mudanças na largura dos anéis de crescimento; Abdel-Gadir e Krahmer (1993) aplicaram regressões segmentadas e, recentemente, Cooper et al. (2008) analisaram imagens coloridas, captadas com eletrodos de varredura, (EIT) em toras com excelente desempenho na detecção de madeira juvenil.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de determinar a região de madeira juvenil e adulta na direção radial (sentido medula-casca) por meio de estudos microscópicos (comprimento de fibras) da espécie *Corymbia citriodora* (*Eucalyptus citriodora*), de 29 anos de idade, da região de Anhembi, SP.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As árvores para este estudo foram disponibilizadas pela Estação Experimental de Ciências Florestais (EECF – LCF/ESALQ-USP), localizada no município de Anhembi, SP, com plantio a partir de mudas procedentes de Nova Odessa, SP. Inicialmente, em 0,95 ha havia 1.584 árvores, em 1975, com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m e, até o corte (2006), foram realizados 4 desbastes, resultando em uma população final de 94 árvores por hectare.

Foram selecionadas três árvores desta espécie, escolhidas ao acaso e de cada árvore selecionada foi desdobrada uma tora de 700 mm de altura, na região basal do tronco, imediatamente abaixo do DAP, a partir da qual foi desdobrada uma prancha diametral central com 100 mm de espessura. Desta prancha foi serrada uma amostra diametral (A) de 70 mm de espessura, para a confecção de baguetas para o estudo (Figura 1).

De cada amostra diametral (A) foi retirada uma faixa de 1 cm de espessura e desta foi retirada uma bagueta no sentido do raio, de 1 cm de largura e comprimento igual ao diâmetro da amostra, passando pela medula central. As baguetas foram divididas em duas partes, lado esquerdo e lado direito, e de cada uma foram retiradas amostras de 1 cm em 1 cm de comprimento, a partir da medula até a casca. Para este estudo foram utilizadas as amostras do lado direito. Obtiveram-se 58 amostras das 3 árvores (21 da árvore 1, 18 da árvore 2 e 19 da árvore 3).

Após o processo de maceração e individualização das fibras, foram preparadas 5 lâminas de cada amostra e realizadas 6 medições de comprimento de fibras em cada lâmina, perfazendo 30 medições em cada amostra, totalizando 1.740 medições para as 3 árvores. Para o estudo anatômico (comprimento das fibras), para a determinação da madeira juvenil e adulta, foram seguidas as recomendações da norma International Association of Wood Anatomists (1989) e Coradin e Muñiz (1992).

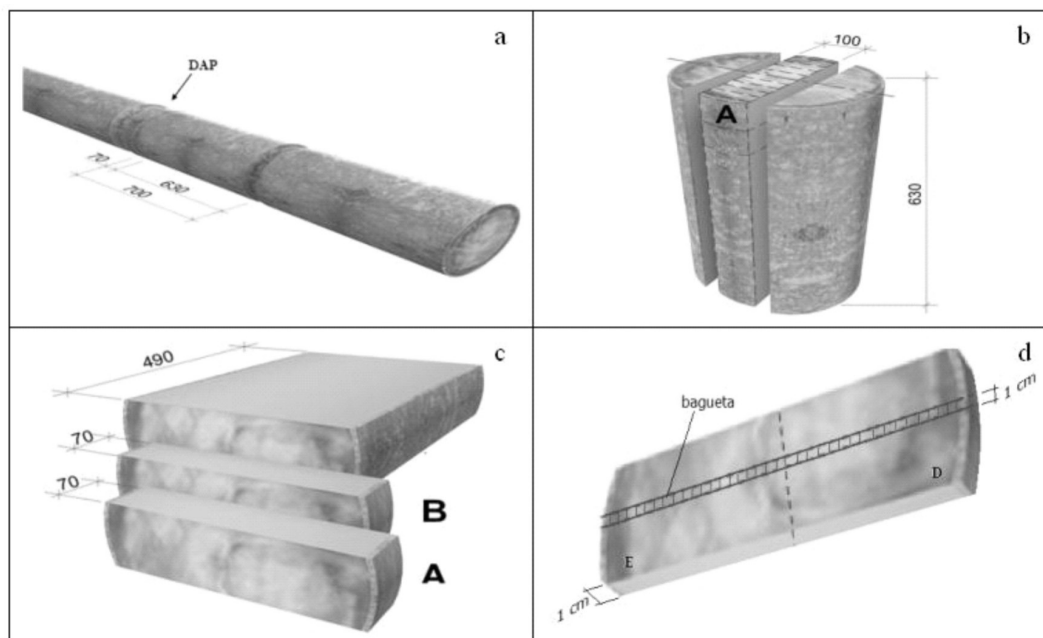


Figura 1 – Esquema da confecção dos corpos-de-prova. a) Tora retirada a partir do DAP; b) prancha central de onde foi retirada a faixa diametral A; c) faixa diametral para a análise anatômica da madeira (A); d) esquema da retirada das baguetas.

Figure 1 – Sampling technique for the specimens production a) Log obtained from the DAP region, b) Central dimension lumber from where diametral bands were obtained; c) Diametral band for anatomical analysis of wood (A), d) Specimens production from the diametral band.

As medições de comprimento das fibras foram realizadas em equipamento de análise de imagens, composto de microscópio trinocular marca Carl Zeiss, acoplado a uma câmera digital de alta resolução marca AxioCam MRc Color. Utilizou-se o software de análise de imagem Axio Vision 3.0 para aquisição e diagnóstico das imagens.

O limite entre as regiões de madeira juvenil e adulta foi estabelecido por meio de análise de regressão entre a distância radial no sentido medula-casca e os comprimentos médios de suas respectivas fibras. Na definição do limite entre a madeira juvenil e adulta, também foi considerada a porcentagem ou a taxa anual de incremento do comprimento das fibras. Também foram calculados os valores máximos, mínimos e médios, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios, mínimos e máximos, o desvio padrão e o coeficiente de variação do comprimento das fibras das três árvores estudadas. Nas Figuras 2, 3 e 4 observam-se as curvas resultantes do comprimento médio das fibras axiais na direção radial, junto aos trechos de cerne e alburno obtidos por meio de fotos digitais da madeira das árvores estudadas.

Pode-se observar, no geral, um padrão marcante de variação do comprimento das fibras ao longo do raio da árvore – comprimento crescente a partir da medula até certo valor, seguida de trecho com aumento ou

estabilização do valor. Assim, observam-se, no geral, dois padrões distintos de variação do comprimento das fibras: comprimento crescente a partir da medula, seguido de trecho com leve decréscimo do valor (árvore 3) e comprimento crescente a partir da medula, seguido de trecho com estabilização do valor (árvores 1 e 2). A região inicial de aumento do comprimento das fibras até estabilização do valor, que corresponde à madeira juvenil, desde a medula, é de cerca de 50%, 61% e 58%, ao longo do raio, para as árvores 1, 2 e 3.

Portanto, utilizando-se da inspeção visual da tendência do comprimento das fibras (nas árvores individuais), pode-se concluir que a região da madeira juvenil fica definida desde a medula até 11 cm do raio, aproximadamente.

No gráfico da Figura 5, observa-se o perfil de comprimento das fibras resultante do comprimento médio das fibras axiais na direção radial das três árvores e a melhor curva de regressão ($R^2 = 0,96$) obtida para este comportamento. Pode-se observar, no geral, um padrão marcante de variação do comprimento das fibras ao longo do raio da árvore – comprimento crescente a partir da medula, seguido de trecho com tendência de estabilização do valor. Observa-se um leve incremento do comprimento médio das fibras perto da casca.

O comprimento das fibras apresenta um aumento acentuado e praticamente linear, da ordem de 79%, até os 11 cm (cerca de 52% do raio) a partir do centro da amostra. A menor taxa anual de incremento do comprimento das fibras foi de 1,4%, entre 10 e 11 cm. A partir dos 12 cm do raio até a casca (com exceção no cm 20), o comprimento

Tabela 1 – Comprimento médio das fibras – árvores individuais.

Table 1 – Average fiber length - individual trees.

	Valores médios (μm)								Média espécie
	Árvore 1		Árvore 2		Árvore 3		Espécie		
	Juvenil	Adulta	Juvenil	Adulta	Juvenil	Adulta	Juvenil	Adulta	
Média	1018	1203	1041	1191	902	1057	987	1153	1059
Mínimo	669	1152	737	1130	566	981	566	981	566
Máximo	1245	1265	1213	1244	1083	1146	1245	1265	1265
Desvpad	192,62	34,78	168,46	41,07	167,24	53,55	181,74	78,91	167,56
CV (%)	18,92	2,89	16,18	3,45	18,54	5,06	18,41	6,84	15,83

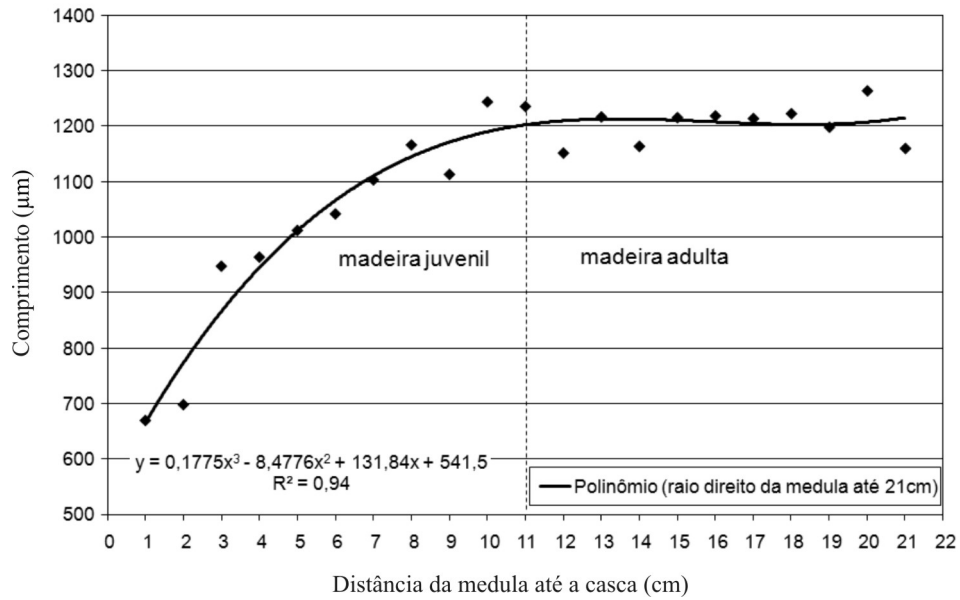


Figura 2 – Variação do comprimento médio das fibras ao longo do raio – árvore 1.

Figure 2 – Variation of the average length of fibers along the radius – tree 1.

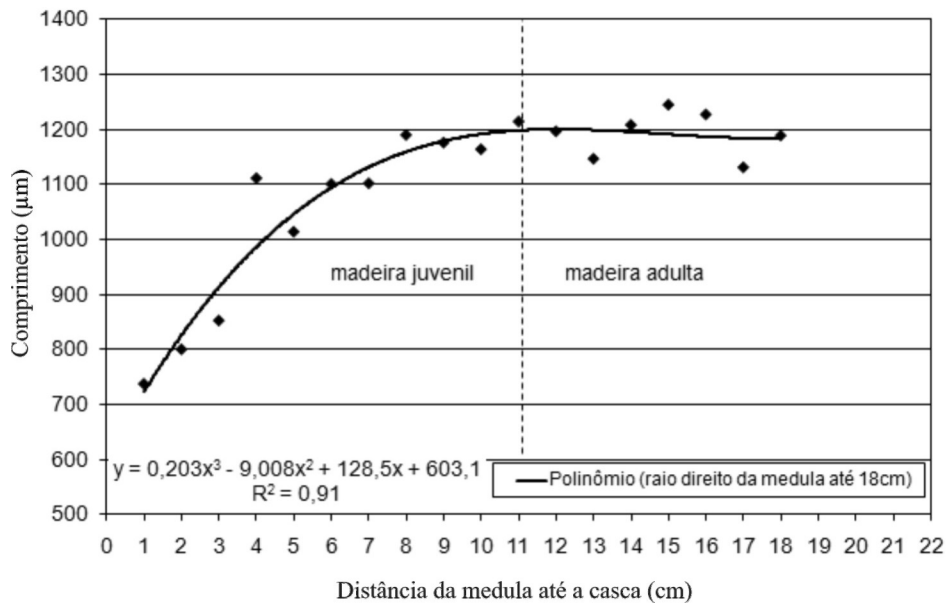


Figura 3 – Variação do comprimento médio das fibras ao longo do raio – árvore 2.

Figure 3 – Variation of the average length of fibers along the radius – tree 2.

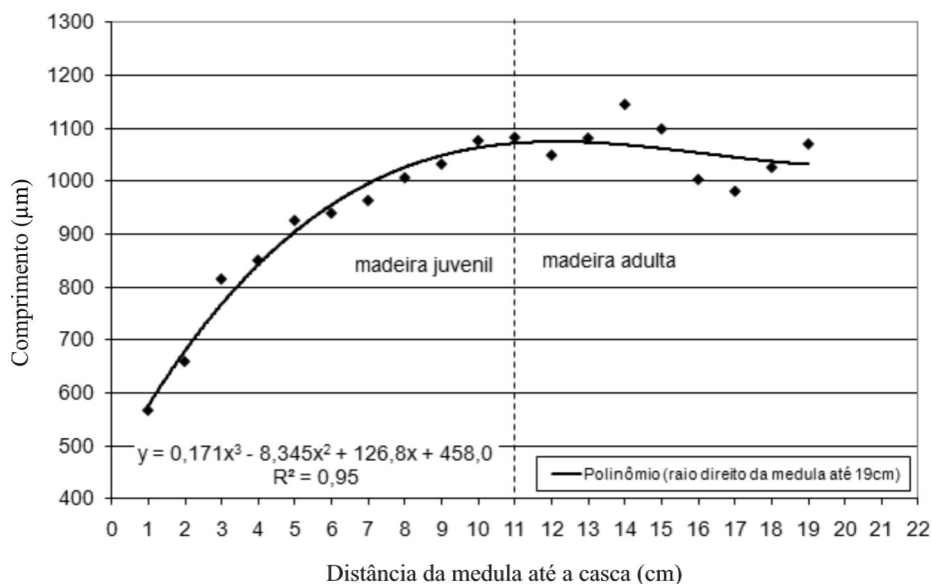


Figura 4 – Variação do comprimento médio das fibras ao longo do raio – árvore 3.

Figure 4 – Variation of the average length of fibers along the radius – tree 3.

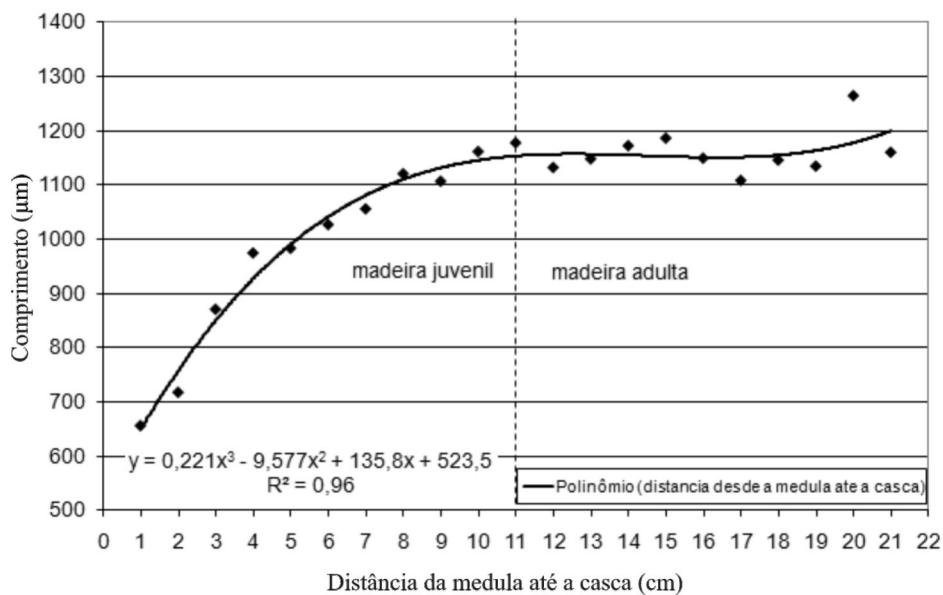


Figura 5 – Variação do comprimento médio das fibras ao longo do raio das três árvores.

Figure 5 – Variation of the average length of fibers along the radius of the three trees.

das fibras se mantém quase constante, complementando, assim, a análise da tendência dos dados, como uma forma de encontrar, de forma aproximada, o limite entre a madeira juvenil e a adulta.

Dessa análise pode-se concluir que a região de madeira juvenil fica definida desde o centro da árvore até os 11 cm do raio, aproximadamente e a região de madeira adulta desde os 12 cm do raio até a casca, mesmo comportamento apresentado nas árvores individuais.

A tendência, representada pelo aumento rápido da taxa anual de incremento do comprimento das fibras a partir da medula até estabilização, é característica na formação de madeira juvenil nos primeiros anos da árvore, comportamento semelhante ao observado por vários autores, tais como Senft, Bendtsen e Galligan (1986), Louzada e Fonseca (1991) e Calonego, Severo e Assis (2005).

Analisando os valores médios do comprimento das fibras apresentados na Tabela 1, observa-se uma variação de, aproximadamente, 987 μm a 1.167 μm para a madeira juvenil, a adulta e a espécie. Segundo Coradin e Muñiz (1992), na classificação de fibras curtas para folhosas, o comprimento varia de 900 μm a 1.600 μm . Nota-se que os valores médios para a madeira adulta, a juvenil e a da espécie se enquadram neste referencial.

Os valores médios encontrados na madeira juvenil, para a espécie, mostram-se mais variáveis (18%) em relação à madeira adulta (7%). A variação do comprimento médio das fibras da madeira juvenil nas árvores individuais (CV = 16,18% a 18,92%) também se mostra mais variável em relação à madeira adulta (CV = 2,89 a 5,06%), indicando, nas duas situações, maior homogeneidade do comprimento das fibras na região adulta.

4 CONCLUSÕES

A demarcação da região de madeira juvenil e adulta pode ser realizada por meio da variação do comprimento das fibras da espécie.

Com base nos resultados obtidos, a região de madeira juvenil fica definida da medula até os primeiros 11 cm do raio (50% a 61% do comprimento total do raio) e a região de madeira adulta, desde esse ponto até a casca.

O padrão de variação do comprimento das fibras foi crescente a partir da medula, seguida de um trecho

com estabilização do valor e, finalmente, um leve acréscimo.

A tendência apresentada no comprimento das fibras axiais confirma o padrão de variação no sentido radial ao tronco, em espécies de rápido crescimento do gênero *Eucalyptus*.

O comprimento médio das fibras da madeira juvenil é mais variável em relação à madeira adulta.

5 REFERÊNCIAS

- ABDEL-GADIR, A. Y.; KRAHMER, R. L. Estimating the age of demarcation of juvenile and mature wood in Douglas-fir. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 25, n. 3, p. 242-249, 1993.
- ASSIS, T. F. **Estratégias de melhoramento para a obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria**. 2009. Disponível em: <<http://www.celso-foelkel.com.br>>. Acesso em: 7 jul. 2010.
- BENDTSEN, B. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, Madison, v. 28, n. 10, p. 61-72, 1978.
- BENDTSEN, B.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and Loblolly Pine. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 18, n. 1, p. 21-38, 1986.
- CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; ASSI, P. P. Mensuração do comprimento das fibras para determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 113-121, ago. 2005.
- CARTER, P. et al. **Acoustic testing to enhance western forest values and meet customer wood quality needs**. **USDA Forest Service General Technical Reports**, Newtown Square, v. 642, p. 121-129, 2005.
- CLARK III, A.; SAUCIER, J. R. Influence of initial planting density, geographic location, and species on juvenile wood formation in southern pine. **Forest Products Journal**, Madison, v. 39, n. 7/8, p. 42-48, 1989.
- COOPER, J. E. et al. Detecting juvenile wood in southern pine logs with brush electrodes. In: EIT CONFERENCE, 9., 2008,

- Hanover. **Proceedings...** Hanover: Dartmouth Colege, 2008. 1 CD-ROM.
- CORADIN, V. T. R.; MUÑIZ, G. I. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia de madeira: (I) angiospermae, (II) gymnospermae.** Brasília: IBAMA, 1992. 17p. (Série Técnica, 15).
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. **List of microscopic features for hardwood identification.** *IAWA Bulletin*, Leiden, v. 10, n. 3, p. 210-232, 1989.
- KRAHMER, R. Fundamental anatomy of juvenile and mature wood. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD - WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1985, Washington. **Proceedings...** Madison: Forest Products Research Society, 1985. p. 12-16.
- KRETSCHMANN, D. E. The influence of juvenile wood content on shear parallel, compression, and tension perpendicular to grain strength and mode I fracture toughness of loblolly pine at various ring orientation. **Forest Products Journal**, Madison, v. 58, n. 7/8, p. 89-96, 2008.
- LOO, J. A.; TAUER, C. C.; MCNEW, R. N. Genetic variation in the time of transition from juvenile to mature wood in loblolly pine (*Pinus taeda*). **Silvae Genetica**, Frnkfurt, v. 34, n. 1, p. 14-19, 1985.
- LOUZADA, J. L.; FONSECA, F. M. **Influência do crescimento em diâmetro (DAP) e da qualidade do local na variação da densidade em *Pseudotsuga menziesii* Mirb. (Franco).** Vila Real: UTAD, 1991. (Série Técnica-Científica, 10).
- MEZA-JUÁREZ, D. J. et al. Determinación de La edad de transición de madera juvenil a madura em *Pinus patula* Schl. et. Cham. **Ra Ximhai**, México, v. 1, n. 2, p. 305-324, mayo/ago. 2005.
- OLIVEIRA, J. T.; HELLMMAISTER, J. C.; TOMAZELO FILHO, M. Eucalyptus wood characterization for construction in Brazil. In: **THE FUTURE OF EUCALYPTUS FOR WOOD PRODUCTS**, 2000, Launceston. **Proceedings...** Launceston: IUFRO, 2000. p. 98-105.
- 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.
- SENFT, J. F.; BENDTSEN, B. A.; GALLIGAN, W. L. Weak wood. **Journal of Forrestry**, Washington, v. 83, n. 8, p. 476-485, 1986.
- YANG, K. C.; BENSON, C. A.; WONG, J. K. Distribution of juvenile wood in two stems of *Larix laricina*. **Canadian Journal Forest Research**, Ottawa, v. 16, p. 1041-1049, 1986.
- ZOBEL, B. J. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. In: IUFRO CONFERENCE, 1980, Oxford. **Proceedings...** Oxford: IUFRO, 1980. p. 169-188.
- ZOBEL, B. J. The changing quality of the world wood supply. **Wood Science and Technology**, New York, v. 18, n. 1, p. 1-17, Mar. 1984.
- ZOBEL, B. J.; BUIJTENEN, J. P. van. **Wood variation: its causes and control.** Berlin: Springer-Verlag, 1989. 361p.
- ZOBEL, B. J.; SPRAGUE, J. R. **Juvenile wood in forest trees.** Berlin: Springer-Verlag, 1998. 300p.