

DELIMITAÇÃO ENTRE OS LENHOS JUVENIL E ADULTO DE *Pinus elliottii* ENGELM¹

Gilmara Pires de Moura Palermo² João Vicente de Figueiredo Latorraca², Elias Taylor Durgante Severo³, Alexandre Miguel do Nascimento² e Marcos Antônio de Rezende³

RESUMO – Durante o crescimento, as árvores produzem diferentes tipos de tecido lenhoso. O xilema produzido nos primeiros anos até certa idade cambial é denominado lenho juvenil e apresenta propriedades físicas, mecânicas, químicas e anatômicas diferentes do xilema produzido após certa idade cambial, isto é, quando as células do câmbio já amadureceram. Dessa forma, um prévio conhecimento sobre a qualidade da matéria-prima produzida é de fundamental importância para melhor aplicabilidade do material. Com base nesse contexto, este trabalho objetivou, a partir de dados de comprimento de traqueídeos e densidade da madeira, delimitar a idade de transição entre os lenhos juvenil e adulto. Para isso, coletaram-se três árvores de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm., com 35 anos de idade, provenientes da Estação Experimental de Itapetininga, localizada em São Paulo, Brasil. De cada árvore, retiraram-se discos de aproximadamente 5 cm de espessura, extraídos a 0,05 m do solo, que foram utilizados para determinação radial da densidade pelo método de atenuação da radiação gama e comprimento dos traqueídeos. Os resultados da análise de regressão linear indicaram que o lenho juvenil está limitado aos sete primeiros anos de crescimento da árvore e o lenho adulto é formado após os 20 anos de idade. No lenho adulto há diferenças significativas entre as idades médias obtidas através do comprimento dos traqueídeos e da densidade da madeira.

Palavras-chave: Densidade da madeira, Idade de transição, Qualidade da madeira.

DELIMITATION THE JUVENILE AND MATURE WOOD OF *Pinus elliottii* ENGELM

ABSTRACT – Trees produce different types of woody tissue during growth. The xylem produced in the first years until a certain cambial age is called juvenile wood and has different physical, mechanical, chemical and anatomical characteristics from that produced later, when the cambial cells have matured. Thus, prior knowledge of the quality of the wood is of fundamental importance for choosing the best use of the material. This work aimed at using data from length of the tracheid and wood density to define the age transition from juvenile to mature wood. For this, three *Pinus elliottii* var. *elliottii* trees, aged 35 years, were collected at the Itapetininga Experimental Station, located in the state of São Paulo, Brazil. From each tree, disks of about 5 cm thick were obtained 0.05 m above the ground and used to determine the radial density by the gamma ray attenuation method and to measure the length of the tracheids. The results obtained by linear regression analysis showed that juvenile wood is limited to the first seven years of tree growth and the formation of mature wood occurs after twenty years. For the mature wood, there are significant differences among the averages obtained from the tracheid length and wood density.

Keywords: Wood density, Age transition, Wood quality.

¹ Recebido em 11.06.2012 aceito para publicação em 20.12.2012.

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: <gilpalermo@hotmail.com>, <latorraca@ufrj.br> e <gabriel2066@hotmail.com>.

³ Universidade Estadual Paulista, Brasil. E-mail: <severo@fca.unesp.br> e <rezende@ibb.unesp.br>.

1. INTRODUÇÃO

A madeira, por ser material heterogêneo, apresenta propriedades físicas, químicas, mecânicas e anatômicas que variam entre espécies, dentro da espécie e até mesmo dentro da própria árvore. Dessa forma, conhecer a multiplicidade e interação das propriedades que tornam a madeira matéria-prima ideal para determinado uso é de fundamental importância para o seu emprego correto.

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), de acordo com as propriedades estruturais da madeira, o fuste das árvores pode ser dividido em duas regiões: o xilema, produzido nos primeiros anos de crescimento até certa idade cambial, que é denominado lenho juvenil; e o xilema produzido após o período de transição, denominado lenho adulto. O lenho juvenil está localizado no centro da árvore, ao redor da medula, e se estende até o topo da árvore. Já o lenho adulto se encontra localizado próximo à casca.

Em coníferas, o lenho juvenil, quando comparado com o lenho adulto, independente da altura da árvore, apresenta baixa densidade; alta contração longitudinal; maior ângulo fibrilar, resultando em grande contração longitudinal; os elementos celulares são curtos e as paredes geralmente delgadas; madeira com textura grossa, com aparência opaca devido à baixa reflexibilidade da luz; maior suscetibilidade ao ataque de fungos, insetos e bactérias. Porém, após a formação do cerne a madeira se torna menos atrativa aos insetos quando comparada com a madeira adulta; contém baixa proporção de lenho outonal e grande quantidade de tecido de compressão; baixo conteúdo de celulose; e alto conteúdo de lignina, frequentemente 9% a mais do que a madeira normal (BENDTSEN, 1978; BENDTSEN; SENFT, 1986; ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989).

As variações entre as propriedades da madeira dos lenhos juvenil e adulto podem interferir, de forma negativa, no processo de industrialização e transformação da madeira em outros produtos. Por exemplo, no processo de produção de pasta celulósica a mistura de lenhos juvenil e adulto pode interferir no rendimento de pasta e no aumento de consumo de produtos químicos, bem como nas propriedades finais do papel.

Independentemente de os efeitos das características da madeira juvenil sobre o uso final serem positivas ou negativas, é necessária uma estimativa acurada da proporção e tamanho da zona de madeira juvenil em

uma árvore ou tora. Esse conhecimento permite separar os dois tipos de lenho e, assim, minimizar as influências negativas sobre a qualidade do produto final (SAUTER et al., 1999).

Apesar de o gênero *Pinus* sp. ter sido implantado para a produção de papel e celulose, atualmente sua madeira está destinada à produção de madeira serrada, lâminas de madeira e painéis dos tipos aglomerados, compensados, MDF e OSB. No entanto, árvores plantadas para produção de polpa e papel apresentam características próprias exigidas para essa finalidade e que não são as mesmas requeridas para produção de laminados, aglomerados.

Diante desse fato, é importante conhecer as variações das propriedades no sentido medula-casca e base-topo, para poder destinar, de forma correta, uma madeira para determinado fim específico. Dessa forma, este trabalho visa delimitar a idade de transição entre o lenho juvenil e o adulto de *Pinus elliottii* var. *elliotti*, a partir das variações no sentido medula-casca dos valores de densidade e comprimento dos traqueídeos, fornecendo subsídios para o perfeito processamento mecânico e a otimização do uso da madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Amostragem

A madeira utilizada no experimento foi retirada de três árvores de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. com 35 anos de idade, provenientes de plantios da Estação Experimental de Itapetinga, pertencente ao governo do Estado de São Paulo. De cada árvore foram retirados discos de aproximadamente 5 cm de espessura, extraídos a 0,05 m do solo, que foram utilizados para determinar a variação radial da densidade da madeira pelo método de atenuação da radiação e do comprimento dos traqueídeos.

2.2. Preparo dos discos para determinação da densidade da madeira

Os discos foram divididos ao meio (Figura 1.2), sendo a parte (C) colocada na estufa a uma temperatura de 60 °C, para retirada da água de capilaridade e parte da resina. Posteriormente, foram seccionados, aplainados e lixados até adquirirem espessura uniforme em torno de 2,0 cm. Após, foram levados ao Laboratório de Secagem da FCA/UNESP, localizada em Botucatu, SP, e permaneceram por aproximadamente 15 dias, até atingirem

cerca de 12% de umidade. Em seguida, mediram-se o raio médio e a espessura média da amostra. Pelo raio médio, traçou-se uma linha (Figura 1.3C), sobre a qual foi efetuada a leitura da densidade através do método de radiação gama.

2.2. Preparo das lâminas de macerado para determinação do comprimento dos traqueídeos

Após a determinação da densidade da madeira, as amostras foram divididas em três partes (Figura 1.4), sendo a parte (E) seccionada de 5 em 5 mm, em sub-blocos de madeira que, posteriormente, foram dissociados pelo método de Franklin (SASS, 1951).

Para confecção das lâminas provisórias de macerado, uma porção do material dissociado foi transferida para uma lâmina de vidro contendo algumas gotas de glicerina e safranina (1%) e, com o auxílio de um pincel, essa porção foi espalhada e coberta com lamínula. Foram confeccionadas cinco lâminas para cada sub-bloco.

2.3. Determinação da densidade da madeira

Para determinação da densidade da madeira no sentido medula-casca, foi utilizado um aparelho de detecção da radiação gama, pertencente ao Laboratório de Física e Biofísica da UNESP-Botucatu e equações adaptadas da Lei de Beer-Lambert, conforme Ferraz (1976), Coutinho e Ferraz (1988) e Rezende et al. (1998, 2000).

2.4. Determinação do comprimento dos traqueídeos

Para determinação do comprimento dos traqueídeos, utilizou-se um microscópio óptico Olympus, modelo CX40.

A quantidade de traqueídeos medidos foi determinada pelo teste estatístico simples (teste de N), descrito por Malan (1989) e Lisboa et al. (1993), sendo medidos cinco traqueídeos por lâmina e 25 por sub-bloco.

2.5. Determinação da idade de transição entre o lenho juvenil e adulto

Conforme descrito por Bendtsen e Senft (1986), devido à gradual variação das propriedades da madeira no sentido radial (medula-casca), o ponto em que uma árvore deixa de produzir madeira juvenil e passa a produzir madeira madura não é bem definido. No entanto, há um ponto em que essas propriedades se estabilizam e decrescem.

Para delimitação da idade de transição, os dados de densidade da madeira e comprimento dos traqueídeos em função da distância radial foram utilizados para obtenção de um modelo de regressão linear simples que fosse significativo a 5% de significância e que se ajustasse adequadamente aos dados.

Para seleção dos modelos foi usado o software TBC, que testou aproximadamente 250 modelos predefinidos para verificar o melhor ajuste entre a variável independente (distância) e as variáveis dependentes (comprimento de fibra e densidade). Após a utilização desse software, os melhores modelos foram testados pela técnica de stepwise, pelo procedimento backward, em análise de regressão, no software Statistic 7.0.

Os critérios para escolha do melhor modelo foram o melhor ajuste entre os valores observados e estimados, o coeficiente de determinação e a significância dos

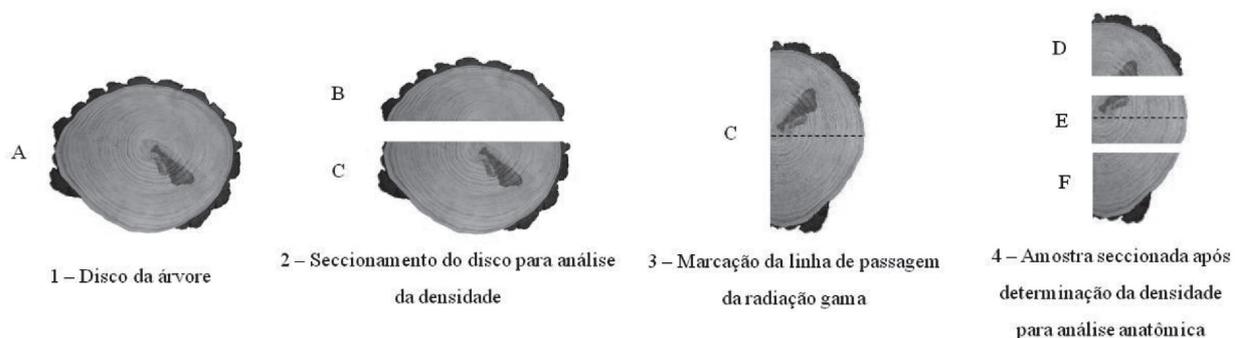


Figura 1 – Esquema de preparação das amostras para análises física e anatômica.

Figure 1 – Design of preparation of the samples for physical and anatomical analysis.

coeficientes dos modelos testados, assim como a análise gráfica dos resíduos.

Os pontos de inflexão da curva obtida no ajuste dos dados através do modelo selecionado foram utilizados para demarcar o momento em que os comprimentos dos traqueídeos apresentavam aumento linear, se estabilizavam ou decresciam. Esses pontos demarcaram a zona de madeira juvenil, zona de madeira de transição e zona de madeira adulta.

3. RESULTADOS

3.1. Transição entre o lenho juvenil e o adulto

A Tabela 1 apresenta a variação radial do comprimento dos traqueídeos e da densidade da madeira que foram utilizados como parâmetro para delimitação das zonas de madeira juvenil, de transição e adulta, com as respectivas idades e distâncias.

Observa-se que o comprimento médio dos traqueídeos das três árvores estudadas até 7 anos de idade foi de aproximadamente 3,6 mm. A partir daí até os 23 anos, o comprimento médio passou a ser de aproximadamente 4,7 mm, permanecendo mais ou menos

constante, em média 5,0 mm, nos anos subsequentes.

Os modelos polinomial quadrático e cúbico (equações 1 e 2, respectivamente) foram os que apresentaram melhor ajuste dos dados de comprimento dos traqueídeos.

$$Y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 \quad (1)$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \beta_3x^3 \quad (2)$$

Ao observar os coeficientes de determinação ajustados dos dois modelos (Tabela 2), observou-se que o modelo cúbico foi ligeiramente superior ao quadrático. No entanto, utilizando a técnica de stepwise backward, que consiste, a partir de modelo polinomial de maior grau, em testar a exclusão de uma das variáveis independentes do modelo e verificar sua eficiência e simplicidade, verificou-se que, no modelo cúbico, a estimativa do parâmetro β_3 pode ser retirada, restando apenas os parâmetros β_0 , β_1 e β_2 , semelhantes aos do modelo quadrático, sendo este, portanto, o escolhido.

Na Figura 2, letras A e B, são apresentados as curvas e os resíduos resultantes da análise de regressão linear dos dados médios de comprimento dos traqueídeos. Observa-se, nessa tabela, que o coeficiente de

Tabela 1 – Variação radial do comprimento dos traqueídeos e densidade da madeira de *Pinus elliottii*. var. *elliottii*, para delimitação da zona juvenil, de transição e adulta.

Table 1 – Radial variation of the length of tracheids and wood density of *Pinus elliottii*. var. *elliottii* for delimitation of juvenile, transition and mature ages.

Árvore	Comprimento dos traqueídeos (mm)								
	Zona juvenil			Zona transição			Zona adulta		
	Comp (mm)	Distância (cm)	Idade (anos)	Comp. (mm)	Distância (cm)	Idade (anos)	Comp. (mm)	Distância (cm)	Idade (anos)
1	3,3	0 – 8	8	4,6	8 – 18,5	8 – 26	4,9	18,5 – 21,4	≥26
2	3,8	0 – 6,5	7	4,7	6,5 – 16,0	7 – 23	5,1	16,0 – 18,4	≥23
3	3,6	0 – 9	6	4,7	9 – 17,5	6 – 20	5,2	17,5 – 22,0	≥20
Média	3,6	7,8	7 ^A	4,7	7,8 – 17,3	7 – 23	5,0	17,3 – 20,7	≥23 ^A
	Densidade (g/cm ³)								
	Zona juvenil			Zona transição			Zona adulta		
	Dens. (g/cm ³)	Distância (cm)	Idade (anos)	Dens. (g/cm ³)	Distância (cm)	Idade (anos)	Dens. (g/cm ³)	Distância (cm)	Idade (anos)
1	0,555	0 – 5	5	0,642	5 – 15,0	5 – 19	0,692	15 – 21,4	≥19
2	0,996	0 – 5	6	0,694	5 – 12,0	6 – 15	0,666	12 – 18,4	≥15
3	0,699	0 – 4	3	0,559	4 – 16,0	3 – 17	0,768	16 – 22,0	≥17
Média	0,750	4,7	4,7 ^A	0,632	4,7 – 14,3	4,7 – 17	0,709	14,3 – 20,7	≥17 ^B

Comp. = comprimento e Dens. = densidade. Letras iguais denotam igualdade estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 2 – Resultados das equações testadas, para comprimento de traqueídeos e densidade da madeira.

Table 2 – Results of tested equations for tracheid length and wood density.

Comprimento dos traqueídeos			
Equação	R ² ajustado	Estimativas dos Parâmetros	Significância
1	0,723	$\beta_0 = 2,5743$	0,0000
		$\beta_1 = 0,2554$	0,0000
		$\beta_2 = -0,0066$	0,0000
2	0,725	$\beta_0 = 2,4562$	0,0000
		$\beta_1 = 0,3164$	0,0000
		$\beta_2 = -0,0134$	0,0000
		$\beta_3 = 0,0002$	0,0045

Densidade da madeira			
Equação	R ² ajustado	Estimativas dos Parâmetros	Significância
2	0,538	$\beta_0 = 0,9697$	0,0000
		$\beta_1 = -0,1122$	0,0000
		$\beta_2 = 0,0101$	0,0000
		$\beta_3 = -0,0003$	0,0000

determinação ajustado (R²) foi 0,72, e o modelo escolhido apresentou distribuição bem uniforme dos resíduos.

A Figura 2, letra A, mostra que houve aumento acentuado e praticamente linear do comprimento dos traqueídeos até uma distância média de 7,0 cm em relação à medula. A partir daí até 17,0 cm, observou-se que o aumento não é tão acentuando e, após essa distância até a região da casca, o comprimento tendeu a uma estabilização.

O ponto de inflexão da curva de regressão, correspondente ao comprimento dos traqueídeos estimados e a uma reta traçada, permitiu delimitar três regiões, sendo a região de incremento rápido considerada zona juvenil, a região de incremento lento região de transição e a região de estabilização zona adulta (Figura 2, letra A).

Com base na contraprova usada para determinar os anéis de crescimento, as distâncias foram transformadas em idades, e a zona considerada juvenil correspondia à madeira produzida até os 7 anos. A zona de transição correspondia à madeira produzida dos 7 aos 23 anos. A partir dos 23 anos, as árvores passaram a produzir lenho adulto.

Na variável densidade da madeira, observou-se que a média das três árvores estudadas até os 5,0 cm de distância da medula foi de 0,750 g/cm³. A partir daí

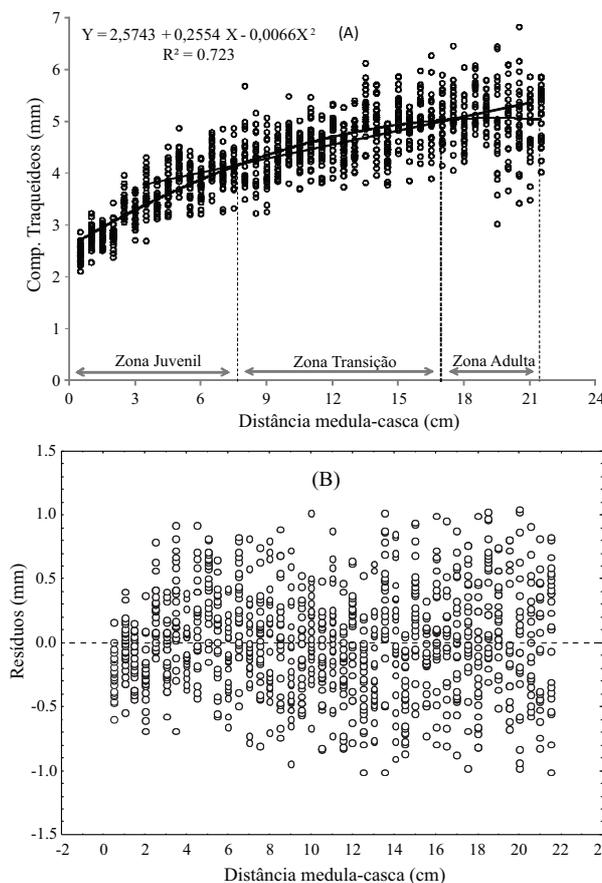


Figura 2 – Regressão linear para delimitação do lenho juvenil e adulto através da variável comprimento dos traqueídeos.

Figure 2 – Linear regression for delimitation of juvenile and mature wood by using the length of the tracheids.

até os 14,3 cm, a densidade passou a ser em média, aproximadamente, 0,632 g/cm³, aumentando para 0,709 g/cm³ nos anéis subsequentes.

Com relação a essa variável, entre os modelos testados, o que obteve o melhor ajuste foi o modelo polinomial cúbico (equação 2).

Na Figura 3, letras A e B, são apresentados as curvas e os resíduos resultantes da análise de regressão linear dos dados de densidade da madeira. Observa-se, nessa figura, que o coeficiente de determinação ajustado (R²) foi 0,54, e o modelo escolhido apresentou distribuição bem uniforme dos resíduos.

A curva do modelo ajustado dos dados de densidade da madeira, representada na Figura 3, letra A, indica

diminuição acentuada e praticamente linear do comprimento dos traqueídeos até uma distância de 5,0 cm em relação à medula. A partir daí até 14,3 cm, observou-se que a densidade aumenta. Após essa distância, os valores de densidade da madeira apresentam pequena estabilização e, próximo à casca, decresce.

O ponto de intersecção entre a curva de regressão correspondente à densidade estimada, e uma reta traçada permitiu delimitar três regiões, sendo a região de incremento rápido considerada zona juvenil; a região de estabilização, região de transição; e a região de decréscimo, zona adulta.

Com base na contraprova usada para determinar os anéis de crescimento, as distâncias foram transformadas em idades, e a zona considerada juvenil corresponde à madeira produzida até os 4,7 anos. A zona de transição corresponde à madeira produzida

dos 4,7 aos 17 anos. A partir dos 17 anos, as árvores passaram a produzir lenho adulto.

De acordo com a análise de variância a 5% de significância, a idade de transição média do lenho juvenil obtida através das variáveis comprimento dos traqueídeos e densidade da madeira é semelhante. No entanto, a idade média de formação do lenho adulto obtida através do comprimento dos traqueídeos foi superior estatisticamente da obtida pela densidade (Tabela 1).

4. DISCUSSÃO

A uniformidade das propriedades da madeira é frequentemente característica positiva no momento da sua transformação em outros produtos. Por isso, a determinação da idade de transição é ferramenta muito importante nos estudos de qualidade da madeira, pois permite separar os diferentes lenhos de acordo com as características exigidas para cada produto.

Os valores médios de comprimento dos traqueídeos observado nesta espécie, principalmente na região juvenil, são semelhantes aos encontrados em espécies de *Pinus* descritas por pesquisadores como Ballarin e Palma (2003), Bisset et al. (1951), Cown (1974), Klock (1989) e Klock (2000), que registraram, do 1º ao 10º anel de crescimento, comprimento de traqueídeos variando de 1,2 a 4,2 mm.

O aumento praticamente linear no comprimento dos traqueídeos nos primeiros anos de vida da árvore é característico de lenho juvenil, ocorrendo em espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*, e foi observado por vários autores, como Dadswell (1958), Bendtsen (1978), Zobel; Van Buijtenen (1989), Oliveira (1997), Zobel e Sprague (1998), Calonego et al. (2005) e Gomide et al. (2005).

Segundo Bendtsen e Senft (1986) e Muniz (1993), a taxa de incremento no comprimento dos traqueídeos é bastante rápida até os primeiros 10 a 15 anéis, diminuindo gradativamente nos anéis subsequentes. Em árvore de *Pinus elliottii* de crescimento rápido, Foelkel et al. (1975) registraram que, a partir do comprimento dos traqueídeos, a transição no lenho juvenil ocorreu entre o 7º e o 9º ano de formação da madeira na árvore, corroborando, dessa forma, os resultados deste estudo.

Em espécies do gênero *Pinus* é comum o aumento da densidade da madeira no sentido medula-casca. Porém, esse aumento nem sempre é uniforme devido

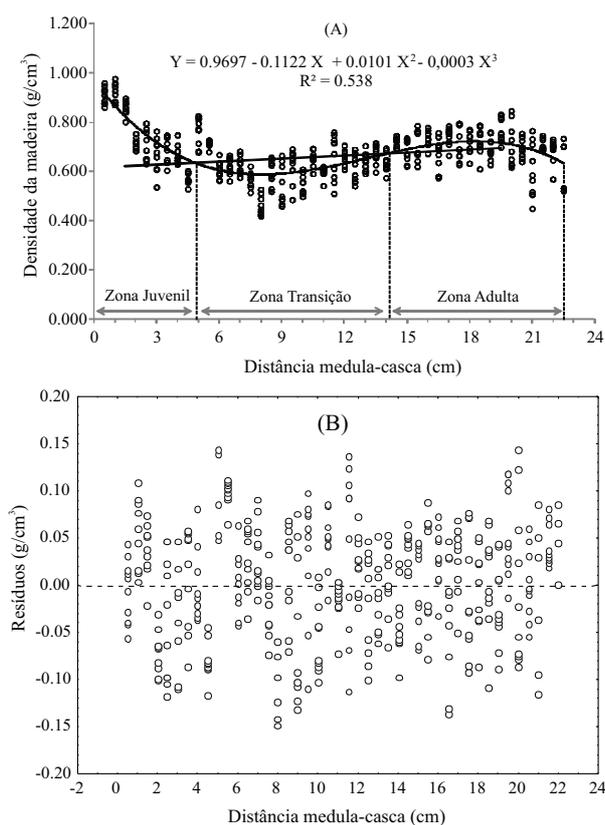


Figura 3 – Regressão linear para delimitação do lenho juvenil e adulto através da variável densidade.

Figure 3 – Linear regression for delimitation of juvenile and mature wood by using the density.

a diferentes tipos de lenho que se sucedem, alternadamente, dentro dos anéis de crescimento (BARRICHELO, 1980).

Na árvore 2, observa-se que a densidade da madeira próximo à medula é alta (Tabela 1). Esse comportamento também foi observado por diversos autores, como Barrichelo e Brito (1979) em *Pinus caribaea* e Palermo et al. (2003) em *Pinus elliottii* e Vale et al. (2009) em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Segundo Uprichard (1971) e Rezende et al. (2000), o aumento da densidade na região da medula, em espécies de *Pinus*, está relacionado à presença de altos teores de extrativos nos primeiros anéis de crescimento, podendo ser explicado pelo enriquecimento com extrativo através de canais resiníferos transversais.

Embora a densidade da madeira aumente no sentido medula-casca, é comum observar seu ligeiro decréscimo na região próxima à casca (Figura 3). Nylinder (1965) verificou que, em árvores mais velhas de *Pinus sylvestris*, a massa específica diminuiu nos anéis mais externos próximos à casca, sugerindo a transição entre cerne e alborno como provável explicação para essa diminuição. Vale et al. (2009) encontraram resultados semelhantes da espécie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Conforme descrito por Bendtsen e Senft (1986), devido à gradual variação das propriedades da madeira no sentido medula-casca, a idade em que uma árvore deixa de produzir madeira juvenil e passa a produzir madeira madura não é bem definida. No entanto, há um ponto em que as propriedades da madeira se estabilizam ou decrescem.

Neste estudo, a idade média de demarcação do lenho juvenil e adulto, a partir da propriedade de densidade da madeira, é semelhante à encontrada em espécies de *P. Patula* e *Pinus taeda*, por diversos autores, como Paterson (1969), Uprichard (1970), Burley (1973), Ferreira et al. (1978), Ringo e Klem (1980), Schutz (1989) e Bendtsen e Senft (1986), que mostraram que o lenho inicial ocorre até o 5º anel de crescimento e o lenho adulto, após o 14º anel em relação à medula.

Zobel e Sprague (1998), em árvores de *Pinus taeda*, observaram que o período juvenil variou entre o 6º e o 11º anel de crescimento, quando se utilizou, para determinação da idade de transição entre o lenho juvenil e o adulto, a propriedade da densidade da madeira e do 8º ao 12º anel de crescimento, quando se utilizou o comprimento dos traqueídeos.

Esse comportamento também foi observado neste estudo, no caso do lenho adulto, em que a demarcação da idade de formação do lenho adulto, obtida através do comprimento dos traqueídeos, ocorreu aos 23 anos e, através da densidade, aos 17 anos de idade (Tabela 1). Isso pode ser explicado porque, apesar de o comprimento dos traqueídeos e de a densidade serem variáveis que apresentam alta herdabilidade genética (Smith, 1967), esta última é mais influenciada por fatores externos, que afetam a atividade cambial, a exemplo de adubação, densidade de plantio, fatores climáticos, irrigação etc. Assim, enquanto a estabilização do comprimento de fibra é afetada diretamente pela maturação do câmbio, a da densidade depende da atividade cambial, que é afetada por fatores externos. Dessa forma, na fase adulta a densidade tende a se estabilizar no momento em que a relação entre os lenhos inicial e tardio se tornam menos discrepantes. Entretanto, no processo de diferenciação da célula ocorre primeiramente o seu alongamento, para só depois ocorrer o espessamento. Assim, é de se esperar que a transição do lenho juvenil e adulto aconteça em diferentes idades, dependendo da propriedade (comprimento de fibra, densidade, ângulo microfibrilar etc.) estudada.

Diante do fato de a idade de transição poder ser diferente em razão da propriedade, a proporção de madeira juvenil também mudará, dependendo da variável utilizada na medição. Dessa forma, programas de melhoramento genético poderá selecionar árvores com idades de transição equivalentes, assegurando as mesmas proporções de lenhos e madeira com características mais uniformes.

Zobel (1961) expôs que, enquanto o comprimento das fibras apresenta forte herdabilidade, o valor da densidade envolve uma complexidade de características, como espessamento da parede celular, diâmetro da célula e porcentagem de lenho maduro.

De acordo com Bendtsen (1978), Zobel e Sprague (1998) e Loo et al. (1985), a idade de transição entre o lenho juvenil e o adulto varia consideravelmente entre árvores, região, sementes, condições ambientais e locais, bem como por fatores genéticos. Ela também pode diferir, dependendo da propriedade da madeira utilizada para delimitar a zona de transição.

Neste estudo, as idades de transição semelhantes encontradas entre as variáveis comprimento dos traqueídeos e densidade da madeira para o lenho juvenil indicam uma

mesma proporção de lenhos e a menor variabilidade entre as propriedades, fato esse considerado benéfico, do ponto de vista de utilização e transformação da madeira.

5. CONCLUSÕES

Considerando os resultados desta pesquisa, pode-se concluir que, para a madeira de *Pinus elliottii* utilizada no estudo:

1) O incremento radial do comprimento dos traqueídeos demonstra os diferentes estágios de maturação do câmbio vascular.

2) O comprimento dos traqueídeos e densidade da madeira são variáveis indicadas para determinar a transição entre o lenho juvenil e o adulto.

3) A variação radial da densidade da madeira e do comprimento dos traqueídeos apresenta-se como indicativo da heterogeneidade de propriedades e de diversificadas aplicações tecnológicas.

4) A idade do lenho juvenil não se altera em função da variável utilizada para sua determinação.

5) A idade de transição do lenho adulto se comporta diferentemente entre as variáveis comprimento de fibra e densidade da madeira. A classificação qualitativa da madeira de *P. elliottii* em boa, ruim ou média dependerá das exigências requeridas para determinada aplicação. Dessa forma, a determinação do ponto onde a árvore deixa de produzir lenho juvenil e começa a produzir lenho adulto poderá auxiliar na tomada de decisões sobre o melhor uso a ser dado a ela.

7. REFERÊNCIAS

- BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.371-380, 2003.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J. O. Variabilidade radial da madeira de *Pinus caribaea*. **IPEF**, n.18, p.81-102, 1979.
- BARRICHELO, L. E. G. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: principais características da madeira sob o ponto de vista tecnológico. **Circular Técnica IPEF**, n. 85, p.1-10, 1980.
- BENDTSEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, v.28, n.10, p.61-72, 1978.
- BENDTSEN, B. A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation grown eastern cottonwood and loblolly pine. **Wood and Fiber Science**, v. 18, n.11, p.23-38, 1986.
- BISSET, I. J. W.; DADSWELL, H. E.; WARDROP, A. B. Factors influencing tracheid length in conifer stems. **Australian Forestry**, v.5, p.17-30, 1951.
- BURLEY, J. **Variation in wood properties of *Pinus patula* in Malawi. Tropical provenances and progeny research and international cooperation**. Nairobi: Commonwealth Forestry Institute Oxford, 1973. p.574-583.
- CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; ASSIS, P. P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n.68, p.113-121, 2005.
- COUTINHO, A. R.; FERRAZ, E. S. B. Determinação da densidade do carvão vegetal por atenuação da radiação gama. **IPEF**, v.39, p.17-20, 1988.
- COWN, D. J. Wood density of radiata pine: its variation and manipulation. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v.19, n.1, p.84-94, 1974.
- DADSWELL, H. E. Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties. **Wood Science**, v.1, n.1, p.11-32, 1958.
- FERRAZ, E. S. B. Determinação da densidade da madeira por atenuação gama de baixa energia. **Boletim IPEF**, v.12, p.61-68, 1976.
- FERREIRA, M. et al. Rendimento em peso seco de madeira de plantações de pinheiros. **IPEF**, v.17, n.1, p.78-89, 1978.
- FOELKEL, C. E. B. et al. Variabilidade no sentido radial de madeira de *Pinus elliottii*. **IPEF**, n.10, p.1-11, 1975.
- GOMIDE, J. L. et al. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.129-137, 2005.

- KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Shiede e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr e Golf.** 1989. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.** 2000. 291f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- LISBOA, C. D. J.; MATOS, J. L. M.; MELO, J. E. **Amostragem e propriedades físico-mecânicas de madeiras amazônicas.** Brasília: IBAMA, 1993. 103p.
- LOO, J. A.; TAUER, C. G.; MCNEW, R. W. Genetic variation in the time of transition from juvenile to mature wood in loblolly pine (*Pinus taeda*). **Silvae Genetica**, v.34, n.1, p.14-19, 1985.
- MALAN, F. S. Wood property variation in six *Pinus radiata* (D. Don) trees grown in the Jonkershoek State Forest. **South African Forestry Journal**, v.151, n.1, p.39-45, 1989.
- MUNIZ, G. I. **Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.** 1993. 236f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.
- NYLINDER, P. Non destructive field sampling systems for determining the wood density of standing timber over large areas, variation within and between species and the influence of environmental and their factors on wood density. In: IUFRO, 1965, Melbourne. **Anais...** Melbourne: 1965. 13p. (Meeting Section, 41)
- OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** 1997. 429f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica/USP, São Paulo, 1997.
- PALERMO, G. P. M. **Parâmetros de qualidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. de diferentes idades.** 2003. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- PALERMO, G. P. M. et al. Análise da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade de crescimento. **Floresta e Ambiente**, v.10, n. 2, p.47-57, 2003.
- PANSHIN A. J.; DE ZEEUW, C. **Text book of wood technology.** Structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the U. S. and Canadá. 4.ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 722p.
- PATERSON, D. N. Further studies in wood quality, wood quantify, wood value and rotations from wood core analysis. **East African Agricultural and Forestry Journal**, v.35, n.1, p.33-44, 1969.
- REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; CHAVES, R. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* os 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. **Scientia Forestalis**, v.53, n.6, p.71-78, 1998.
- REZENDE, M. A.; QUINTANA, I. R.; TAYLOR, E. Utilização da radiação gama do Am²⁴¹ no estudo dos anéis de crescimento de árvores como parâmetro de qualidade e fonte de informações ambientais. **Revista floresta**, v.29, n.1, p.67-83, 2000.
- RINGO, W. N.; KLEM, G. S. **Basic density and heartwood content in the wood of *Pinus patula* from São Hill.** Tanzania: Division of Forestry, Faculty of Agriculture, Forestry and Veterinary Science, University of Dar es Salaam, 1980. 17p. (Record, 14)
- SASS, J. E. **Botanical microtechnique.** 2.ed. Iowa: State College Press, 1951. 228p.
- SAUTER, U. H.; MUTZ, R.; MUNRO, B. D. Determining juvenile mature wood transition in scots pine using latewood density. **Wood and Fiber**, v.31, n.4, p. 416-425, 1999.
- SCHUTZ, C. J. **Site relationships for *Pinus patula* in the Eastern Transvaal escarpment area.** 1989. 334f. PhD (Thesis) - University Natal Pietermaritzburg, South Africa, 1989.
- SMITH W.J. The heritability of fiber characteristics and its application to wood quality improvement in forest trees. **Silvae Genetica**, v.16, n.1, p.41-50, 1967.

UPRICHARD, J. M. Pulps from New Zealand grown *Pinus contorta*. **Appita**, v.25, n.2, p.116-119, 1971. (**Separata**)

UPRICHARD, J. M. Pulps from New Zealand grown *Pinus patula* and *Pinus taeda*. **Appita**, v.25, v.1, p.52-59, 1970. (**Separata**)

VALE, A. T.; ROCHA, L. R.; DEL MENEZZI, C. H. S. Massa específica básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* cultivado em cerrado. **Scientia Forestalis**, v.7, n.84, p.387-394, 2009.

ZOBEL, B. J. Inheritance of wood properties in conifers. **Silvae Genetica**, v.10, n.1, p.65-70, 1961.

ZOBEL, B. J.; van BUIJTENEN, J. P. **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 Heidelberg, 1998. 300p.