

Propriedades tecnológicas da madeira de cedro gaúcho

R. A. Delucis¹; H. R. Ceron Filho²; M. L. Peres¹; L.W. Correa²; R.A. Vega²; D. A. Gatto²

¹Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 96010-290, Pelotas-RS, Brasil

²Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 96010-290, Pelotas-RS, Brasil

r.delucis@hotmail.com

(Recebido em 29 de novembro de 2013; aceito em 01 de setembro de 2014)

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a madeira de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo) por meio de suas propriedades físicas e mecânicas e estimar a idade de segregação de seus lenhos juvenil e adulto com base na variação radial da massa específica aparente a 12% ($\rho_{12\%}$). Foram selecionadas ao acaso três árvores com aproximadamente de 100 anos de idade, no município de Canguçu, Rio Grande do Sul. Do material selecionado, foram confeccionados corpos de prova, a cada centímetro a partir da medula até a casca, com as dimensões de 1,0 x 1,0 x 20,0 (maior dimensão para direção longitudinal), os quais foram climatizados ao teor de umidade de equilíbrio de 12%. Foram avaliadas a $\rho_{12\%}$, a velocidade de propagação de ondas de ultrassom (V_{som}), o módulo de elasticidade dinâmico segundo o método ultrassonor (Ed) e as propriedades mecânicas pelo ensaio de flexão estática (E_m e f_m). Estimou-se que o início da formação do lenho adulto ocorreu entre 34 e 46 anos da vida dos vegetais e a partir dessa divisão de lenhos verificou-se que todas as propriedades do lenho adulto denotaram-se mais elevadas do que as do lenho juvenil, exceto o f_m , em que foi constada igualdade estatística nessa comparação.

Palavras-chave: ultrassom; flexão estática; qualidade da madeira.

Technological properties of cedar gaucho wood

This study aimed to characterize of cedar wood (*Cedrela fissilis* Vellozo) to the yours physical and mechanical properties and estimate the age of segregation of juvenile and mature woods by means of radial variation of a apparent specific gravity at 12% ($\rho_{12\%}$). Thus, three trees (~100 years old) were randomly selected in Canguçu, Rio Grande do Sul. Samples oriented relative to the longitudinal axis of the disc were fabricated from the pitch centimeter by centimeter, with dimensions of 1,0 x 1,0 x 20,0 (greater dimension in the longitudinal direction), the samples were kept in a climatic chamber to obtain the equilibrium moisture content (~12%). Were evaluated $\rho_{12\%}$, the speed of propagation of ultrasound waves (V_{som}), the dynamic modulus of elasticity the ultrassond method (Ed) and the mechanical properties of the static bending (E_m and f_m). It was estimated that the early formation of the adult wood occurred between 34 and 46 years of the life of the plant and from that split logs it was found that all the properties of adult denoted wood were higher than those of juvenile wood, except f_m , which were found to have statistically equal in this comparison.

Keywords: ultrasound; static bending; wood quality.

1. INTRODUÇÃO

Apesar das propriedades da madeira de *Cedrela fissilis* Vell. (cedro) nunca terem sido quantificadas de forma efetiva, historicamente essa madeira tem sido bastante empregada por empirismo para diversos fins considerados nobres, como a fabricação de móveis e a construção naval. Dessa forma, assim como aconteceu com muitos outros materiais, essa utilização jamais foi norteada por parâmetros técnicos, acabando por mitigar os recursos até então existentes.

Embora a madeira de cedro possua um valor econômico elevado, essa espécie vem sendo subutilizada, o que indica a necessidade de estudos mais efetivos a fim de possibilitar a ampliação de sua gama de empregos¹. Nesse sentido, a análise da madeira na direção radial merece grande consideração, pois a algumas das principais propriedades tecnológicas da madeira apresentam significativa variabilidade atribuída a esse direcionamento, sobretudo pelo crescimento hormonal e pelas dimensões das células estruturais da madeira (fibras e traqueídeos)²⁻³.

A madeira juvenil pode ser definida como o xilema secundário formado pelas células meristemáticas do câmbio vascular no período inicial da vida dos vegetais, podendo em sua região conter cerne e/ou albúrnio, suas propriedades no sentido medula-casca gradativamente vão assumindo as características da madeira adulta, podendo variar conforme a espécie e as condições ambientais^{3,4}.

Os estudos existentes sobre as características da madeira na direção radial são principalmente vinculados a qualificação dos lenhos juvenil e adulto. A comparação de propriedades da madeira entre os lenhos juvenil e adulto é frequentemente realizada para diversas espécies florestais. Nesse contexto, as propriedades mecânicas são de grande relevância, pois praticamente na totalidade dos usos de peças confeccionadas em madeira sólida ou reconstituída, seu comportamento quando solicitada por forças mecânicas de diversas naturezas são os principais parâmetros de qualidade afim de definir essa possibilidade de utilização.

Atualmente, nos estudos de caracterização da madeira por meio de suas propriedades físico-mecânicas o objetivo de estimar a exatidão dos métodos não destrutivos (NDT's) cresce como uma forte tendência. Dentre esses NDT's, o método ultrassônico configura-se como o principal e resume o conhecimento de propagação de ondas em sólidos, visando mensurar os parâmetros de compactação e a rigidez dos materiais^{5,6}.

Significativos resultados têm sido apresentados com intuito de avaliar a utilidade do método ultrassônico na determinação das propriedades mecânicas da madeira, principalmente as constantes elásticas, pondo em evidência que na avaliação da qualidade da madeira vinculada a diversos usos, tal técnica conserva suas principais vantagens que consistem na rapidez, na versatilidade e no baixo custo de operação, mostrando-se eficaz para examinar diversas espécies morfológicamente distintas⁷.

Nesse contexto, têm grande destaque as lacunas encontradas na literatura em razão do comportamento da velocidade de propagação de ondas de ultrassom na madeira associada ao período de vida das árvores⁸. Portanto, dada a importância da definição da delimitação entre os lenhos juvenil e adulto para evitar desperdícios de recursos, o presente estudo visou estimar a idade de segregação do lenho juvenil e adulto da madeira de *Cedrela fissilis* (Vellozo), tendo como base a massa específica aparente a 12% e avaliar outras propriedades físicas e mecânicas da madeira dessa espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Confeção e preparação das amostras

Para o estudo, foram selecionadas três árvores adultas de cerca de 100 anos de idade, com bom fuste e diâmetro à altura do peito (DAP; 1,3 m) entre 30 e 60 cm, em uma floresta nativa licenciada pela Secretária Estadual do Meio Ambiente na localidade de Sanga Funda, 4º subdistrito de Canguçu-RS (31°25'52.22''S 52°40'36.21''O), conforme o procedimento D5536-94 da American Society for Testing and Materials⁹.

De cada árvore derrubada, foi retirada a primeira tora com 2,0 m de comprimento e o material selecionado foi encaminhado ao laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Posteriormente, realizou-se o desdobro primário das toras e a retirada de um disco na altura do DAP com 20 cm de espessura, dos quais foram segmentadas amostras a cada centímetro, de forma a representar a extensão radial do tronco, sendo que tais amostras possuíam as dimensões de 1,0cm x 1,0cm x 20,0 cm (largura x espessura x comprimento, respectivamente) (Figura 1).

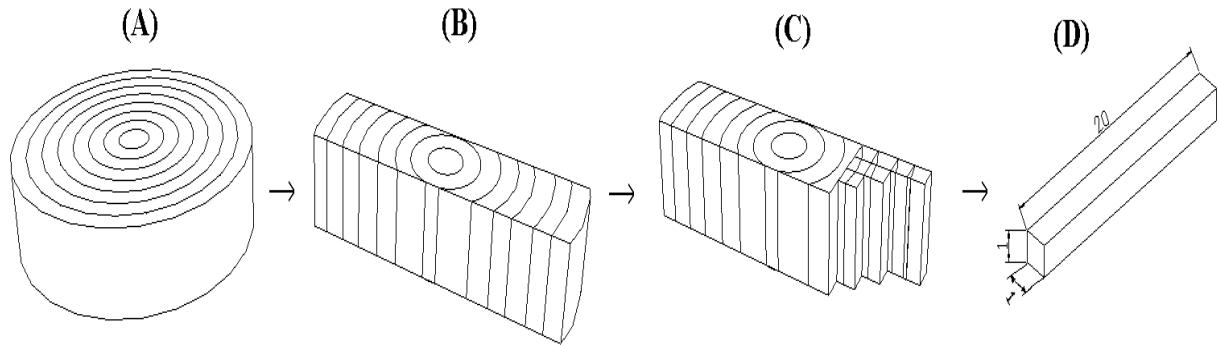


Figura 1: Croqui de confecção dos corpos de prova. (A): Disco retirado do DAP; (B): Bagueta centrada pela medula; (C): Esquema da retirada das amostras; (D): perspectiva das amostras.

Foram descartadas amostras defeituosas, como às com presença de nodosidades e grã reversa ou inclinada. A posteriori, os corpos de prova foram encaminhados para climatização sob as condições de 20 °C de temperatura e 65% de umidade relativa do ar, até que seu teor de umidade de equilíbrio fosse estabelecido em 12%.

2.2. Ensaios não destrutivos

Após o acondicionamento, e anteriormente a realização dos ensaios mecânicos, o volume e a massa das amostras ($V_{12\%}$ e $m_{12\%}$) foram mensurados com o uso de paquímetro digital com 0,01 mm de precisão e por meio de uma balança analítica com precisão de 0,01 g, respectivamente. Assim, foi calculada a massa específica aparente de acordo com a Equação 1.

$$\rho_{12\%} = \frac{m_{12\%}}{V_{12\%}} \quad (1)$$

Posteriormente, foi realizado o ensaio de propagação de ondas de ultrassom na direção longitudinal dos corpos de prova com auxílio de um aparelho de ultrassom da marca Proceq, dotado de dois transdutores piezelétricos do tipo ponto seco com frequência de excitação de 45 kHz, obtendo-se a velocidade ultrassônica (V_{som}), a qual foi empregada no cálculo do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) (Equação 2).

$$E_d = V_{som}^2 \times \rho_{12\%} \quad (2)$$

2.3. Ensaios destrutivos

O módulo de elasticidade estático (E_m) e o módulo de ruptura (f_m) foram avaliados conforme as prescrições normativas adaptadas previstas pelo procedimento D143-94 da ASTM¹⁰, por meio de um ensaio de flexão estática empregando-se uma velocidade de 0,65 mm.s⁻¹. Para a realização dos ensaios, utilizou-se uma máquina universal de ensaios eletromecânica informativa da marca EMIC com a capacidade de 300 kN.

2.4. Segregação dos lenhos juvenil e adulto

A segregação dos lenhos foi definida com base nos valores da $\rho_{12\%}$. Dessa maneira, foram utilizadas duas regressões lineares, uma para a parte ascendente da distribuição de pontos no gráfico de $\rho_{12\%}$ versus a posição radial até a medula e outra para a região em que a distribuição se mostrava constante ou levemente descendente.

Os limites dessas duas regiões foram definidos visualmente no gráfico antes do ajuste das equações e por fim o ponto de início da formação do lenho adulto foi determinado pelo ponto no eixo “X” correspondente a intersecção das duas retas geradas pelos modelos matemáticos de

regressão, ou seja, o ponto no eixo “X” correspondente ao ponto a quando os valores do eixo “Y” foram iguais para as duas equações.

2.5. Análise estatística

A fim de facilitar a interpretação dos dados obtidos e determinar suas relações funcionais, os mesmos foram submetidos a uma análise de correlação simples (Pearson), em seguida foram ajustados modelos matemáticos lineares por meio de análises de regressão simples, tendo como variável independente o módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método ultrassônico e como variável dependente o módulo de elasticidade estático obtido pelo ensaio mecânico de flexão estática.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 contém os modelos matemáticos lineares obtidos a fim de determinar o ponto de segregação dos lenhos juvenil e adulto, os quais também foram plotados no gráfico mostrado na Figura 2, indicando que a segregação desses lenhos ocorreu na posição de 5,36. Dessa maneira, é possível considerar que a partir da posição de número 6 (indicada na Figura 2) se deu o início da formação do lenho adulto.

Tabela 1: Modelos matemáticos propostos para a estimativa da segregação entre lenhos juvenil e adulto.

Segregação	Equação	R ²	Syx	Valor F
5,36	a $\rho_{12\%} = 0,468905 + 0,0210242 * p$	38	0,0379742	68,00**
	b $\rho_{12\%} = 0,584361 - 0,000510357 * p$	6	0,0163582	0,2 ^{ns}

Em que: a= regressão proposta para a parte ascendente de pontos no gráfico; b= regressão proposta para a zona de estabilização dos pontos no gráfico; p= posição radial; $\rho_{12\%}$ = massa específica aparente a 12% (g.cm^{-3}); **= significativo em 1% de probabilidade de erro; ^{ns}= não significativo.

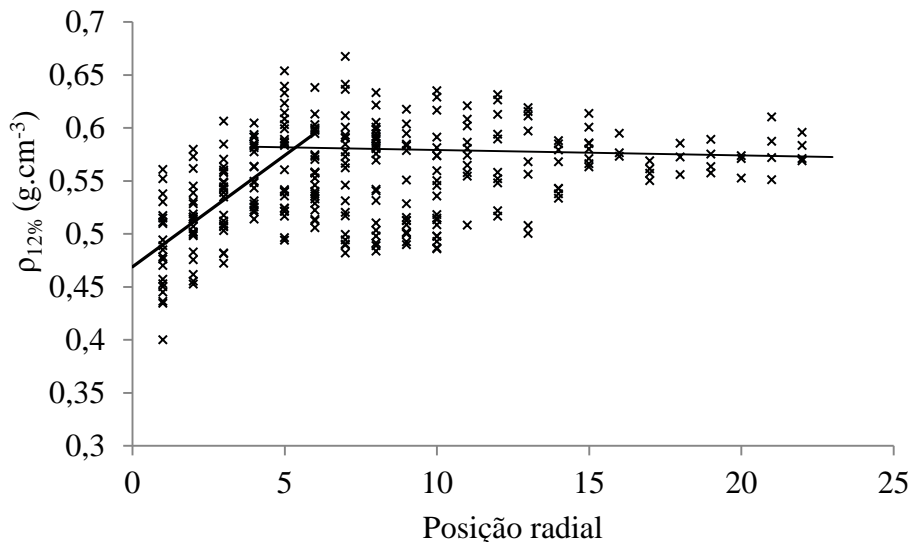


Figura 2: Gráfico para a posição radial versus massa específica aparente a 12% com suas respectivas retas de regressão de regressão extrapoladas.

A partir do valor de 5,36 para a posição radial, a contabilização dos anéis de crescimento, os quais para a madeira de cedro são visíveis a olho nu, verificou-se que a distância até a medula em que ocorreu a segregação foi de $9,34 \pm 2,97$ cm, a qual corresponde a anel de crescimento de número $40,5 \pm 6,5$. Portanto, com base nos resultados obtidos pelos modelos matemáticos de

regressão, estima-se que a segregação dos lenhos juvenil e adulto da madeira de cedro analisada no presente estudo ocorreu entre os 34 e 46 anos da vida do vegetal.

Pela Figura 2, observa-se que a distribuição dos valores de massa específica aparente a 12% ($\rho_{12\%}$) na direção radial apresenta três zonas com padrões de variação distintos: na primeira zona, ocorreu um acréscimo a partir da medula (posição radial de 1 até 5); na segunda zona, os valores não apresentaram uma tendência descritível (posição radial de 6 até 11); na terceira zona ocorreu uma estabilização nos valores do eixo y ($\rho_{12\%}$), os quais nessa zona concentraram-se em uma faixa aproximadamente entre 0,5 e 0,6 g.cm⁻³ (posição radial de 12 em diante).

Essas zonas supramencionadas caracterizam o lenho juvenil, a zona de transição entre os lenhos juvenil e adulto e o lenho adulto, respectivamente. Tais zonas já foram largamente citadas na literatura, não só em razão de propriedades físicas como a massa específica básica^{11, 12}, como também tendo em consideração propriedades anatômicas como o comprimento de fibras^{13, 3}.

Dessa maneira, a distribuição da nuvem de pontos no gráfico (posição radial *versus* $\rho_{12\%}$) possibilitou a determinação da delimitação entre os lenhos juvenil e adulto pelo método das retas de regressão, o qual foi inicialmente proposto em 1985, em um trabalho em que os autores delimitaram com êxito os lenhos juvenil e adulto de *Pinus taeda* plantado nos Estados Unidos, tendo como parâmetro de determinação a variabilidade da massa específica básica no sentido medula-casca².

No Brasil, o trabalho que introduziu o método das regressões lineares para a delimitação dos lenhos juvenil e adulto, data de 2007, em que os autores delimitaram com êxito esses lenhos para a madeira de plátano (*Platanus x acerifolia*) por meio do padrão de variação radial do comprimento de fibras¹⁴.

A partir das zonas que representam os lenhos juvenil e adulto, verificou-se que dentre as propriedades físicas e mecânicas avaliadas no presente estudo, somente o módulo de ruptura ao ensaio de flexão estática (f_m) não logrou diferença significativa quando comparado entre os referidos lenhos (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios de propriedades físico-mecânicas em função dos lenhos juvenil e adulto.

	$\rho_{12\%}$ (g.cm ⁻³)	E_m (MPa)	f_m (MPa)	V_{som} (m.s ⁻¹)	E_d (MPa)
Lenho juvenil					
Mínimo	0,399	2.831,63	41,96	3.087,0	4.316,0
Máximo	0,653	1.0838,3	59,33	5.000,0	13.387,2
Média	0,532	6.843,64	33,010	3.617,54	7.354,03
cv	7,21	25,49	51,29	12,70	26,21
Lenho adulto					
Mínimo	0,481	4.105,73	54,19	3.009,0	4.526,35
Máximo	0,667	1.1645,3	67,64	5.005,0	1.3351,5
Média	0,562	7.270,57	34,188	3.776,99	8.132,75
cv	9,04	18,53	30,76	10,83	23,10
Teste F	30,94**	5,43*	0,53 ^{ns}	9,42**	22,76**

Em que: $\rho_{12\%}$ = massa específica aparente a 12%; E_m = módulo de elasticidade; f_m = módulo de ruptura; V_{som} = velocidade ultrassônica; E_d = módulo de elasticidade dinâmico; *= significativo em 5% de probabilidade de erro; **=significativo em 1% de probabilidade de erro; ^{ns}= não significativo.

Assim como no presente estudo, em pesquisas antecedentes outros autores mencionaram valores médios mais elevados no lenho adulto, comparado ao lenho juvenil para as propriedades físicas e mecânicas contidas na Tabela 2. Como no estudo que avaliando o E_m à flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 25 anos de idade, os autores obtiveram valores de 11.132,32 e 15.007,51 MPa, para corpos de prova retirados próximos a medula e a casca, os quais caracterizaram os lenhos juvenil e adulto, respectivamente¹⁵.

Outros autores, analisando a madeira de *Pinus elliotii* aos 8, 9, 13, 15, 22 e 23 anos obtiveram resultados que indicaram que os povoamentos mais velhos proporcionaram madeira com maiores propriedades, sendo que esses autores avaliaram as mesmas propriedades que o presente estudo, inferindo que a maior porcentagem de lenho adulto encontrados nos corpos de prova obtidos das árvores mais velhas influenciou para a determinação dessas maiores propriedades verificadas⁸.

Esses resultados indicam a grande importância da consideração dos lenhos juvenil e adulto na definição de métodos de classificação de produtos confeccionados em madeira sólida, em razão da finalidade requerida por cada peça de madeira. Dessa maneira, para os casos em que o emprego de uma determinada peça submeta a mesma a elevadas cargas mecânicas, a madeira proveniente do lenho adulto é mais indicada.

Em seu estudo, alguns autores ao avaliar a madeira de cedro proveniente da floresta amazônica obtiveram para $\rho_{12\%}$, V_{som} , E_m e f_m os valores de 0,62 g.cm⁻³, 4.231 m.s⁻¹, 8.436 MPa e 82 MPa, respectivamente¹⁶. Já outros, avaliando a madeira do gênero *Cedrela* sp. encontraram os valores para os valores de 0,512 g.cm⁻³, 8.358 MPa e 58 MPa para $\rho_{12\%}$, E_m e f_m , respectivamente¹⁷. Nesse contexto, é pertinente ressaltar que nos trabalhos desses autores citados não há qualquer menção a respeito da posição radial em que foram selecionados os corpos de prova, nem mesmo sobre a idade dos povoamentos utilizados.

Na comparação com madeiras nativas também utilizadas no setor industrial brasileiro, verificou-se valores de propriedades físico-mecânicas semelhantes aos contidos na literatura. Como no estudo dos autores já citados, que avaliando a madeira de freijó (*Cordia goeldiana* Huber), que obtiveram valores 0,63, 4.552, 10.957 e 91 para $\rho_{12\%}$, V_{som} , E_m e f_m , respectivamente¹⁶.

Entretanto, em outro estudo, em que os autores examinaram as madeiras de Cupiúba (*Goupia glabra*) e Jatobá (*Hymenaea courbaril*), para a primeira foram obtidos valores médios de 0,827 g.cm⁻³, 14.458 MPa, 110,8 MPa, 4.514 m.s⁻¹ e 16.876 MPa para a $\rho_{12\%}$, E_m , MOR, V_{som} e Ed, respectivamente; e para a segunda foram verificados os valores médios de 1,149 g.cm⁻³, 17.507, 119,9 MPa, 4.279 e 20.579 MPa para a $\rho_{12\%}$, E_m , MOR, V_{som} e Ed, respectivamente, os quais denotaram-se mais elevados do que os parâmetros mecânicos obtidos no presente estudo⁷.

Comparada a madeira de espécies exóticas de ampla utilização no cenário industrial, os valores médios obtidos para a madeira de cedro no presente estudo apresentaram-se ligeiramente menores. Como no estudo em que avaliando a madeira de clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 70 meses de idade proveniente de dois estratos fitossociológicos distintos os autores obtiveram para cada extrato os valores médios de 0,45 e 0,49 g.cm⁻³ para a $\rho_{12\%}$ e 9.798 e 9.652 para E_m ¹⁸. Analogamente, em outro trabalho, autores que avaliaram a madeira de *Eucalyptus grandis* com 10 anos de idade, conforme quatro posições radiais distintas, encontraram os valores médios para E_m de 9.031, 9.219, 10.777 e 11.497 MPa referente as posições radial de 0, 33, 66 e 100% do diâmetro, respectivamente¹⁵.

Na comparação entre os módulos de elasticidades dinâmico e estático (E_d/E_m), verificou-se que a razão entre os mesmos está dentro dos limites propostos pela literatura (entre 1,06 e 1,38), já que para o lenho juvenil obteve-se uma razão de 1,07 e para o lenho adulto o resultado foi de 1,11^{5,6}. No lenho juvenil somente o E_m correlacionou-se com a V_{som} , uma vez que a $\rho_{12\%}$ e o f_m não mostram-se significativamente correlacionados com essa variável (Tabela 3).

Tabela 3: Matriz de correlação de Pearson para as propriedades físico-mecânicas em função dos lenhos juvenil e adulto.

	$\rho_{12\%}$	E_m	f_m	V_{som}
Lenho juvenil				
$\rho_{12\%}$	1	0,147 ^{ns}	0,471**	-0,159 ^{ns}
E_m		1	0,432**	0,202*
f_m			1	-0,120 ^{ns}
V_{som}				1
Lenho adulto				
$\rho_{12\%}$	1	0,263**	0,356**	0,197**
E_m		1	0,555**	0,177*
f_m			1	0,13 ^{ns}
V_{som}				1

Em que: $\rho_{12\%}$ = massa específica aparente a 12%; E_m = módulo de elasticidade; f_m = módulo de ruptura; V_{som} = velocidade ultrassônica; *= significativo em 5% de probabilidade de erro; **= significativo em 1% de probabilidade de erro; ^{ns}= não significativo.

Assim como verificado no lenho adulto da madeira avaliada no presente estudo, em um estudo analisando a madeira de cedro japonês (*Cryptomeria japonica* D. Don) aos 60 anos de idade, verificou-se correlação significativa e positiva entre a massa específica e a velocidade de propagação de ondas de ultrassom¹⁹. Os mesmos autores indicaram que a causa desse comportamento está baseada nas propriedades anatômicas da madeira estudada, principalmente o ângulo das microfibrilas e o comprimento das fibras.

Essa relação de proporcionalidade se dá, pois em razão da maior proporção de espaços vazios no lenho juvenil, as ondas mecânicas emitidas pelo aparelho de ultrassom encontram maior dificuldade para propagarem-se através desse substrato⁵. As relações entre o parâmetro de resistência avaliado no presente estudo (E_m) e a constante elástica obtida pelo método ultrassônico (E_d) foram mais profundamente investigadas com os modelos matemáticos propostos em razão dos lenhos juvenil e adulto, os quais mostraram-se estatisticamente significativos (Figura 3).

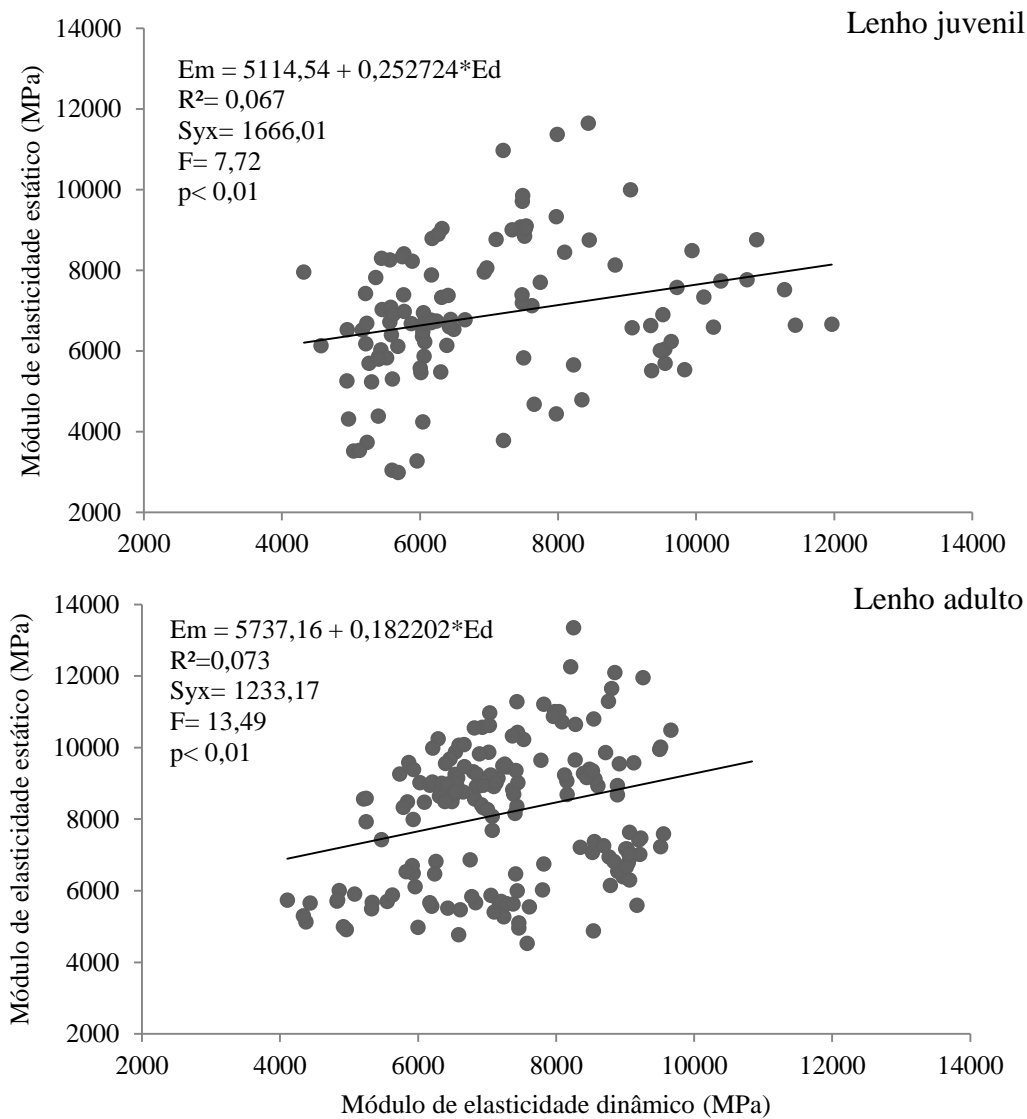


Figura 3: Modelos matemáticos propostos para a predição do módulo de elasticidades estática ao ensaio de flexão estática por meio do módulo de elasticidade dinâmico.

Embora os modelos apresentados na Figura 3 tenham se mostrado estatisticamente significativos, são menos precisos do que encontrados em estudos antecedentes, em que outros autores, avaliando distintas madeiras de folhosas, verificaram um padrão de variação de seus dados que possibilitou o ajuste de modelos mais satisfatórios do que os modelos obtidos no presente estudo^{5, 6, 20}.

No entanto, podem ser elencadas diversas fontes de erro, as quais possivelmente influenciaram a precisão de ajuste verificada, pela alteração do tipo de onda mecânica gerada pelos transdutores de ponto seco utilizados. São esses fatores negativos: as condições do ambiente de avaliação (umidade relativa do ar e temperatura), a pressão imposta na extremidade dos transdutores, a pequena área de contato e o ângulo de inclinação entre os transdutores e o corpo de prova e o material de fabricação dos transdutores^{5, 20, 21}.

Além dos fatores citados, outros autores ressaltaram que as ondas superficiais geradas pelos transdutores de ponto seco podem ser alteradas em função de dimensões inadequadas de corpos de prova⁵. Os mesmos autores sugeriram para utilização de transdutores de ponto seco que sejam ensaiadas preferencialmente madeiras duras e pouco heterogêneas, nesse sentido os mesmos autores destacaram a madeira de coníferas, em detrimento da madeira de folhosas.

4. CONCLUSÃO

O padrão radial de variação dos valores de massa específica aparente a 12% permitiu a determinação do ponto de segregação dos lenhos juvenil e adulto, a qual ocorreu entre 34 e 46 anos da vida das árvores. As propriedades físicas e mecânicas da madeira de cedro analisada apresentaram valores médios semelhantes a outras espécies nativas, bem como espécies exóticas mais utilizadas industrialmente.

As propriedades físicas e mecânicas distinguiram-se significativamente na comparação entre os lenhos juvenil e adulto, exceto para o módulo de ruptura. Os resultados obtidos indicam a importância do estabelecimento de um método de classificação de peças de madeira sólida, tendo em consideração os lenhos juvenil e adulto e nesse sentido, também se justifica a utilização de ciclos de desbaste mais longos em plantios de cedro, a fim de que a madeira adulta dessa espécie possa ser formada efetivamente. Os modelos ajustados para a predição do módulo de elasticidade estática em função do módulo de elasticidade dinâmico foram estatisticamente significativos, entretanto menos precisos do que os encontrados na literatura.

-
1. Biernaski FA. Eficiência da amostragem de matrizes de *Cedrela fissilis* Vell. para melhoramento e conservação genética baseado em caracteres juvenis. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, UFPR; 2010. 138 p.
 2. Loo JA, Tauer CG, Mcnew RW. Genetic variation in the time of transition from juvenile to mature wood in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Silvae Genetica*. 2005; 34 (1): 14-19.
 3. Vidaurre G, Lombardi LR, Oliveira JTS, Arantes MDC. Lenho Juvenil e Adulto e as Propriedades da Madeira. *Floresta e Ambiente*. 2011; 18 (4): 469-480.
 4. Gatto DA, Cademartori PHG, Stangerlin DM, Calegari L, Trevisan R, Denardi L. Proportion of juvenile wood of açoita-cavalo, pecan and London plane wood. *International Wood Products Journal*. 2013; 4 (1): 33-36.
 5. Calegari L, Stangerlin DM, Santini EJ, Haselein CR, Gatto DA, Carmo PIO, Silva Filho LCP. Avaliação de alguns fatores influentes na velocidade ultrassônica na madeira. *Floresta*. 2008; 38 (4): 607-615.
 6. Stangerlin DM, Calegari L, Santini EJ, Domingues JMX, Gatto DA, Melo RR. Determinação do módulo de elasticidade em madeiras por meio de métodos destrutivo e não-destrutivo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2008; 3 (2): 145-150.
 7. Oliveira FG, Campos JAO, Sales A. Ultrasonic Measurements In Brazilian Hardwood. *Materials Research*. 2002; 5 (1): 51-55.
 8. Gonçalves R, Pedroso CB, Massak MV. Acoustic and bending properties in *Pinus elliottii* beams obtained from trees of different ages. *Journal of Wood Science*. 2013; 59 (2): 127-132.
 9. American Society For Testing And Materials. D5536-94 Standard practice for sampling forest trees for determination of clear wood properties. Philadelphia: ASTM; 2010. 9p.
 10. American Society For Testing And Materials. D143-94 Standard Test methods for small clear specimens of timber. West Conshohocken: ASTM; 2007. 32p.
 11. Gatto DA, Martins MF, Cademartori PHG, Stangerlin DM, Calegari L, Beltrame R. Segregação do lenho de nogueira-pecã (*Carya illinoensis*) pela variação radial da massa específica básica. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2012; 7 (suplemento): 838-843.
 12. Peres ML, Gatto DA, Stangerlin DM, Calegari L, Beltrame R, Haselein CR, Santini EJ. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto pela variação da massa específica de açoita-cavalo. *Ciência Rural*. 2012; 42 (9): 1596-1602.
 13. Lara Palma HA, Leonello EC, Ballarin AW. Demarcação da madeira juvenil e adulta de *Corymbia citriodora*. *Cerne*. 2010; 16 (suplemento): 141-148.
 14. Gatto DA, Haselein CR, Buligon EA, Calegari L, Stangerlin DM, Oliveira LS. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto para *Platanus x acerifolia* (Ait.) Wild. *Cerne*. 2007; 13, (4): 393-398.
 15. Silva JC, Matos JLM, Oliveira JTM, Evangelista WV. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. *Árvore*. 2005; 29 (5): 795-799.
 16. Del Menezzi CHS, Silveira RR, Souza MR. Estimativa das propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras amazônicas por meio da técnica não-destrutiva de ondas de tensão. *Acta Amazonica*. 2010; 40 (2): 325-332.
 17. Dias FM, Lahr FAR. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. *Scientia Forestalis*. 2004; 65 (2): 102-113.

18. Gonçalves FG, Oliveira JTS, Della Lucia RM, Santorio RC. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*. *Árvore*. 2009; 33 (3): 501-509.
19. Hasegawa M, Takata M, Matsumura J, Oda K. Effect of wood properties on within-tree variation in ultrasonic wave velocity in softwood. *Ultrasonics*. 2011; 51 (3): 296–302.
20. Stangerlin DM, Gonçalves JC, Santini EJ, Calegari L, Melo RR, Gatto DA. Avaliação de tipos de ondas geradas por dois modelos de transdutores para determinação do módulo de elasticidade dinâmico. *Floresta*. 2010; 40 (4): 691-700.
21. Nesvijski EG. Dry point contact transducers: design for new applications. *Journal of Nondestructive Testing*. 2003; 9 (9): ahead of online.