

## **CARACTERIZAÇÃO RESISTENCIA MECÂNICA DA ESPÉCIE DE *Pinus elliottii* EM FUNÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA.**

**MÁRIO ANTÔNIO PINTO DA SILVA JÚNIOR<sup>1</sup>; ANDREY PEREIRA ACOSTA<sup>2</sup>;**  
**KELVIN TECHERA BARBOSA<sup>2</sup>; EZEQUIEL GALIO<sup>2</sup>; DARCI ALBERTO GATTO<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [mariosilva.eng@gmail.com](mailto:mariosilva.eng@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [andrey\\_acosta@outlook.com](mailto:andrey_acosta@outlook.com);  
[kelvintecherabarbosa@gmail.com](mailto:kelvintecherabarbosa@gmail.com); [egeng.florestal@gmail.com](mailto:egeng.florestal@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [darcigatto@yahoo.com](mailto:darcigatto@yahoo.com)

### **1. INTRODUÇÃO**

A madeira sendo um material renovável, de caráter heterogênico e higroscópico possibilita diversas aplicações de uso da mesma, desde fins estruturais, que exigem uma maior resistência mecânica, até acabamentos internos, o qual a alta resistência não é o principal requisito (MORESCHI, 2012). Tendo em vista sua aplicação final, fica nítido o que buscar em termos de propriedades mecânicas da madeira na hora da escolha da espécie, essas propriedades estão diretamente relacionadas a características como o crescimento da árvore, clima entre estações, solo, exposição ao sol, entre outras (KELLISON, 1981).

Nas diferentes condições climáticas relacionadas com a idade da árvore demarcam-se o lenho juvenil e o lenho adulto, sendo o juvenil encontrado nos primeiros anos da árvore, apresenta maior proporção de lenho inicial nos anéis de crescimento e apresenta uma menor massa específica, desenvolvido entre as estações primavera/verão pelas melhores condições climáticas. Já o lenho adulto apresenta uma maior massa específica devida a maior proporção de lenho tardio e é encontrado quando a madeira atinge a idade adulta, que varia de espécie para espécie.

A espécie de *Pinus elliottii* é uma das mais utilizadas no setor industrial madeireiro. Com o corte precoce, não apresentará formação de lenho adulto, sendo que o mesmo oferece uma resistência mecânica superior ao lenho juvenil, por ser encontrada uma menor massa específica e também pelo maior ângulo de inclinação das fibras devido ao rápido crescimento no lenho juvenil (LATORRACA, 2000). A diferença de massa específica encontrada ao longo do sentido radial do tronco, deve-se as maiores proporções de lenho tardio no lenho adulto, devido a esse tipo de lenho apresentar paredes celulares mais espessas com o decorrer da idade da árvore.

Com isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a resistência a compressão paralela da espécie de *Pinus elliottii* de lenho juvenil e tardio correlacionando em função da sua massa específica aparente a 12% de umidade.

### **2. METODOLOGIA**

O estudo foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do curso de Engenharia Industrial Madeireira, da Universidade Federal de Pelotas. A espécie utilizada no estudo foi a de *Pinus elliottii*, adquirida junto à empresa TecVerde.

Após confeccionados os 5 corpos de prova de lenho adulto e 5 do lenho juvenil, com dimensões de 3,8 x 3,8 x 15 cm (nos planos tangencial, radial e

longitudinal, respectivamente), encamhou-se os mesmos até uma câmara climatizada (ajustada com temperatura de 20°C e 65% de umidade relativa do ar), monitorando-os até a obtenção de massa constante (equilíbrio higroscópico de 12%).

Após estabilizados, obteve-se as dimensões nos planos radial, tangencial e longitudinal com o auxílio de um paquímetro digital, e posteriormente, utilizando-se de uma balança analítica de precisão, determinou-se a massa dos corpos de prova. Esses dados possibilitaram a determinação da massa específica aparente referente ao teor de umidade de equilíbrio higroscópico de 12% (Equação 1).

$$\rho = \frac{m_{12\%}}{V_{12\%}} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:  $\rho$  = massa específica aparente do corpo de prova ao teor de umidade de equilíbrio de 12% ( $\text{g/cm}^3$ );  $m_{12\%}$  = massa do corpo de prova ao teor de umidade de equilíbrio de 12% ( $\text{g}$ );  $V_{12\%}$  = volume do corpo de prova ao teor de umidade de equilíbrio de 12% ( $\text{cm}^3$ ).

Para a determinação do módulo de elasticidade e ruptura, realizou-se o ensaio de compressão paralela às fibras, por meio da adaptação da norma ASTM D 143 (2014). Para tanto, realizou-se o ensaio em uma máquina universal de ensaios EMIC, com célula de carga de 300kN, em que o software TESC gerou de maneira direta os dados dos parâmetros de interesse.

A análise estatística e processamento dos dados foi realizada no software Statgraphics Centurion. Efetuou-se a análise da variância (ANOVA) visando verificar a diferença para os parâmetros tecnológicos entre os lenhos adultos e juvenil, seguido por comparação de médias, pelo teste LSD Fisher, e determinação do coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis de interesse, ambas considerando 5% de probabilidade de erro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando a tabela 1 percebe-se que a massa específica aparente ( $\rho$ ) do lenho juvenil é significativamente inferior à do lenho adulto, assim como o módulo de elasticidade e ruptura. Relacionando os dois tipos de lenho, nota-se decréscimos aproximados de 35,65% para a  $\rho$ , 77,44% para o MOE e 53,67% para o MOR, comprovando a heterogeneidade existente na madeira.

**Tabela 1.** Resumo da análise da estatística e valores médios dos parâmetros tecnológicos avaliados no estudo.

Referências	$\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	MOE (MPa)	MOR (MPa)
Lenho Adulto	0,662 a	18.146,00 a	51,80 a
Lenho Juvenil	0,426 b	4.092,80 b	24,00 b
Média	0,544	11.119,40	37,90
DP	0,13	9.000,17	15,03
CV (%)	24,57	80,94	39,65
Teste F	51,57 *	16,79 *	153,34 *

Em que: médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não apresentam diferenças significativas, considerando teste LSD Fisher com 5% de probabilidade

de erro. \* - significativo conforme teste F ( $P < 0,05$ ); ns – não significativo conforme teste F ( $P > 0,05$ ).

Segundo Cave & Wakker (1994), a diferença nas resistências mecânicas entre lenho juvenil e adulto não ocorre apenas pelas distintas densidades, e aponta como maior responsável pelas baixas propriedades de resistência da madeira juvenil, o maior ângulo fibrilar do traqueídeos, o qual ocorre em razão do rápido crescimento das árvores nos anos iniciais de vida. Sendo o lenho tardio uma região mais densa na formação do anel, acarreta em uma maior massa específica.

Na tabela 2 é possível observar que a massa específica apresenta correlação forte, significativa e proporcional com o MOE e MOR.

**Tabela 2.** Correlação de Pearson para as variáveis de interesse do estudo.

	$\rho$	MOE	MOR
$\rho$	1,00		
MOE	0,89*	1,00	
MOR	0,94*	0,88*	1,00

Em que:  $\rho$  – massa específica aparente ao teor de umidade de 12% ( $\text{g/cm}^3$ ); MOE – módulo de elasticidade obtido junto ao ensaio de compressão paralela às fibras (MPa); MOR – módulo de ruptura obtido junto ao ensaio de compressão paralela às fibras (MPa); \* – apresenta diferença significativa em 5% de probabilidade de erro; ns – não significativa em 5% de probabilidade de erro.

Em síntese, conforme ocorre o aumento da  $\rho$ , o MOE e o MOR também apresentam elevação em seus valores. Logo, comprova-se que essa propriedade física é um bom indicativo para avaliar a resistência mecânica da madeira, possibilitando assim a determinação adequada para seu uso.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos dados apresentado neste estudo, conclui-se que a massa específica está diretamente correlacionada com as propriedades mecânicas da madeira, e que a madeira de *Pinus elliottii* apresenta uma maior resistência mecânica quanto ao seu lenho adulto, podendo ser aplicada a fins estruturais e ocasiões que demandem esforços. O lenho juvenil, em contrapartida, possui uma melhor trabalhabilidade, por ser uma madeira “macia” devido sua baixa massa específica, podendo ser utilizada em acabamentos internos e externos que não exijam grande esforço mecânico da mesma.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials - ASTM D143-94

CAVE, I. D.; WAKKER, J. C. F. Stiffness of wood in fast-grown plantation softwoods: the influence of microfibril angle. **Forest Productions Journal**, v. 44, n. 5, p. 43-48, 1994.

LATORRACA, J. V. et al. Efeito do rápido crescimento sobre as Propriedades da madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

**MORESCHI, J. C. Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira.** 1<sup>a</sup>. edição: fevereiro/ 2.005; 4<sup>a</sup> edição: novembro/ 2.012 Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR.

KELLISON, R. C. Characteristics affecting quality of timber from plantations, their determination and scope for modification. **17º IUFRO Word Congress**. Japão, pag.77 - 87, 1981.