

## TESTE DE DUREZA JANKA PÓS TRATAMENTO COM TERMORRETIFICAÇÃO

GABRIEL RODRIGUES P. DOS SANTOS<sup>1</sup>; KELVIN TECHERA BARBOSA  
<sup>2</sup>; EZEQUIEL GALLIO<sup>2</sup>; RAFAEL BELTRAME<sup>2</sup>; DARCI ALBERTO GATTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas 1 – gabrielrodriguesthru@gmail.com 1

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – kelvintecherabarbosa@gmail.com  
;egeng.florestal@hotmail.com;beltrame\_rafael@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – darcigatto@yahoo.com.br

### 1. INTRODUÇÃO

O que se refere ao uso da madeira de *Eucalyptus* no Brasil segundo PEREIRA; EDUARDO (2000), esse gênero foi plantado inicialmente no país no início do século XIX, com a intenção de contribuir com a ornamentação e para servir de quebra-ventos por conta do seu desenvolvimento anômalo. As madeiras de *Eucalyptus* são matérias primas empregadas para diversos efeitos atualmente. Além dos usos mais arcaicos como a lenha, estacas, moirões, carvão vegetal, celulose e papel, chapas de fibra, usos mais nobres dessa madeira, como construção de casas, móveis e estruturas tem tomado grande espaço. A evolução da vasta aplicabilidade deve-se aos suas qualidades quanto a velocidade de crescimento, segundo JARDIM; MARAGON (2017) também deve-se aos avanços positivos dos estudos com clonagem e as suas propriedades físicas e mecânicas. Porém, há algumas limitações por conta da variabilidade no comportamento da madeira em função do seu plano anatômico e isso acarreta em resultados indesejáveis. Uma forma de manejar problemas como esse é o tratamento por retificação térmica.

De acordo com os estudos de MOURA; BRITO (2011), ao termorretificar uma madeira o tratamento agrega valor a madeira de maneira que ela adquire cores semelhantes as espécies tropicais de maior valor econômico além de melhorar sua estabilidade dimensional e a proteção contra ataques de agentes xilófagos. A termorretificação é um tratamento que faz uso da manipulação térmica que atinge diretamente os constituintes primários da madeira (Celulose, hemicelulose e lignina) causando alterações nas propriedades físicas e mecânicas.

Dentre as propriedades físicas alteradas encontra-se dureza. Uma forma de descobrir qual o efeito causado pela termorretificação nessa característica, é através do teste de dureza janka que em conformidade com a norma ABNT NBR 7190 consiste basicamente em determinar qual a força necessária para penetrar a face de um corpo de prova através de uma semi-esfera de 1cm<sup>2</sup> na área diametral até uma profundidade igual ao raio da semi-esfera.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a influência do tratamento de termorretificação, à 200°C de temperatura, em parâmetros relacionados à dureza Janka de uma espécie madeireira do gênero *Eucalyptus*.

### 2. METODOLOGIA

A realização do estudo foi feita no laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira pertencente ao curso de engenharia industrial madeireira da UFPEL. Primeiramente, foram selecionados 10 corpos de prova de medidas 4,8 cm x 4,8 cm x 20 cm (radial x tangencial x longitudinal, respectivamente) aproximadamente, cuja espécie utilizada era *Eucalyptus* sp.

Esses corpos de prova foram pesados e divididos em dois tratamentos: o controle, aonde as amostras não sofreram nenhum tipo de tratamento, e o tratamento de termorreificação à 200 °C (T 200 °C), por um período de 2 horas em estufa laboratorial.

Finalizado o tratamento de termorreificação, os corpos de prova tratados ficaram acondicionados em câmara climatizada (20°C de temperatura e 65% de umidade relativa), até estabilização da massa, permitindo posteriormente a determinação das propriedades físicas e mecânicas de interesse.

A massa específica aparente ao teor de umidade de 12% (Equação 1) foi determinada por meio da aquisição da massa, em balança de precisão, e do volume pelo método estereométrico com o uso de um paquímetro digital.

$$\rho_{12\%} = \frac{M_{12\%}}{V_{12\%}} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:  $\rho_{12\%}$  - massa específica aparente ao teor de umidade de 12% (g/cm<sup>3</sup>),  $M_{12\%}$  - massa do corpo de prova ao teor de umidade de 12% (g) e  $V_{12\%}$  - volume do corpo de prova ao teor de umidade de 12% (cm<sup>3</sup>).

O ensaio de dureza Janka paralela à orientação das fibras, conduzido conforme a normatização *American Society for Testing and Materials* (ASTM D 143, 2014), foi realizado em uma máquina universal de ensaios EMIC, modelo DL 30.000, equipada com célula de carga de 300kN e sistema computadorizado de aquisição de dados, possibilitando a obtenção dos valores de força máxima (F. Máx. em kgf) e tensão máxima ( $\sigma$  Máx. em kgf/cm<sup>2</sup>).

Por fim, por meio do uso do software Statgraphics Centurion, realizaram-se, conforme o teste LSD Fisher, a análise da variância (Anova) simples visando a constatação de diferenças significativas entre os tratamentos e posteriormente o teste de comparação de médias. A correlação de Pearson foi feita almejando verificar a existência da relação de dependência entre a tensão máxima, a força máxima e a massa específica aparente. Todas as análises foram realizadas com uma probabilidade de erro de 5% ( $p < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percebe-se a ausência de diferenças significativas nos três parâmetros avaliados no presente estudo (Tabela 1). O tratamento de termorreificação à 200 °C causou reduções de aproximadamente 15,97% e 18,88%, para a tensão máxima ( $\sigma$  Máx.) e a força máxima (F. Máx.), respectivamente. Entretanto, a massa específica aparente ao teor de umidade de 12% ( $\rho_{12\%}$ ) apresentou comportamento oposto, ocorrendo um acréscimo de 4,11%.

**Tabela 1** – Resumo estatístico e valores médios para as propriedades físicas e mecânicas avaliadas no estudo.

Tratamento	F. Máx. (kgf)	$\sigma$ Máx. (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\rho_{12\%}$ (g/cm <sup>3</sup> )
Controle	461,10 a <sup>(87,27)</sup>	494,18 a <sup>(93,50)</sup>	0,438 a <sup>(0,043)</sup>
T 200 °C	387,46 a <sup>(80,69)</sup>	415,71 a <sup>(86,48)</sup>	0,456 a <sup>(0,045)</sup>
CV (%)	20,79	20,79	9,48
F	1,92	1,92	0,40
p	0,2033 <sup>ns</sup>	0,2032 <sup>ns</sup>	0,5437 <sup>ns</sup>

Em que: valores entre parênteses e sobrescritos representam os desvios padrão das médias dos tratamentos e médias nas colunas seguidas por mesma letra não apresentam diferenças estatisticamente significativas ao nível de 5% de probabilidade de erro, conforme o teste F e LSD Fisher; <sup>ns</sup> – não significativo em 5% de probabilidade de erro segundo o teste F ( $p \geq 0,05$ ); CV – coeficiente de variação entre os tratamentos; F. Máx. – força máxima;  $\sigma$  – tensão máxima;  $\rho_{12\%}$  – massa específica aparente ao teor de umidade de 12%.

Em seu estudo, ARAÚJO et al. (2012) também observaram uma tendência de decréscimo (1%) na dureza Janka de diferentes espécies de *Eucalyptus* submetidas à tratamento de termorreificação à 200 °C, por 1 hora.

A redução nos parâmetros relacionados à dureza Janka pode estar associado à degradação dos constituintes químicos principais da madeira, principalmente as hemiceluloses. Por serem os componentes químicos da madeira mais instáveis termicamente (quando comparados a celulose e a lignina), apresentam susceptibilidade de degradação em faixas de temperatura inferiores à 200 °C (ALFRESEN et al., 2012; SEBIO-PUNAL, et al., 2012; MODES et al., 2017).

Considerando que as hemiceluloses são um componente químico que se correlaciona com a resistência mecânica (ESTEVES; PEREIRA, 2009), é possível que a sua degradação influencie negativamente a dureza Janka, sendo tal fato observado no presente estudo.

No que tange a correlação existente entre a  $\rho_{12\%}$  com a  $\sigma$  Máx. e a F. Máx. (Tabela 2), nota-se a existência de uma correlação diretamente proporcional e significativa entre a  $\sigma$  Máx. e a F. Máx.

**Tabela 2:** Correlação de Pearson para as variáveis de interesse.

	F. Máx. (kgf)	$\sigma$ Máx. (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\rho_{12\%}$ (g/cm <sup>3</sup> )
F. Máx. (kgf)	1		
$\sigma$ Máx. (kgf/cm <sup>2</sup> )	1 *	1	
$\rho_{12\%}$ (g/cm <sup>3</sup> )	-0,2857 <sup>ns</sup>	-0,2859 <sup>ns</sup>	1

Em que: F Máx. – força máxima;  $\sigma$  Máx. – tensão máxima;  $\rho_{12\%}$  – massa específica aparente ao teor de umidade de 12%; \* – apresenta correlação significativa em 5% de probabilidade de erro; <sup>ns</sup> – não apresenta correlação significativa em 5% de probabilidade de erro

Ambos os parâmetros relacionados ao ensaio mecânico de dureza Janka apresentaram uma correlação inversa e não significativa com a  $\rho_{12\%}$ , indicando que essa propriedade física não influenciou a  $\sigma$  Máx. e a F. Máx.

Considerando que a tensão aqui é representada pela força aplicada por unidade de área, e a área em questão é a da esfera (0,9331 cm<sup>2</sup>), isso explica a ocorrência de uma correlação perfeita entre as duas variáveis relacionadas ao ensaio de dureza Janka.

#### 4. CONCLUSÕES

Verificou-se que o tratamento de termorreificação à 200 °C causou um decréscimo não significativo nos valores dos parâmetros relacionados ao ensaio de dureza Janka para a madeira de *Eucalyptus* sp. Essa redução pode estar relacionada principalmente a degradação das hemiceluloses, mais instáveis

termicamente, as quais conferem resistência mecânica a madeira. Observou-se que após o tratamento térmico, a massa específica não teve uma correlação significativa com os parâmetros relacionados ao ensaio de dureza Janka.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. **Documento**, 38).

JARDIM, J. M.; GOMES, F. J. B.; COLODETTE, J. L.; BRAHIM, B. P. Avaliação da qualidade e desempenho de clones de eucaliptos na produção de celulose. **O papel**, Universidade Federal de Viçosa, v.78, n.11, p.122-129, 2017.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O. Efeito da termorreificação sobre as propriedades colorimétricas das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 69-76. 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projetos de estruturas de madeira – NBR 7190. Rio de Janeiro: 1997.107p.

ALFREDSEN, G.; BADER, T. K.; DIBDIAKOVA, J.; FILBAKK, T.; BOLLMUS, S.; HOFSTETTER, K. Thermogravimetric analysis for wood decay characterization. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 70, n. 4, p. 527-530, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard test methods for small clear specimens of timber. **ASTM D 143 – 94**. Philadelphia, 2014.

ARAÚJO, S. O.; BENEDITO ROCHA VITAL, B. R.; MENDOZA, Z. M. S. H.; VIEIRA, T. A.; CARNEIRO, A. C. O. Propriedades de madeiras termorreificadas de *Eucalyptus grandis* e sp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 327-336, 2012.

ESTEVEES, B.; PEREIRA, H. M. Wood modification by heat treatment: a review. **BioResources**, v. 4, n. 1, p. 370-404, 2009.

MODES, K. S.; SANTINI, E. J.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, M. A. Efeito da termorreificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 291-302, 2017.

SEBIO-PUÑAL, T.; NAYA, S.; LÓPEZ-BECEIRO, J.; TARRÍO-SAAVEDRA, J.; ARTIAGA, R. Thermogravimetric analysis of wood, holocellulose, and lignin from five wood species. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 109, n. 3, p. 1163-1167, 2012.