

EFEITOS DA TERMORRETIFICAÇÃO EM ESTUFA NA RESISTÊNCIA A FLEXÃO ESTÁTICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*

KELVIN TECHERA BARBOSA¹; ANDREY PEREIRA ACOSTA²; MÁRIO ANTONIO PINTO DA SILVA JUNIOR²; DARCI ALBERTO GATTO²; EZEQUIEL GALLIO²; RAFAEL BELTRAME³;

¹Universidade Federal de Pelotas – kelvintecherabarbosa@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – andreysvp@gmail.com;
mariosilva.eng@gmail.com; darcigatto@yahoo.com; egeng.florestal@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – beltrame.rafael@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

No panorama atual cada vez mais se destaca o uso da madeira de *Eucalyptus*, sendo este gênero tratado como tendência nas indústrias de celulose, moveleiras e serrarias. Isso deve-se principalmente a sua viabilidade de crescimento e ao avanço da tecnologia em silvicultura, bem como, possibilidade de adaptação aos diferentes climas no território brasileiro.

Dentre os processos de modificação que visam a melhora de propriedades da madeira, a termorretificação ou tratamento térmico trata-se de um processo onde o material madeira é submetido à certa temperatura de calor onde poderá provocar a degradação dos seus constituintes (DUBEY et al., 2012) alterações na resistência do material, melhorando o comportamento higroscópico, a estabilidade dimensional e a resistência biológica da madeira, (ZANUNCIO et al., 2014) em detrimento das propriedades mecânicas; (CADEMARTORI et al., 2012).

Conforme (ARAUJO et al., 2012) as propriedades mecânicas podem ser afetadas de maneira negativa, comprometendo assim o uso desse material para finalidades relacionadas a intensa solicitação de esforços mecânicos. Entretanto, essas alterações podem variar entre as diferentes espécies madeireiras e em função dos parâmetros usados no tratamento térmico. Segundo (BOONSTRA et al., 2007) tais tratamentos térmicos podem, dependendo da temperatura e tempo de exposição do material, alterar outras propriedades tecnológicas da madeira.

Com base no exposto, este trabalho teve como objetivo analisar a influência que o processo de termorretificação em diferentes faixas de temperatura exerce em parâmetros relacionados a resistência à flexão estática da madeira adulta de *Eucalyptus grandis*.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, pertencente ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira – UFPel. A madeira de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden utilizada no presente trabalho, foi adquirida junto à uma empresa parceira do Grupo de Pesquisa Ciência da Madeira.

Para caracterização das propriedades físicas e mecânicas de interesse, confeccionaram-se 20 corpos de prova (cinco por tratamento) com dimensões de 2,0 x 2,0 x 33 cm (radial x tangencial x longitudinal), os quais foram encaminhados à uma câmara climatizada (20°C de temperatura e 65% de

umidade relativa), permanecendo até a estabilização da umidade de equilíbrio de 12°.

O experimento foi dividido em quatro tratamentos: um controle e três tratamentos de termorretificação em diferentes faixas de temperatura (T 180 °C, T 200 °C e T 240 °C). O processo de retificação térmica da madeira foi efetuado em estufa laboratorial, por um período de 2 horas após a estufa atingir a temperatura desejada.

Finalizados os tratamentos térmicos, os corpos de prova foram novamente encaminhados à câmara climatizada (condições citadas anteriormente) visando sua estabilização, e posteriormente, a caracterização dos parâmetros relacionados ao ensaio mecânico de flexão estática. Por meio da realização desse ensaio, conduzido conforme recomendações da norma ASTM D 143 (2014), obtiveram-se o módulo de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR), em uma máquina universal de ensaios EMIC, modelo DL 30.000, equipada com célula de carga de 300kN.

Visando verificar a existência de diferenças significativas dos resultados entre os tratamentos, realizou-se uma análise da variância (ANOVA) simples, seguido pelo teste de comparação de médias. Para tanto, essas variáveis foram analisadas no *software* Statgraphics Centurion, por meio do teste de “LeastSignificantDifference” (LSD) de Fisher, em 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percebe-se que os tratamentos de termorretificação em diferentes faixas de temperatura causaram variações significativas nos módulos de elasticidade (MOE) e ruptura (MOR) da madeira de *Eucalyptus grandis* (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo estatístico e valores médios relacionado aos parâmetros obtidos por meio do ensaio de flexão estática.

Tratamento	MOR (MPa)	MOE (MPa)
Controle	63,78 a ^(6,37)	8.901,00 b ^(1.840,3)
T 180 °C	53,52 b ^(5,44)	9.683,89 ab ^(1.126,6)
T 200 °C	49,73 b ^(4,38)	11.214,80 a ^(1.346,0)
T 240 °C	28,35 c ^(4,42)	8.410,84 b ^(1.494,1)
CV	27,83%	18,18%
Valor P	0,0000	0,0416
F	33,87 *	3,45 *

Em que: CV é o coeficiente de variação, valores entre parênteses e sobrescritos apresentam o desvio padrão (MPa) dos tratamentos, e as médias nas colunas, seguidas por mesma letra, não apresentam diferenças significativas conforme o teste LSD Fisher, com probabilidade de erro de 5%; * - significativo pelo teste F ($p < 0,05$); ns- não significativo pelo teste F ($p \geq 0,05$).

Conforme resultados obtidos verificou-se um aumento do MOE de 26% no tratamento de 200°C em relação ao tratamento controle. Já em relação com aumento da temperatura para o tratamento a 240°C o MOE apresentou um queda de 5,51% do tratamento controle.

Essa queda de resistência segundo (MODES et al., 2017) se dá com aumento da quantidade de celulose cristalina e à degradação e/ou cristalização da celulose amorfa causando um efeito negativo sobre a força de impacto.

Quanto aos valores de módulo de ruptura (MOR) houve um decrescimento gradual conforme o aumento de temperatura nos tratamentos (T180°C, T200°C, T240°C) com os valores de queda respectivamente de 16,09%, 22,03%, 55,55% em relação ao tratamento controle.

(BOONSTRA et al., 2007) explicam que esse efeito sobre o MOR em flexão é decorrente das mudanças no teor e estrutura da hemicelulose com o tratamento térmico. O aumento da temperatura e/ou do tempo de tratamento causa uma redução mais acentuada desse polímero com correspondente perda da resistência. A degradação da hemicelulose tem sido proposta por (ESTEVES et al., 2009) como o principal fator para a perda da resistência mecânica da madeira, afetando especialmente a flexão e resistência à tração, além do efeito atribuído à cristalização da celulose amorfa.

4. CONCLUSÕES

Por meio da realização deste trabalho foi possível concluir que ocorreu um aumento no módulo de elasticidade (MOE) da madeira com o aumento das faixas de temperatura, estando isso associado possivelmente as variações na composição química da madeira, resultante da degradação dos componentes principais. Já o módulo de ruptura (MOR) sofreu com decréscimos significativos em função do aumento da agressividade do tratamento térmico, elevando assim à fragilidade desse material.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, S. O.; VITAL, B. R.; MENDOZA, Z. M. S. H.; VIEIRA, T. A.; CARNEIRO, A. C. O. Propriedades de madeiras termorretificadas de *Eucalyptus grandis* e SP. **ScientiaForestalis**, v. 40, n. 95, p. 327-336, 2012.

BOONSTRA, M. J. ET AL. Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. **Annals of Forest Science, Les Ulis**, v. 64, n. 7, p. 679-690, 2007.

CADEMARTORI, P. H. G.; SCHNEIDE,.; GATTO, D. A.; BELTRAME, R.; STANGERLIN, D. M. Modification of Static Bending Strength Properties of *Eucalyptus grandis* Heat-Treated Wood. **Materials Research**, v. 15, n. 6, p. 922-927, 2012.

DUBEY, M. K.; PANG, S.; WALKER, J. Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D. Don wood with oil heat-treatment. **Holzforschung**, v. 66, n. 1, p. 49-57, 2012.

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

MODES, K. S.; SANTINI, E. J.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R. Efeito da termorretificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, 2017.

ZANUNCIO, A. J. V.; DE SÁ FARIAS, E.; SILVEIRA, T. A. Termorretificação e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 85-90, 2014.