



INFLUÊNCIA DA TERMORRETIFICAÇÃO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*

Antonio J. V. ZANUNCIO^{1*}, Amélia G. CARVALHO¹, Carlos M. S. da SILVA, Diego C. RAMOS, Juliana J. BIANCHE, Túlio A. S. VIEIRA², Paulo F. TRUGILHO²

¹ - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil *ajvzanuncio@yahoo.com.br

² - Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras

Resumo: A termorretificação surge como alternativa para redução da instabilidade dimensional da madeira. O objetivo deste trabalho foi avaliar este processo na perda de massa, densidade anidra e umidade de equilíbrio da madeira de *Eucalyptus grandis*. Corpos de prova de 2 x 2 x 3 cm (espessura x largura x comprimento) foram termorretificados a 140°C, 170°C, 200°C e 230°C para avaliação da perda e massa, densidade anidra e umidade de equilíbrio. A termorretificação reduziu a umidade de equilíbrio da madeira, sendo importante para redução da instabilidade dimensional da madeira. Entretanto, a perda de massa e densidade anidra indicam piora nas propriedades mecânicas, devendo ser considerado este efeito negativo quando aplicar este processo.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, tratamento térmico, umidade de equilíbrio higroscópico.

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON PHYSICAL PROPERTIES OF *Eucalyptus grandis* WOOD

Abstract: The heat treatment is an alternative to reduce the dimensional stability of wood. The aim of this study was to evaluate this process in weight loss, dry density and equilibrium moisture content of *Eucalyptus grandis*. Specimens of 2 x 2 x 3 cm (thickness x width x length) were heat treated at 140°C, 170°C, 200°C and 230°C for evaluation of weight loss, dry density and equilibrium moisture content. The heat treatment reduced the equilibrium moisture content of wood, it is important to reduce its dimensional instability. However, the weight loss and dry density reduction indicate worsening in the mechanical properties and should be considered as negative effect when applying this process.

Keywords: *Eucalyptus*, heat treatment, equilibrium moisture content.

1 Introdução

A termorretificação da madeira sólida é altamente empregada na Europa e Estados Unidos. No Brasil, o mercado de madeira termorretificada é pouco expressivo e estudos sobre a adaptação das espécies ao processo são escassos.

O processo de termorretificação consiste no fornecimento de calor a madeira aliada a outras variáveis, como tempo, pH, umidade da madeira e atmosfera (Esteves e Pereira, 2009). O processo degrada as hemiceluloses da madeira, destruindo monômeros como a arabinose, manose, galactose e xilose (Brito et al., 2008; Severo et al.; 2012). Em relação aos extrativos,



o processo de termorreificação causa liberação de ácido acético; furfural e mono, sesqui e diterpenos (Esteves et al., 2011). A celulose e a lignina da madeira sofrem menos modificações estruturais pelo processo de termorreificação (Yildiz et al., 2006; Tumen et al., 2010).

A degradação das hemiceluloses reduz os sítios de ligação higroscópica da madeira, fazendo com que a umidade de equilíbrio seja menor em relação à madeira não tratada quando submetida à mesma umidade relativa (Korkut, 2012). Em madeiras de *Eucalyptus grandis*, quando exposta a temperatura de 220°C, a umidade de equilíbrio pode chegar a ser 49,3% menor (Calonego et al., 2012).

Devido ao potencial da termorreificação para agregar valor à madeira aumentando sua possibilidade de utilização. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento físico da madeira de *Eucalyptus grandis* quando submetida ao processo de termorreificação em diferentes temperaturas.

2 Material e métodos

Foram utilizadas três árvores de *Eucalyptus grandis* com 15 anos de idade. As árvores foram abatidas e desdobradas em tábuas, onde foram secas até atingirem a umidade de equilíbrio. As tábuas foram usinadas para obtenção de corpos de prova de 2 x 2 x 3 cm (espessura x largura x comprimento).

As amostras foram secas em estufas por 24 horas à temperatura de 103 ± 2°C para obtenção de madeira na condição anidra. Todas as amostras foram pesadas e cubadas, em seguida, foram termorreificadas a temperatura de 140°C, 170°C, 200°C e 230°C por três horas e retiradas da estufa após resfriamento até 25°C. Após o processo, as amostras foram pesadas. Cada tratamento foi composto por 30 repetições.

A perda de massa foi calculada conforme fórmula:

$$PM(\%) = \left[\frac{(M_i - M_f)}{M_i} \right] \times 100$$

em que:

PM= perda de massa (%),

M_i= massa antes da termorreificação,

M_f= massa após a termorreificação.

A densidade anidra foi calculada conforme equação:

$$D = \frac{M}{V}$$

em que:

D = densidade básica (g/cm³),

M = massa anidra da amostra (g);

V = volume da amostra no estado anidro (cm³).

A umidade das amostras foi calculada conforme fórmula:

$$U(\%) = \left[\frac{(Mu - Ms)}{Ms} \right] \times 100$$

Onde:

U(%)= umidade das amostras;

Mu= Massa úmida das amostras;

Ms=Massa seca das amostras.

De maneira preliminar, antes da análise de variância, foram realizados testes de homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett, a 5% de significância) e de normalidade (teste Shapiro-Wilk, a 5% de significância). O contraste entre as médias dos tratamentos foi determinado pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

3 Resultados e discussão

A perda de massa, densidade anidra e umidade de equilíbrio variaram, respectivamente, entre 0,33 e 10,64%; 0,570 e 0,627 g/cm³ e 5,05 e 9,4 % (Tabela 1). Com o aumento da temperatura, houve uma diminuição do coeficiente de variação, mostrando uma padronização das amostras pelo processo de termorretificação.

Tabela 1. Perda de massa, densidade anidra e umidade de equilíbrio das amostras submetidas a termorretificação por três horas.

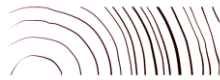
Tratamento	Perda de massa (%)	Densidade anidra (g/cm ³)	Umidade de equilíbrio (%)
Testemunha	-	0,617 ^{8,18} a	9,40 ^{3,15} a
140°C	0,33 ^{9,15} a	0,623 ^{9,54} a	9,34 ^{3,14} a
170°C	0,63 ^{6,97} a	0,627 ^{10,13} a	8,55 ^{3,42} b
200°C	2,73 ^{3,69} b	0,622 ^{9,11} a	6,55 ^{2,48} c
230°C	10,64 ^{3,24} c	0,570 ^{6,12} b	5,05 ^{2,05} d

Médias seguidas por mesma letra na coluna pertencem a um mesmo grupo pelo teste Tukey, a 5% de significância.

A perda de massa foi inferior a 1% para os tratamentos submetidos nas temperaturas de 140 e 170°C. Nesta faixa ocorre a decomposição de parte extrativos polares, que ocorre a partir de 130°C até 250°C (Mészáros et al., 2007). Nas temperaturas de 200 e 230°C, ocorre a degradação das hemiceluloses, acarretando em maior perda de massa com o aumento da temperatura (Barneto et al.; 2011).

Bal e Bektaş (2012), relataram perda de massa de 0,57 e 1,65% quando submetida a temperaturas de 150 e 180°C, respectivamente, por 4 horas. Brito et al., (2006) encontraram perda de massa de 5,19 e 9,68% para a madeira submetida a 180 e 200°C. Almeida et al., (2009) encontraram perda de massa entre 5 e 17% para temperaturas entre 220 e 250°C. Em todos estes casos, foi utilizada madeira de *Eucalyptus grandis*.

A densidade anidra foi afetada somente na madeira submetida a 230°C, devido a degradação das hemiceluloses em produtos voláteis e evaporação dos extrativos (Brito et al., 2008). Este fenômeno também ocorre em temperaturas inferiores (Mészáros et al., 2007),



entretanto o tempo que as amostras foram submetidas aos tratamentos não foi suficiente para alterar significativamente a densidade anidra. A temperatura em que ocorre perda significativa da densidade varia conforme espécie (Korkut, 2012).

A umidade de equilíbrio variou entre 5,05 e 9,41%, havendo queda significativa a partir da temperatura de 170°C, com redução de 9,04; 30,31 e 46,27% para as temperaturas de 170, 200 e 230°C, respectivamente. A umidade de equilíbrio apresentou baixo valor para a madeira não tratada devido à histerese. A redução da umidade de equilíbrio se deve a degradação das hemiceluloses, aumento da área cristalina da celulose e ramificação da lignina (Brito et al., 2008), diminuindo os grupos hidroxílicos que realizariam ligações químicas com a água.

A redução da umidade de equilíbrio indica redução da instabilidade dimensional da madeira. Entretanto, a perda de massa e queda na densidade podem piorar as propriedades mecânicas.

4 Conclusões

A perda de massa foi significativa a partir da termorretificação à 200°C. Este processo reduziu a umidade de equilíbrio da madeira quando aplicada a temperatura de 170°C ou maior, por fim, houve redução na densidade anidra apenas no material submetido a 230°C. Desse modo, a termorretificação é uma importante ferramenta para amenizar os efeitos negativos da troca de umidade entre a madeira de *Eucalyptus grandis* e o ambiente.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G.; BRITO, J.O.; PERRE, P. Changes in wood-water relationship due to heat treatment assessed on micro-samples of three *Eucalyptus* species. *HOLZFORSCHUNG*, v.63, p.80–88, 2009.

BAL, B. C.; BEKTAŞ, I. The effects of heat treatment on physical properties of juvenile wood and mature wood of *Eucalyptus grandis*. *BIORESOURCES*, v.7, n.4, p.5117-5127, 2012.

BARNETO, A. G.; VILAB, C.; ARIZA, J. *Eucalyptus* kraft pulp production: Thermogravimetry monitoring. *THERMOCHIMICA ACTA*, v.520, n.1–2, p.110-120, 2011.

BRITO, J. O.; GARCIA, J. N.; BORTOLETTO JR, G.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. The density and shrinkage behavior of *Eucalyptus grandis* wood submitted to different temperatures of thermorectification. *CERNE*, v.12, n.2, p.182-188, 2006.



BRITO, J. O.; SILVA, F. G.; LEÃO, M. M.; ALMEIDA, G. Chemical composition changes in *Eucalyptus* and *Pinus* woods submitted to heat treatment. *BIORESOURCE TECHNOLOGY*, v. 99, n. 18, p. 8545-8548, 2008.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; BALLARIN, A. W. Physical and mechanical properties of thermally modified wood from *E. grandis*,” *EUROPEAN JOURNAL OF WOOD AND WOOD PRODUCTS*, v.70, n.4, p.453-460, 2012.

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

ESTEVEES, B.; VIDEIRA, R.; PEREIRA, H. Chemistry and ecotoxicity of heat- treated pine wood extractives. *WOOD SCIENCE TECHNOLOGY*, v.45, n.4, p.661-676, 2011.

KORKUT, S. Performance of three thermally treated tropical wood species commonly used in Turkey. *INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS*, v.36, n.1, p.355-362, 2012.

MÉSZÁROS, E.; JAKAB, E.; VÁRHEGYI, G. TG/MS, Py-GC/MS and THM-GC/MS study of the composition and thermal behavior of extractive components of *Robinia pseudoacacia*. *JOURNAL OF ANALYTICAL AND APPLIED PYROLYSIS*, v.79, n.1-2, p.61-70, 2007.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Physical and chemical changes in juvenile and mature woods of *Pinus elliottii* var. *elliottii* by thermal modification. *EUROPEAN JOURNAL OF WOOD AND WOOD PRODUCTS*, v.70, n.5, p.741-747, 2012.

TUMEN, I.; AYDEMIR, D.; GUNDUZ, G.; UNER, B.; CETIN, H. Changes in the chemical structure of thermally treated wood. *BIORESOURCES*, v.5, n.3, p.1936-1944, 2010.

YILDIZ, S.; GEZER, E. D.; YILDIZ, Y. C. Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat. *BUILDING AND ENVIRONMENT*, v.41, n.12, p.1762-1766, 2006.