



## **Influência de tratamento térmico em propriedades físicas e colorimétricas do *Eucalyptus grandis***

Kelvin Techera Barbosa <sup>1</sup>; Henrique Römer Schulz <sup>2</sup>; Andrey Pereira Acosta <sup>2</sup>; Mário Antônio Pinto da Silva Júnior <sup>1</sup>; Ezequiel Gallio <sup>2</sup>; Patricia Soares Bilhalva dos Santos <sup>3</sup>;

<sup>1</sup> Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira / Universidade Federal de Pelotas; <sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de matérias / Universidade Federal de Pelotas; <sup>3</sup> Professora-adjunta do Curso de Engenharia Florestal /Universidade Federal do Pará;

**Resumo:** Este trabalho visou avaliar as características colorimétricas e algumas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetida ao tratamento de termorretificação em duas faixas de temperaturas. Para tanto, confeccionaram-se 20 corpos de provas os quais foram distribuídos igualmente em três tratamentos: controle, 180°C e 240°C. Os tratamentos de termorretificação foram efetuados em estufa laboratorial por um período de 2 horas, avaliando-se posteriormente a perda de massa (PM) e as variações nos parâmetros colorimétricos. O tratamento térmico provocou uma perda de massa e escurecimento acentuados e significativos, em função do aumento da temperatura, quando comparado ao tratamento controle. As maiores perdas de massa e variação da cor foram obtidas na temperatura de 240 °C. Observou-se em um contexto geral, que o tratamento de termorretificação agregou valor estético à madeira de *Eucalyptus grandis*, visualizado isso pelo escurecimento da mesma, deixando-a com uma tonalidade semelhante a madeiras mais nobres.

**Palavras-chave:** Qualidade da madeira, Retificação térmica, Cor da madeira.

### **Influence of thermal treatment on physical and colorimetric properties of *Eucalyptus grandis***

**Abstract:** This work aimed to evaluate the colorimetric characteristics and some physical properties of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden wood subjected to the thermoregulation treatment in two temperature ranges. For this purpose, 20 specimens of specimens were prepared, which were also distributed in three parts: control, 180 °C and 240 °C. The thermal treatments were carried out in a laboratory oven for a period of 2 hours, after which mass loss (PM) and variations in the colorimetric parameters were evaluated. The heat treatment caused a significant loss of mass and darkening due to the increase in temperature when compared to the control cup. The greatest mass losses and color variation were obtained at a temperature of 240 °C. It was observed in a general context that the thermoregulation treatment added aesthetic value to *Eucalyptus grandis* wood, visualized by your darkening, leaving it with a tone similar to more noble woods.

**Keywords:** Wood quality, Thermal rectification, Colorimetry.

### **1. INTRODUÇÃO**

PATROCINADORES:



**STIHL**®

ORGANIZAÇÃO:



A cor da madeira é considerada uma característica de suma importância, pois permite classificar qualitativamente a madeira em diversos ramos da atividade industrial madeireira, como indústria moveleira, indústria de painéis reconstituídos e serrarias (Pincelli et al., 2012 e Stangerlin et al., 2013). Porém, algumas espécies madeireiras não apresentam coloração atrativa, restringindo sua utilização para finalidades estéticas. Assim, uma alternativa empregada visando agregar valor estético as espécies madeireiras menos atrativas é o tratamento de termorretificação. Estes são efetuados em faixas de temperaturas que variam de 180 °C à 260 °C, e podem ser aplicados em espécies exóticas com reduzido valor estético, como algumas espécies do gênero *Eucalyptus*, agregando valor econômico em função da aparência adquirida após os tratamentos, assemelhando-se as madeiras de espécies nativas (Moura & Brito, 2011 e Cademartori et al., 2014).

A cor da madeira pode ser avaliada por meio do sistema proposto pela *Commission Internationale de L'éclairage* – CIE-L\*a\*b\* (1976), e as variáveis colorimétricas de luminosidade – L\*, coordenada cromática da matriz verde-vermelho – a\*, coordenada cromática da matriz amarelo-azul – b\*, saturação – C\*, angulo de tinta – h e da variação total da cor – ΔE (Pincelli et al., 2012). O valor de L\* varia de 0 (preto) à 100 (branco), a matriz a\* considera o sinal positivo (vermelho) ou negativo (verde) dos valores, a matriz b\* classifica os valores com sinal positivo (amarela) e sinal negativo (azul), a C\* apresenta a pureza e o h indica a predominância de alguma tonalidade de cor (Zanuncio et al., 2014).

Entretanto, apesar de agregar valor estético, tratamentos de termorretificação podem, dependendo da temperatura e tempo de exposição, alterar outras propriedades tecnológicas da madeira, reduzindo sua massa em função de degradação da celulose, hemiceluloses, lignina e dos extrativos (Moliński et al., 2016 e Cademartori et al., 2014). Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar variações físicas e colorimétricas na madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, submetida ao tratamento térmico em duas faixas de temperatura.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Seleção do material

Para a realização deste estudo, a partir de tábuas da espécie *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden (15 anos de idade), foram confeccionados 15 corpos de prova (5 por tratamento) com dimensões de 2,0 x 2,0 x 33,0 cm (tangencial x radial x longitudinal). Estes, foram encaminhados à

sala climatizada (20°C de temperatura e 65% de umidade) até atingir massa constante, possibilitando obter suas massas e volumes iniciais, com a balança analítica e paquímetro digital, respectivamente. Decorrida a estabilização dos corpos de prova, iniciou-se a etapa dos tratamentos. O estudo foi dividido nos tratamentos: controle (TC) e termorretificação, realizada em estufa laboratorial por 2 h., em duas faixas de temperatura (180°C e 240°C). Finalizados os tratamentos, encaminharam-se novamente os corpos de prova à sala climatizada nas condições previamente citadas.

## 2.2 Propriedades Físicas e Colorimétricas

Determinou-se a massa específica aparente ao teor de umidade de 12% (Equação 1) da madeira seguindo as recomendações descritas pela norma *American Society for Testing and Materials D 2395* (2017), em que  $\rho_{12\%}$ ,  $M_{12}$  e  $V_{12}$ , representam respectivamente a massa específica aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), a massa (g) e o volume ( $\text{cm}^3$ ) ao teor de umidade de equilíbrio de 12%.

Equação 1

Avaliou-se a influência que os tratamentos de termorretificação exercearam na perda de massa e colorimetria da madeira. Para tanto, a perda de massa (Equação 2) foi obtida com a adaptação da norma *ASTM D 2017* (2005), em que:  $PM$  – perda de massa (%);  $M_I$  – massa da amostra antes do tratamento térmico (g);  $M_F$  – massa da amostra após tratamento térmico (g).

Equação 2

Para a avaliação da cor, utilizou-se um equipamento colorímetro Konica Minolta CR-400, contendo iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. Por meio do uso do equipamento e auxílio do método CIE-L\* $a^*b^*$  (1976), determinaram-se os parâmetros colorimétricos de luminosidade –  $L^*$ , matriz vermelho-verde –  $a^*$ , matriz amarelo-azul –  $b^*$ , saturação da cor –  $C^*$ , ângulo de tinta em graus –  $h^*$  e a variação total da cor –  $\Delta E$  (Equação 3).

Equação 3

Em que:  $\Delta E$  é a variação total da cor da madeira,  $\Delta L^*$  é a variação da luminosidade,  $\Delta a^*$  é a

variação da coordenada cromática verde-vermelho e  $\Delta b^*$  é a variação da coordenada cromática azul-amarelo.

No software Statgraphics Centurion, os resultados obtidos foram submetidos a análise da variância (ANOVA) e teste F, e constatada a presença de diferenças significativas, comparação múltipla de médias, ambos pelo método da menor diferença significativa (“Least Significant Difference” – LSD) de Fisher, em 1% de probabilidade de erro.

### 3. RESULTADOS

A madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorretificação apresentava uma massa específica aparente ao teor de umidade de 12% ( $\rho_{12\%}$ ) de 0,491 g/cm<sup>3</sup>. Nota-se que tratamento de termorretificação em duas faixas de temperaturas reduziu significativamente a massa, causando o escurecimento significativo (pela redução da luminosidade – L\* e aumento da variação total da cor –  $\Delta E$ ) da madeira de *E. grandis* (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo estatístico e valores médios da perda de massa (PM) e variáveis colorimétricas (luminosidade – L\*; matriz vermelho-verde – a\*; matriz amarelo-azul – b\*; saturação da cor – C\*; ângulo de tinta – h°; variação total da cor –  $\Delta E$ ) dos tratamentos de termorretificação na madeira de *E. grandis*.

Tratamento	PM (%)	L*	a*	b*	C*	h °	ΔE
<b>Controle</b>	-	74,82 (2,92) a	9,63 (1,27) b	20,54 (1,33) a	22,70 (1,63) a	64,96 (2,16) a	-
<b>180 °C</b>	4,94 (0,09) a	59,48 (4,83) b	11,23 (0,78) c	20,26 (1,64) a	23,22 (1,67) a	60,76 (2,12) b	15,62 (5,34) a
<b>240 °C</b>	14,49 (1,11) b	33,43 (3,27) c	7,78 (1,07) a	12,48 (2,34) b	14,80 (2,46) c	58,10 (2,93) c	42,28 (4,26) b
<b>CV (%)</b>	53,1	31,44	18,37	23,44	24,41	6,05	49,28
<b>F</b>	295,15 *	927,78 *	76,48 *	189,26 *	174,03 *	59,40 *	456,41 *

Em que: valores entre parênteses apresentam o desvio padrão das médias do tratamento, e médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si conforme o teste LSD Fisher e Teste F em 1% de probabilidade de erro; \* significativo em 1% de probabilidade de erro pelo teste F ( $p < 0,01$ ).

### 4. DISCUSSÃO

No tratamento de termorretificação, a perda de massa encontra-se atrelada às temperaturas elevadas, as quais causam a degradação dos componentes principais (celulose, hemiceluloses e lignina) e secundários da madeira (extrativos). Em conjunto com a umidade, as hemiceluloses e os extractivos são os primeiros componentes a serem degradados em função da menor estabilidade térmica (Moliński et al., 2016). A celulose, mais estável termicamente, inicia a degradação em faixas de temperaturas superiores quando comparada às hemiceluloses, enquanto a lignina, por possuir uma estruturação complexa, modifica-se desde o início do processo térmico (Alfredsen et al., 2012 e Sebio-Puñal et al., 2012). Comportamento semelhante ao obtido no presente estudo, foi observado também por Cademartori et al. (2014), os quais constataram uma relação direta entre a perda de massa e o aumento da temperatura.

Considerando que essa perda de massa está associada com a composição química, a degradação principalmente dos extractivos e das hemiceluloses modifica a cor da madeira. A redução dos teores de celulose e hemiceluloses tendem a reduzir a luminosidade ( $L^*$ ) e a tonalidade amarela (representada pela matriz amarela-azul –  $b^*$ ) da madeira (Moura & Brito, 2011), indicando um escurecimento da mesma. A redução da matriz  $b^*$  em conjunto com a matriz vermelho-verde ( $a^*$ ) está relacionada com o decréscimo no tom amarelo e o aumento da tonalidade vermelha, em função da degradação de compostos cromóforos presentes nos extractivos e na lignina (Pincelli et al., 2012, Cademartori et al., 2014 e Zanuncio et al., 2014). O aumento na matriz  $a^*$  em uma temperatura mais branda (180 °C) e posterior decréscimo na temperatura mais agressiva do tratamento térmico (240 °C), quando comparados ao tratamento controle, se deve as etapas de volatilização e a degradação dos componentes dos extractivos presentes na madeira (Moura & Brito, 2011 e Chen et al., 2012).

A redução dos valores de saturação ( $C^*$ ) e o ângulo de tinta ( $h$ ) indicam o aumento da opacidade (Mattos et al., 2014), e consequentemente, o escurecimento da madeira. Considerando que esses dois parâmetros ( $C^*$  e  $h$ ) estão correlacionados com os valores das matrizes  $a^*$  e  $b^*$ , a predominância dos valores de  $b^*$  em relação à  $a^*$  indicam a influência dessa matriz nas variáveis  $C^*$  e  $h$  (Zanuncio et al., 2014). Por meio do agrupamento de Cluster e descrição proposta por Camargos & Gonçalez (2001), a madeira de *E. grandis* aqui utilizada é caracterizada como marrom oliva, adquirindo cor rosa após termorretificação à 180 °C e marrom escuro após tratamento à 240 °C.

## 5. CONCLUSÕES

Conclui-se que os tratamentos de termorretificação na madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em duas faixas de temperatura, acarretaram decréscimos significativos de massa e o escurecimento da madeira, principalmente na temperatura de 240°C. Ambos os casos estão associados à degradação dos componentes químicos da madeira, principalmente os extrativos e as hemiceluloses. Constatou-se que o escurecimento da madeira de *E. grandis* agregou valor estético a mesma, devido a semelhança adquirida em comparação com madeiras mais nobres e de tonalidade mais escura, como o mogno.

## 6. REFERÊNCIAS

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 2012; 70(4):527-530.

Cademartori PHG, Missio AL, Mattos BD, Schneid E, Gatto DA. Physical and mechanical properties and colour changes of fast-growing *Gympie messmate* wood subjected to two-step steam-heat treatments. Wood Material Science and Engineering 2014; 9(1):40-48.

Camargos JAA, Gonçalez JC. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. Brasil Florestal 2001; (71):30-41.

Chen Y, Fan Y, Gao J, Stark NM. The effect of heat treatment on the chemical and color change of black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood flour. BioResources 2012; 7(1):1157-1170.

Mattos BD, Cademartori PHG, Lourençon TV, Gatto DA. Colour changes of Brazilian Eucalypts wood by natural weathering. International Wood Products Journal 2014; 5(1):33-38.

Moliński W, Roszyk E, Jabłoński A, Puszyński J, Cegiela J. Mechanical parameters of thermally modified ash wood determined by compression in radial direction. Maderas. Ciencia y tecnología 2016; 18(4):577-586.

Moura LF, Brito JO. Efeito da termorretificação sobre as propriedades colorimétricas das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Scientia Forestalis 2011; 39(89):69-76.

Pincelli ALPSM, Moura LF, Brito JO. Effect of thermal rectification on colors of *Eucalyptus saligna* and *Pinus caribaea* woods. Maderas. Ciencia y tecnologia 2012; 14(2):239-248.

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 2012; 109(3):1163-1167.

Stangerlin DM, Costa AF, Gonçalez JC, Pastore TCM, Garlet A. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. Acta Amazonica 2013; 43(4):429-438.

Zanuncio AJV, Farias ES, Silveira TA. Termorretificação e colorimetria da madeira de *Eucalyptus*

*grandis*. Floresta e Ambiente 2014; 21(1):85-90.

