III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE Eucalyptus grandis TERMORRETIFICADA

Fernanda Regina Andrade[1]
Ronan Corrêa[1]
Clovis Roberto Haselein[1]
Camila Berger[1]
Marina Gentil[1]
Bruna Mohr Giesbrecht[1]
Rossana Cortelini da Rosa[1]
Rodrigo Coldebella[1]

[1] Universidade Federal de Santa Maria / Departamento de Ciências Florestais

PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* TERMORRETIFICADA

Resumo: O processo de termorretificação consiste em modificar quimicamente a madeira, podendo ser realizado em diversas atmosferas (nitrogênio, vácuo, oxigênio e óleo). A termorretificação em óleo apresenta algumas vantagens em relação as atmosferas gasosas, como transferência rápida de calor e homogeneidade de cor. O presente estudo teve por objetivo determinar as alterações físicas na madeira de *Eucalyptus grandis* termorretificada em óleo vegetal sob diferentes condições de umidade. Foram selecionadas cinco árvores com 21 anos, das quais foram confeccionados os corpos de prova para caracterização dos parâmetros físicos da madeira. Foram realizados 4 tratamentos, distribuídos em: MCA – madeira climatizada imersa no óleo a temperatura ambiente, MC – madeira climatizada acondicionada no óleo a 190 °C, MVA - madeira verde imersa no óleo a temperatura ambiente, MV- madeira verde acondicionada no óleo a 190°C e o controle foi apenas climatizado. Os tratamentos foram realizados em um banho de óleo laboratorial por um período de 30 minutos. Os tratamentos MCA e MC apresentaram alterações mais intensas nas propriedades físicas (estabilidade dimensional, absorção de água e variação de massa), diferindo dos tratamentos MVA e MV.

Palavras-chave: Estabilidade dimensional da madeira; *Oil Heat Treatment*; tratamento da madeira.

PHYSICAL PROPERTIES OF *Eucalyptus grandis* WOOD THERMALLY MODIFIED

Abstract: The process of thermal modification consists of chemically modifying the wood, which can be performed in several atmospheres (nitrogen, vacuum, oxygen and oil). The thermal modification by oil heat has some advantages in relation to gaseous atmospheres, such as fast heat transfer and color homogeneity. The present study had as objective to determine the physical on the wood of *Eucalyptus grandis* thermally modified in vegetable oil under different humidity conditions. Five trees with 21 years old were selected, from which the specimens were made to characterize the physical and colorimetric parameters of the wood. Four treatments were carried out, distributed in: MCA – acclimated wood immersed in the oil at room temperature, MC - acclimated wood conditioned in the oil at 190°C, MVA - green wood immersed in the oil at room temperature, MV – green wood conditioned in oil at 190°C and the control was only acclimated. The treatments were carried out in a lab oil bath for 30 minutes. The treatments MCA and MC presented more intense changes to physical properties (dimensional stability, water absorption and mass variation), distinguishing from treatments MVA and MV.

Key words: Dimensional stability of wood; *Oil Heat Treatment*; wood treatment.

1. INTRODUÇÃO

Até o século XX o mercado consumidor brasileiro de produtos madeireiros dispunha de madeira de alta qualidade proveniente de florestas nativas, porém com a exploração desenfreada, essa matéria prima escasseou-se, e a alternativa para suprir a demanda foi a utilização de madeira proveniente de florestas plantadas de espécies de rápido crescimento, as quais em sua maioria não possuem características como propriedades físicas, mecânicas e biológicas muito favoráveis. Para melhoria dessas características, diversos estudos estão

sendo desenvolvidos com diferentes tratamentos de modificação tecnológica da madeira, com destaque os tratamentos de modificação térmica do material (CONTE et al., 2014; DELUCIS et al., 2014; CADEMARTORI et al., 2015; MISSIO et al., 2015; PERTUZZATTI et al., 2015).

O tratamento térmico visa modificar as propriedades químicas e consequentemente aperfeiçoar as propriedades físicas, biológicas e superficiais da madeira. Isso é possível devido a aplicação de altas temperaturas (120 a 260 °C), que ocasionam a decomposição das hemiceluloses, as quais são responsáveis pela higroscopicidade da madeira (HILL, 2006). Já existem vários processos de termorretificação desenvolvidos e utilizados mundialmente, principalmente em países da Europa e na América do Norte.

Na Alemanha o tratamento OHT® (*Oil Heat Treatment*) é realizado em escala industrial e foi um processo desenvolvido em parceria com o Centro Federal de Pesquisa de Florestas e Produtos Florestais em Hamburgo (SAILER et al, 2001). O Tratamento térmico em óleo vegetal apresenta algumas vantagens sobre os processos realizados em atmosferas gasosas, principalmente em relação a rápida transferência de calor e elevada condutividade térmica, proporcionando aquecimento homogêneo ao longo do tratamento e dificultando a entrada de oxigênio (DUBEY et al. 2012; MENZ, 2014).

Neste trabalho, a utilização de madeira verde no processo de termorretificação foi avaliada para promover a otimização da cadeia produtiva, desde o corte, passando pelo beneficiamento até o produto final. Dessa forma, elemina-se uma etapa, já que a secagem da madeira e o tratamento de termorretificação ocorrem simultaneamente.

O presente estudo teve como objetivo determinar as alterações nas propriedades físicas na madeira de *Eucalyptus grandis* termorretificada em óleo vegetal sob diferentes condições de umidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionadas cinco árvores ao acaso provenientes de um povoamento homogêneo de 21 anos de idade e espaçamento 6 x 6 metros, pertencente a Universidade Federal de Santa Maria. O plantio está localizado nas coordenadas geográficas 29°43’ 1,95’’ S e 53°43’33,7’’ O e 110 m de altitude.

Foi utilizada a primeira tora de cada árvore, com dimensão de 3,0 m, das quais foram confeccionados 50 corpos de prova, com dimensões de 30 x 25 x 50 mm (radial tangencial e longitudinal). Em seguida, parte dos corpos de prova foram colocados em câmara climatizada (20 ºC e 65% UR) e o restante foi alocado em um tanque com água para evitar perda de umidade, até o início dos tratamentos térmicos, estando esses com um teor de umidade de 150%.

A termorretificação foi realizada em um banho de óleo laboratorial marca Quimis®, com capacidade de 16 litros, com óleo de soja. Os tratamentos foram distribuídos em: MCA – madeira climatizada imersa no óleo a temperatura ambiente, MC – madeira climatizada acondicionada no óleo a 190 °C, MVA - madeira verde imersa no óleo a temperatura ambiente, MV- madeira verde acondicionada no óleo a 190 °C e o controle, foi apenas climatizado. O período de pré-aquecimento dos tratamentos MCA e MVA foi de 38 minutos.

Tabela. Organização dos tratamentos.

TRATO	Condição	T° inicial do óleo (°C)	Taxa de aquecimento (°C/min)	Temp. de termorretificação (°C)	Tempo de termorretifica-ção (min)
MC	Climatizada a 20 °C e 65% de UR	190	-	190	30
MCA	Climatizada a 20 °C e 65% de UR	25,6	4,32	190	30
MV	Verde Tu 150%	190	-	190	30
MVA	Verde Tu 150%	25,6	4,32	190	30

O processo de termorretificação foi padronizado com o tempo de 30 minutos a partir de alcançada a temperatura desejada de 190 °C (Tabela 1). As amostras foram retiradas do banho de óleo e movidas para uma estufa de circulação de ar forçada à 100 °C onde permaneceram durante uma hora, tal procedimento foi considerado como a "cura" do óleo. Na sequência os corpos de prova foram novamente acondicionados em câmara climatizada até atingirem o equilíbrio higroscópico.

Para a avaliação das propriedades físicas da madeira, foi utilizado a variação percentual de massa (Equação 1) na qual foi realizada a correção do teor de umidade (Equação 2). Também foram mensurados o inchamento volumétrico (Equação 3), a estabilidade dimensional (Equação 4) e a absorção de água (Equação 5).

$$VPM = (M_t - MBH)/MBH)\times 100 \qquad \text{Equação (1)}$$

$$MBH = \frac{M}{1+(Tu/100)} \qquad \text{Equação (2)}$$

$$\varepsilon_{t,\,r,\,i} = (Lsat - Lsec)/Lsec)\times 100 \qquad \text{Equação (3)}$$

$$\varepsilon_{vol} = (Vsat - Vsec)/Vsec)\times 100 \qquad \text{Equação (4)}$$

$$AA = (Mu - M_0)/Mu)\times 100 \qquad \text{Equação (5)}$$

Em que: VPM – variação percentual de massa (%); M_t – massa do corpo de prova após a termorretificação (g); M – massa do corpo de prova antes da termorretificação (úmida) (g); MBH – massa seca (g); ε_{vol} – inchamento volumétrico (%); Vsat – volume do corpo de prova saturado (mm^3); Vsec – volume do corpo de prova seco (mm^3); $\varepsilon_{t,\,r,\,i}$ – Inchamento nas faces tangencial, radial e longitudinal (%); Lsat – Dimensão do corpo de prova saturado nas faces tangencial, radial e axial (mm); Lseco – Dimensão do corpo de prova seco nas faces

tangencial, radial e longitudinal (mm); AA – absorção em água (%); Mu – massa dos corpos de prova após imersão em água (g); T_{AA} – taxa de absorção em água (g/h); Δt – variação no tempo de imersão dos corpos de prova (h).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Primeiramente foram verificadas a normalidade e homogeneidade de variância dos dados, pressupostos antes de qualquer teste paramétrico. A partir da validação desses testes, os dados foram interpretados através da análise de variância (ANOVA) por meio do teste F em 5% de significância. Em caso de rejeição da hipótese nula foi realizado teste de médias LSD (*Least Significant Difference*) de Fisher em nível de 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a variação de massa, foi verificado que todos os tratamentos apresentaram valores positivos (ganho de massa), em que, o tratamento MVA apresentou maior ganho de massa (4x superior ao tratamento MCA), ocasionado pela substituição da água presente nos lúmens celulares por óleo vegetal durante o aquecimento da madeira (Figura 1). Observou-se que uma possível substituição da água pelo óleo é confirmada analisando-se os resultados da VPM dos tratamentos MCA e MC, em que não há água livre nos lúmens para esse fenômeno. Resultado similar foi observado por Dubey et al. (2011), no qual afirma que o ganho de massa está relacionado à absorção de óleo durante o tratamento. Segundo o mesmo autor, o ganho de massa da amostra diminuiu com o aumento da temperatura e do tempo de tratamento, principalmente pela degradação dos constituintes químicos da madeira.

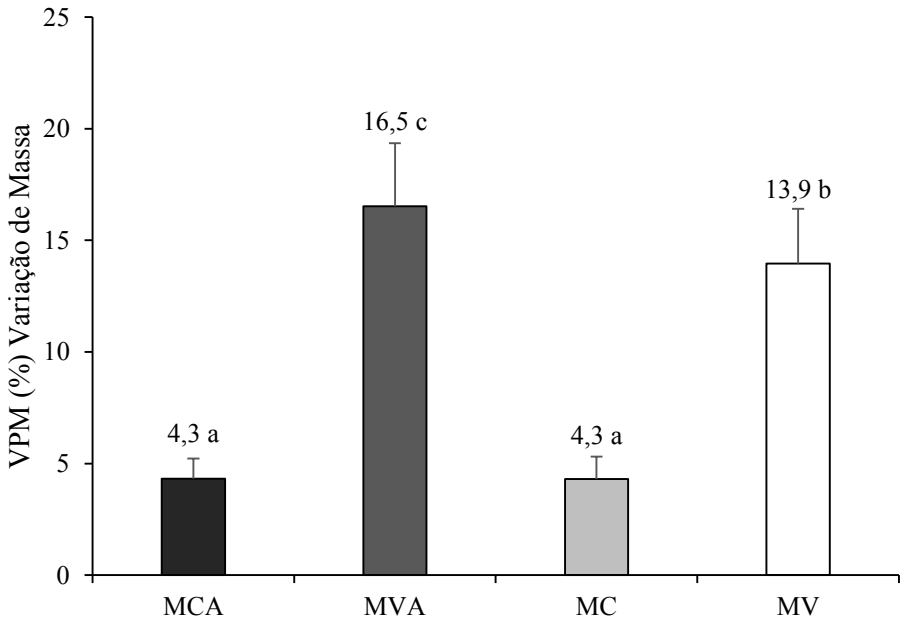

Figura 1. Variação de massa após a aplicação da termorretificação (VPM%). MCA - madeira climatizada disposta no óleo a temperatura ambiente; MVA - madeira verde imersa no óleo a temperatura ambiente; MC - madeira climatizada imersa no óleo a 190 °C; MV - madeira verde imersa no óleo a 190 °C. Letras seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa em 5% de significância pelo teste de Tukey. As barras acima das colunas indicam o desvio padrão.

Na madeira climatizada foi observado que os tratamentos MCA e MC não diferiram entre si, o que indica que a taxa de aquecimento em óleo da madeira climatizada não foi influente na VPM. Por outro lado, os tratamentos com madeira verde (MVA e MV) diferiram entre si, o que pode ser explicado pelo fato de o MV ter permanecido menos tempo no óleo.

O inchamento volumétrico dos tratamentos reduziu em todas as faces em relação ao controle. Apenas na seção radial os tratamentos MVA e MV não diferiram do controle, enquanto que no sentido tangencial os tratamentos MCA e MC tiveram variação de 4% e o MVA e MV de 2% (Figura 2). O fato da madeira verde não apresentar resultados tão satisfatórios para o inchamento volumétrico pode ser explicado pelo alto teor de umidade inicial, que dificultou o efeito da temperatura nas mudanças químicas da madeira, pois a energia do processo térmico foi consumida para evaporar a água presente na madeira, tornando o procedimento oneroso (FINNISH THERMO WOOD ASSOCIATION, 2003).

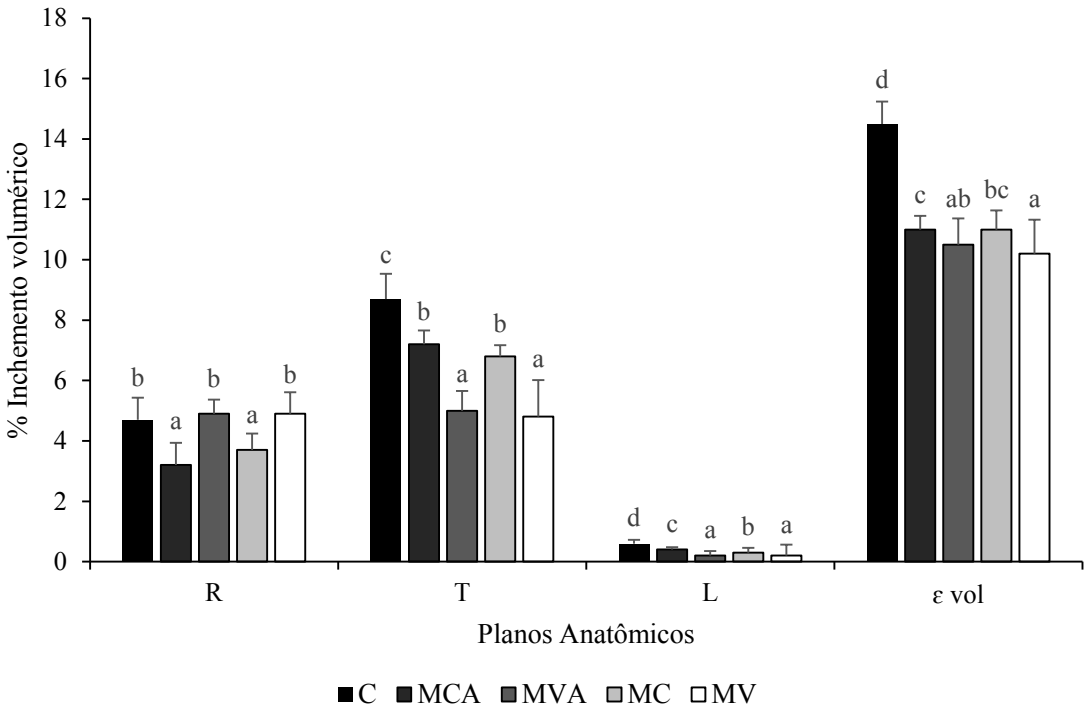

Figura 2. Inchamento das faces radial (R), tangencial (T), longitudinal (L) e variação volumétrica (ε_{vol}) da madeira termorretificada. Controle (C), madeira climatizada disposta no óleo a temperatura ambiente (MCA), madeira verde imersa no óleo a temperatura ambiente (MVA); madeira climatizada imersa no óleo a 190 °C, (MC) madeira verde imersa no óleo a 190 °C, (MV). Letras seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativa em 5% de significância pelo teste de Tukey. As barras acima das colunas indicam o desvio padrão.

A absorção de água diminuiu nos tratamentos MCA e MC em comparação com o controle, resultados semelhantes foram encontrados por outros autores (DUBEY et al., 2012; AWOYEMI e COOPER 2009) (Figura 3). Nos tratamentos MVA e MV esse decréscimo não foi observado, o tratamento MV apresentou absorção de água superior ao controle.

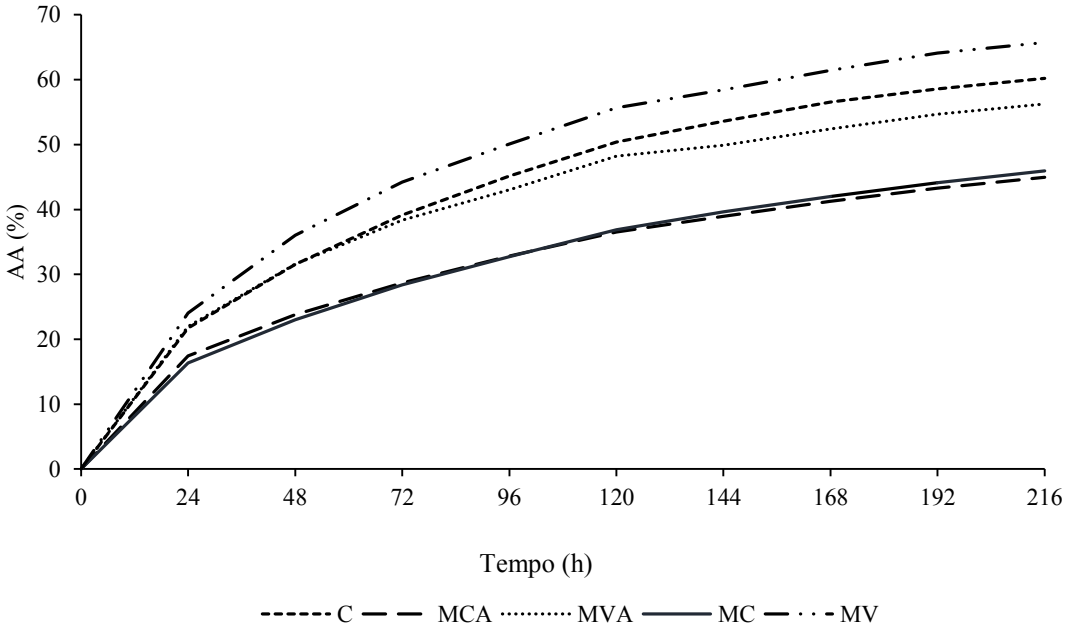

Figura 3. Absorção de água (AA) da madeira de *Eucalyptus grandis* termorretificada em óleo vegetal. Controle (C), madeira climatizada disposta no óleo a temperatura ambiente (MCA), madeira verde imersa no óleo a temperatura ambiente (MVA); madeira climatizada imersa no óleo a 190 °C, (MC) madeira verde imersa no óleo a 190 °C, (MV).

Nos tratamentos MV e MVA o tratamento térmico provocou defeitos nos corpos de prova como rachaduras, empenamentos e colapso. Esses defeitos dificultam a utilização da madeira, em muitos casos tornando-se inviável.

4. CONCLUSÕES

Os tratamentos MCA e MCA tiveram as alterações mais intensas na variação volumétrica e na absorção de água. Importante salientar a presença de defeitos nos tratamentos MV e MVA, como rachaduras, empenamento e colapsos o que dificulta sua utilização.

Portanto, a madeira termorretificada com um menor teor de umidade teve os melhores resultados, podendo ser utilizada em ambientes com variação de umidade. O processo de termorretificação utilizando a madeira com alto teor de umidade não teve resultados satisfatórios, indicando que um alto teor de umidade interfere no processo de termorretificação e compromete a qualidade do produto final.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWOYEMI, L., COOPER, P. A., UNG, T. Y. In-Treatment Cooling During Thermal Modification of Wood in Soy Oil Medium: Soy oil uptake, wettability, water uptake and swelling properties. Eur. J. Wood Prod. (2009) 67: 465–470 < DOI 10.1007/s00107-009-0346-9>

ASTM D-143 – American Society for Testing and Materials, 2007. Standard methods of testing small clear specimens of timber. Annual Book of ASTM Standard, West Conshohocken, 32pp

BRITO, J. O. et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis,* submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. Cerne, Lavras, v. 12, n. 2, p. 182-188, abr./jun. 2006.

CADEMARTORI, P.H.G. et al. Effect of thermal treatments on technological properties of wood from two Eucalyptus species. Anais da Academia Brasileira de Ciências (Impresso), v. 87, p. 471-481, 2015.

CONTE, B. et al. Propriedades físicas e colorimétricas da madeira termorretificada de Pinus elliottii var. elliottii. Scientia Forestalis (IPEF), v. 42, p. 553-555, 2014

DELUCIS, R. A. et al. Propriedades Físicas da Madeira Termorretificada de Quatro Folhosas. FLORAM - Revista Floresta e Ambiente, p. 99-107, 2014.

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, 2012b

ESTEVES, B. M; PEREIRA, H. M. Wood Modification by Heat Treatment: A Review. Bio Resources 4(1), 370-404. 2009

Finnish Thermo Wood Association (2003). Thermo Wood Handbook. Finnish Thermo Wood Association, Helsinki.

HILL, C. A. S. Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes. 1st. Chichester: John Wiley & Sons, 2006. 260p

MENZ. Menz OHT: The future of wood treatment 2014.

MISSIO, A. L. et al. Effects of two-step freezing-heat treatments in Japanese Raisintree (Hovenia dulcis Thunb.) wood properties. Journal of Wood Chemistry and Technology, 2015.

PERTUZZATTI, A. et al. Alterações físicas e superficiais da madeira de canemaçu (Tetrorchidium rubrivenium) termorretificada. Agrária (Recife. Online), v. 10, p. 140-146, 2015.