

Alteração na estabilidade dimensional da madeira de *Pinus taeda* L. termomodificada nas temperaturas de 160, 180 e 200°C

Mauro Vitor Greco Tavora ^{1*}; Jorge Luis Monteiro de Matos ²; Douglas Edson Carvalho ² ; Marcelo Henrique Farias de Medeiros ¹

¹ Universidade Federal do Paraná / Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil;

² Universidade Federal do Paraná / Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal

*E-mail: mauro.tavora@gmail.com

Resumo: A modificação térmica é um processo capaz de alterar positivamente a estabilidade dimensional de madeiras. Sua utilização para a redução de inchamentos e contrações da madeira do gênero *Pinus*, o qual o Brasil possui 1,6 milhões de hectares plantados, agregando valor ao material é muito conveniente. Assim, foi avaliada a densidade aparente a 0% de umidade, absorção de água e a variação volumétrica da madeira de *Pinus taeda* antes e após a modificação térmica nas temperaturas de 160, 180 e 200°C. O processo térmico não ocasionou alterações na densidade aparente do material. Entretanto, a modificação térmica a 200°C acarretou em uma redução da absorção de água e variação volumétrica da madeira, resultando em uma melhora da estabilidade dimensional do material.

Palavras-chave: Modificação térmica, absorção de água, variação volumétrica.

Change in the dimensional stability of *Pinus taeda* L. wood thermally modified at temperatures of 160, 180 and 200°C

Abstract: Thermal modification is a process capable to change positively the dimensional stability of wood. The reduction of swelling and contractions of *Pinus* wood, which Brazil has 1.6 million hectares planted, adding value to the material is very convenient. Thus, the apparent density at 0% of moisture, water absorption and the volumetric variation of *Pinus taeda* L. wood were evaluated before and after the thermally modification process at temperatures of 160, 180 and 200 ° C. The thermal process did not cause changes in the apparent density of the material. However, the thermal modification at 200 ° C resulted in a reduction of water absorption and volumetric variation of the wood, resulting in an improvement in the dimensional stability of the material

Keywords: Thermally modification, water absorption, volumetric variation.

1. INTRODUÇÃO

A madeira, por ser higroscópica, é capaz de absorver ou perder água para o meio ambiente. Essas trocas de umidade geram inchamentos ou contrações que podem ser prejudiciais a produtos confeccionados com este material.

A modificação térmica, processo que submete a madeira a elevadas temperaturas (140 a 260°C), pode aumentar a estabilidade dimensional do material (Hill, 2006), reduzindo inchamentos e contrações. A redução de hemiceluloses, componentes hidrófilos e mais susceptíveis à degradação térmica, é o que mais contribui para as trocas de água com o ambiente (Cademartori et al., 2015; Silva et al., 2013; Kol et al., 2010; Carvalho et al., 2015).

O Brasil possui cerca de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, cujo setor, de árvores plantadas, representa 6,2% do PIB industrial nacional. Os plantios do gênero *Pinus* representam acima de 20% do total de árvores plantadas, ocupando 1,6 milhões de hectares, principalmente nos estados do Paraná e Santa Catarina (IBÁ, 2017). Neste cenário, a possibilidade de melhorar propriedades da madeira do gênero *Pinus*, por meio de um processo ambientalmente adequado, agregando valor ao produto final e ampliando as possibilidades de utilização, deve ser explorada.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a estabilidade dimensional da madeira *Pinus taeda* L. antes e após passar por um processo de modificação térmica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção do material

Foram selecionadas seis tábuas de madeira de *Pinus taeda* L., de um lote proveniente de reflorestamentos, da empresa Berneck, localizados em Curitiba-SC. As tábuas, inicialmente com dimensões de 35 mm x 145 mm x 3900 mm, foram seccionadas em quatro partes. Cada parte de uma mesma tábua foi submetida, aleatoriamente, a um processo de modificação térmica distinto ou permaneceu como testemunha (sem tratamento térmico).

2.2 Modificação térmica

A modificação térmica foi realizada seguindo as diretrizes do processo térmico patenteado por Severo e Calonego (2011): Processo de modificação térmica por irradiação de calor, para a



melhora da estabilidade dimensional e da durabilidade biológica de madeira sólida (INPI – PI0902138-8 A2).

O processo térmico foi realizado em uma estufa elétrica, da marca Marconi modelo MA 035. O material foi disposto no interior da estufa de forma gradeada em duas camadas, com 30 mm de espaçamento entre as mesmas e 300 mm acima da base do equipamento. Em uma primeira etapa, a temperatura foi elevada a uma taxa de 1,33°C/min até 100°C, onde permaneceu por 14 horas. Na sequência, a temperatura foi elevada novamente, com a mesma taxa de aquecimento anterior até as temperaturas de tratamento, que foram 160, 180 e 200°C, permanecendo neste patamar por 2,5 horas. Após o período de tratamento a estufa foi desligada, sendo o material retirado somente após a redução da temperatura interior, evitando assim choques térmicos.

Após o processo de modificação térmica, todo o material foi disposto em uma câmara climatizada, com 20 ± 3 °C de temperatura e $65 \pm 5\%$, onde permaneceu por 60 dias até a estabilização da massa.

2.3 Ensaios físicos

Após o período de estabilização do material na câmara climatizada, foram confeccionados corpos de prova de com dimensões de 25 mm x 25 mm x 100 mm, orientados em relação aos três planos anatômicos, os quais foram utilizados para os ensaios físicos referentes à estabilidade dimensional e densidade aparente a 0% de umidade do material.

2.3.1 Estabilidade dimensional

Para avaliar a estabilidade dimensional do material testemunha e termomodificado, foram determinados os valores de taxa de absorção de água e variação volumétrica (inchamento) do material quando imerso em água.

Em equilíbrio higroscópico, os corpos de prova foram imersos em água por um período de duas horas. Passado este período, os corpos de prova foram pesados em uma balança digital e suas dimensões foram mensuradas, nas direções tangencial, radial e longitudinal. Na sequência, os corpos-de-prova foram secos em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até obterem massa constante, sendo sua massa e dimensões novamente aferidas. Os cálculos da taxa de absorção e da variação volumétrica foram realizados a partir das Equações 1 e 2, de acordo com o procedimento de cálculo também utilizado por Cademartori (2012).

$$TA = ((Mu - Mi)) / Mi \times 100 \quad (1)$$

$$\alpha_v = ((Vu - Vi)) / Vi \times 100 \quad (2)$$



Onde: TA = Taxa de absorção (%); Mu = Massa na condição úmida (após 2 horas de imersão) (g); Mi = Massa inicial (g) (equilíbrio higroscópico); α_v = Variação volumétrica (%); Vu = Volume na condição úmida (após 2 horas de imersão) (cm³); Vi = Volume inicial (cm³) (equilíbrio higroscópico).

2.3.2 Densidade aparente a 0% de umidade

Após o processo de secagem das amostras em estufa, também foi determinada a densidade aparente a 0% de umidade de acordo com a norma COPANT 461 (1972).

2.3.3 Análise estatística

O delineamento experimental adotado consistiu em um delineamento em blocos casualizados (DBC), no qual cada tábua representou um bloco distinto, com o intuito de reduzir o erro amostral proveniente da diferença entre as seis tábuas. Assim, os quatro tratamentos (testemunha, 160, 180 e 200°C), foram igualmente distribuídos (DBC completo) nos seis blocos (Tábua 1, Tábua 2, Tábua 3, Tábua 4, Tábua 5, Tábua 6).

O efeito dos tratamentos nas propriedades físicas analisadas das madeiras foi avaliado utilizando o software IBM SPSS statistics versão 23, por meio de análises de variância (ANOVA). Para a diferenciação entre tratamentos e aplicou-se o teste de médias Tukey, a um nível significância de 5%.

3. RESULTADOS

Os resultados referentes às propriedades físicas analisadas do material termomodificado e testemunha estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físicas da madeira de *Pinus taeda* L. testemunha e termomodificada nas temperaturas de 160, 180 e 200°C

Tratamento	Densidade a 0% de umidade (g/cm ³)	CV (%)	Absorção de água (%)	CV (%)	Variação volumétrica (%)	CV (%)
Testemunha	0,526	19,0	18,6ab	31,0	5,4a	17,2
160°C	0,531	10,7	23,8a	22,4	7,0a	23,2
180°C	0,526	17,7	26,8a	32,9	6,6a	27,4
200°C	0,507	18,8	12,2b	28,8	2,1b	27,4

CV = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

4. DISCUSSÃO

O processo de modificação térmica não teve efeitos significativos sobre a densidade



aparente do material, não havendo diferença estatística entre a densidade média do tratamento testemunha em relação às densidades do material termomodificado nas três temperaturas (Tabela 1). Embora haja perda de massa durante o processo térmico, é possível que as temperaturas aplicadas no presente trabalho provocaram uma redução do volume proporcional a perda de massa, não afetando a densidade. E, talvez, somente temperaturas mais elevadas acarretem em alterações da densidade.

Outros autores também observaram ausência de alterações na densidade das madeiras termomodificadas, como Batista et al. (2011) não observaram diferenças significativas na densidade de amostras de *Eucalyptus grandis* termomodificadas a 200°C em relação às amostras testemunha. Somente a partir de 230°C foram verificadas diferenças significativas na propriedade densidade.

Em relação à taxa de absorção, as temperaturas de 160 e 180°C não ocasionaram diferenças significativas em relação ao material testemunha. Contudo, o nível de temperatura de 200°C ocasionou uma redução da taxa de absorção equivalente a aproximadamente 47% em relação à média dos valores encontrados para os demais tratamentos (Testemunha, 160°C e 180°C) (Tabela 1).

Embora o processo térmico a 200°C tenha ocasionado uma redução de 34,4% na taxa de absorção de água em relação ao material testemunha, não foram observadas diferenças significativas entre os dois tratamentos. A variabilidade dos valores referentes à taxa de absorção de água, expressa nos elevados coeficientes de variação (Tabela 1), pode ter contribuído para tal comportamento. Apesar disso, verifica-se uma tendência de queda da absorção de água do material com o aumento da temperatura de tratamento.

Segundo Kartal et al. (2007), quanto maior for a temperatura de tratamento e o tempo de exposição do material, menor será a sua quantidade de absorção de água. O tratamento térmico e, conseqüente, degradação de carboidratos reduz a concentração de grupos hidroxila e acessibilidade dos mesmos, refletindo em uma menor absorção de água (Kol et al., 2010; Ates et al., 2009).

Em relação à variação volumétrica, o material testemunha não diferiu estatisticamente do material termomodificado a 160 e 180°C. Entretanto, tratamento a 200°C ocasionou uma redução em tal propriedade, equivalente a 67% em relação à média dos valores encontrados para os demais tratamentos (Tabela 1).

O comportamento similar da variação volumétrica do material termomodificado ao observado para a taxa de absorção pode ser explicado pela relação direta entre as duas propriedades. Segundo Kol et al. (2010), variações dimensionais, como inchamentos e retrações da madeira, ocorrem devido à absorção ou perda de água. Segundo Ates et al. (2009), um aumento do teor de

lignina, somado a não degradação dos carboidratos com estrutura cristalina, após a modificação térmica, altera positivamente a estabilidade dimensional do material.

Kol et al. (2010) observaram uma redução de 63,9% no inchamento volumétrico após o tratamento térmico, a 212°C, de amostras de *Pinus nigra*. Esteves et al. (2007) também observaram melhoras na estabilidade dimensional de amostras de *Pinus pinaster* termomodificadas a 190°C, 200°C e 210°C.

Reduções na absorção de água e variação dimensional das madeiras, por meio do processo de modificação térmica, ampliam as possibilidades de uso do material termomodificado que, por ser mais estável, pode ser aplicado em ambientes sujeitos a maiores variações de umidade.

5. CONCLUSÕES

O processo de modificação térmica aplicado no presente trabalho:

- Não alterou densidade aparente do material termomodificado;
- Ocasionou uma melhora da estabilidade dimensional do material termomodificado a 200°C.

6. REFERÊNCIAS

Ates, A, Akyildiz MH, Ozdemir H. Effects of heat treatment on calabrian pine (*Pinus brutia* ten.) wood. Bio Resources 2009 4(3):1032-1043.

Batista DC, Tomaselli I, Klitzke RJ. Efeito do tempo e da temperatura de modificação térmica na redução do inchamento máximo da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Ciência Florestal 2011; 21(3): 533-540.

Cademartori PHG, Missio AL, Mattos BD, Gatto DA. Effect of thermal treatments on technological properties of wood from two Eucalyptus species. Anais da academia brasileira de ciências 2015; 87(1): 471-481.

Carvalho AG, Donato DB, Zanuncio AJV, Carneiro ACP, Vital BR, Freitas FP. Colagem de madeira de *Pinus* termorretrificada. Ciência da madeira 2015; 6(3): 217-222.

Comisión Panamericana de Normas Técnicas. COPANT 461: Métodos de determinación del peso específico aparente. Buenos Aires; 1972.

Esteves B, Marques AV, Domingos I, Pereira H. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. Wood science and technology 2007; 41: 193-207.

Severo ETD, Calonego FW. Processo de modificação térmica por irradiação de calor, para a melhora da estabilidade dimensional e da durabilidade biológica de madeira sólida. - FAPESP-PI 0902138-8 A2. 24 Jun. 2009 01 Mar. 2011.

Hill CAS. Wood modification: Chemical, thermal and other processes. West Sussex: John Wiley e Sons Ltd; 2006.

Indústria brasileira de árvores - IBÁ. Relatório técnico 2017. São Paulo, 2017

Kartal SN, Hwang W, Imamura Y. Water absorption of boron-treated and heat-modified wood. Journal of wood science 2007; 53: 454-457.

Kol, H. S.; Characteristics of heat-treated Turkish pine and fir wood after ThermoWood processing. Journal of environmental biology 2010; 31(6): 1007-1011.

Silva MR, Machado GO, Christóforo AS, Brito JO, Govone JS, Calil Jr C. Resistência do *Pinus taeda* termorretificado. Madeira: Arquitetura e Engenharia 2013; 14(34): 55-62.

