

Tensões de secagem em madeira de *Pinus eliottii* por método não destrutivo

José Yony Cricel Sima Sánchez¹; José Tarcísio Lima¹; José Reinaldo Moreira da Silva¹; Bruno Charles Dias Soares¹; Claudinéia Olimpia de Assis¹; Matheus Felipe Freire Pego¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira / Universidade Federal de Lavras

Resumo: As intensidades de tensões de secagem, podem-se manifestar na madeira pela movimentação da umidade na peça, induzidas por forças de tração e compressão, dependendo do processo de secagem, das características e anisotropia de contrações da madeira. Este estudo objetivou determinar as deformações resultantes das tensões de secagem (DTS) em madeira de *Pinus eliottii* após a secagem. Para isso, as tábuas utilizadas foram secas em estufa até 12% de umidade. Com o extensômetro foi feito um furo entre dois pinos metálicos fixados na tábua distantes a 45 mm, promovendo a liberação das tensões e o registro das DTS totais. As DTS medidas nas tábuas quentes foram em média de 10,33 μm e para tábuas frias em média de 8,65 μm . Não foi possível encontrar diferenças estatísticas entre tábuas quentes e frias a 5% de probabilidade. O extensômetro foi eficiente para medir as DTS em madeira de pinus.

Palavras-chaves: Endurecimento superficial, Deformações, Extensômetro

Drying stresses on *Pinus eliottii* wood by non-destructive method

Abstract: The drying stresses can manifest in wood by tensile and compression forces depending on conduction of drying and wood properties. This study aimed to determine the deformations resulting from the drying stresses (DS) in *Pinus eliottii* wood after drying. For this, boards were dried in kilns up to 12% moisture. With extensometer, a hole was made between two metal pins fixed to the board, distant at 45 mm, promoting the release of the drying stresses. The comparator clock recorded the distance of the pin's movement, which characterized total DS. The DS measured in the hot boards were on average 10.33 μm and in cold boards averaging 8.65 μm . It was not possible to find statistical differences between hot and cold plots at 5% probability. The strain gauge was efficient to measure DS in pine wood.

Keywords: Casehardening, Deformation, Strain Gauge.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação das deformações resultantes das tensões de secagem (DTS) da madeira é de



suma importância para a determinação da qualidade e classificação de madeira serrada. Durante a secagem, a madeira sofre contrações em decorrência da perda de umidade. Quando a secagem não é acompanhada adequadamente, pode haver a formação de fortes gradientes de umidade entre as camadas internas e externas da madeira, gerando tensões de secagem, que podem ser fortes o suficiente para levar as células a sofrer danos em sua estrutura (McMillen 1958).

Dificuldades técnicas na medição das tensões de secagem na madeira levaram à busca pelo desenvolvimento de métodos mais eficientes e rápidos para avaliá-las. Recentemente, por meio de modelagem matemática, foi possível prever deformações induzidas por tensões de secagem, com a finalidade de reduzir o tempo e examinar a evolução das tensões internas de secagem (Allegretti & Ferrari, 2008; Diawanich et al., 2010; Tomad et al., 2012; Zhan & Avramidis, 2017).

Embora os estudos mencionados sobre avaliação das tensões de secagem da madeira tenham fornecido importantes contribuições, Sánchez (2017) desenvolveu um método mecânico usando o extensômetro *Growth Strain Gauge*, aplicado com sucesso na determinação quantitativa das DTS na madeira de *Corymbia citriodora*.

A literatura não traz informações aprofundadas a respeito da avaliação das tensões de secagem na madeira de espécies do gênero *Pinus*, principalmente utilizando métodos não destrutivos. Diante disso, este estudo objetivou determinar as deformações resultantes das tensões de secagem em madeira de *Pinus eliottii* após a secagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas árvores de *P. eliottii* com 20 anos de idade, oriundas de plantio experimental da Universidade Federal de Lavras-MG. A madeira apresentou densidade básica de $0,462 \text{ g.cm}^{-3}$.

Os fustes foram processados tangencialmente em serra de fita, gerando tábuas de $300 \times 12 \times 3 \text{ cm}$ (comprimento \times largura \times espessura). Em seguida 20 peças foram selecionadas e secas até 12% de umidade, em estufa convencional.

A determinação das deformações resultantes das tensões de secagem (DTS) seguiu o método proposto por Sánchez (2017). As leituras das DTS foram realizadas em tábuas imediatamente após a saída da estufa e em tábuas na temperatura ambiente. Cada tábua foi seccionada em duas partes de 150 cm, sendo usadas como tratamentos. Os valores de DTS por tábua é resultado da média dos três pontos onde foram realizadas as medições em cada peça.

Durante as medições das DTS nas tábuas, elas foram apoiadas em uma base metálica para evitar possível flexão e alteração das leituras do extensômetro. Em cada peça foram marcados três

pontos (A, B, C) para a medição das DTS, como ilustra a Figura 1.

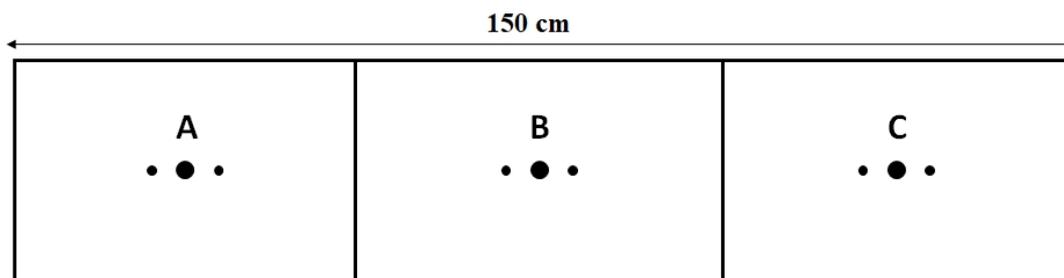


Figura 1. Diagrama para medição das deformações resultantes das tensões de secagem.

Para a medição das DTS foi utilizado o extensômetro, que consiste em medir o afastamento de dois pinos fixados na tábua a 45 mm de distância um do outro no sentido das fibras. Para promover a liberação das tensões e a movimentação dos pinos, foi feito um furo com uma broca de 20 mm de diâmetro na parte central da distância dos pinos, como descrito por Lima et al. (2004), para medição da DRL em árvores em pé. Diferentemente do método aplicado para medição das DRL, a broca do extensômetro atravessou a tábua em sua espessura, medindo assim as tensões totais resultantes do processo de secagem (Sánchez, 2017).

A estatística descritiva foi escolhida para análise dos dados em função da complexidade e alta variação dos dados obtidos com a utilização do extensômetro. O teste não paramétrico de Mann-Whitney (W) também foi utilizado para comparação dos tratamentos (DTS medidas em tábuas quentes e frias), haja visto que os dados não atenderam aos pressupostos da análise de variância (ANOVA).

3. RESULTADOS

A Tabela 1 descreve a análise estatística descritiva dos dados das deformações resultantes das tensões de secagem (DTS) encontrados nas tábuas quentes e frias de *Pinus elliottii* e comparação de média.

Tabela 1. Teste de Mann-Whitney para as medianas das deformações resultantes das tensões de secagem encontradas nas tábuas de *P. elliottii* e estatística descritiva.

Temperatura da tábua	Máxima (µm)	Média (µm)	Mínima (µm)	Mediana (µm)	Coefficiente de variação (%)	Número de tábuas
Quente	36,67	10,33	2,00	8,34	77,48	20
Fria	24,33	8,65	1,67	6,84	72,00	20



ns = não significativo.

Os coeficientes de variação (CV%) descrito na Tabela 1, maiores do que 70%, retratam a existência de grande amplitude nas DTS medidas nas tábuas quentes e frias.

Na tabela 1 também pode-se observar que as DTS medidas nas tabuas retiradas imediatamente da estufa foram em média de 10,33 μm , enquanto nas tábuas na temperatura ambiente foi em média de 8,65 μm .

4. DISCUSSÃO

Deformações que resultam das tensões de secagem são indicadores de qualidade da madeira serrada após o processo de secagem. Altos valores de DTS medidos com o extensômetro indicam madeira com altas tensões, podendo ser necessário empregar tratamentos para reduzi-las.

A iniciativa para atender as deformações resultantes das tensões de secagem, surgiu no emprego de um equipamento mecânico, o extensômetro *Growth Strain Gauge*. Esse equipamento foi testado pela primeira vez por Sánchez et al. (2017) na medição das deformações residuais longitudinais (DRL) em tábuas verdes de *Corymbia citriodora*, o equipamento foi eficiente e com possibilidades para medição de tensões de secagem. Afirmando a teoria, Sánchez (2017) observou eficiência na determinação quantitativa das deformações resultantes das tensões de secagem em madeira serrada, usando o mesmo método.

As DTS medidas nas tábuas quentes e frias de *Pinus elliottii* não diferem entre si, de acordo com o teste de Mann-Whitney a 5% de probabilidade de erro (Tabela 1). No entanto, Sánchez (2017) observou diferenças significativas a 95% de probabilidade, entre tábuas quentes e frias para *Corymbia citriodora*.

As DTS medidas nas tabuas retiradas imediatamente da estufa foram em média de 10,33 μm , enquanto que tábuas na temperatura ambiente foi de 8,65 μm , esses resultados foram inferiores os encontrados por Sánchez (2017), uma vez que os valores médios de DTS para tábuas quentes foi de 27 μm e para tabuas frias 15 μm . Isto indica que altos valores de DTS resultam em madeiras mais tensionadas e com maior probabilidade de sofrer deformações, indicando também a necessidade para empregar tratamentos para reduzi-las.

Poucos trabalhos são reportados na literatura, utilizando esse método não destrutivo. Portanto, este trabalho tem um caráter exploratório, enriquecendo a escassa informação sobre tensões de secagem. Assim, é necessário a realização de trabalhos mais aprofundados para outros

tipos de madeiras, empregando a mesma metodologia. Já foi reportado recentemente que o extensômetro é uma ferramenta viável para determinação das deformações que resultam das tensões de secagem em madeira serrada.

5. CONCLUSÕES

Não há diferença significativas entre as deformações resultantes das tensões de secagem medidas em tábuas quentes (retiradas imediatamente da estufa) ou medidas em tábuas na temperatura ambiente.

As deformações resultantes das tensões de secagem medidas em *Pinu elliottii*, indicam que podem ser medidas tanto em tábuas quentes quanto em tábuas frias, o que torna desnecessária a medição das tensões imediatamente após a retirada das peças da estufa de secagem.

O extensômetro se mostrou eficiente para avaliação das deformações resultantes do processo de secagem na madeira de *P. elliottii*.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq e à CONACYT pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allegretti O, Ferrari SA. sensor for direct measurement of internal stress in wood during drying: Experimental tests toward industrial application. *Drying technology* 2008, 26(9):1150-1154.

Diawanich P, Matan N, Kyokong B. Evolution of internal stress during drying, cooling and conditioning of rubberwood lumber. *European Journal of Wood and Wood Products* 2010, 68(1):1-12.

Lima TJ, Trugilho PF, Rosado Silva SCD, Cruz CRD. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. *Revista Árvore*, Viçosa 2004, 28(1):107-116.

McMillen JM. Stresses in wood during drying. Madison, Wis.: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1958.

Sánchez JYCS, Lima JT, Silva JRM, Silva CH. Extensimetria aplicada à medição da deformação residual longitudinal em tábuas verdes de *Corymbia citriodora*. In: Anais III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, 2017, Florianópolis.

Sánchez JYCS. Extensometria aplicada à determinação das deformações resultantes das tensões de secagem em madeira de *Corymbia citriodora* [Dissertação]. Lavras: Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras; 2017.

Tomad S, Matan N, Diawanich P, Kyokong B. Internal stress measurement during drying of rubberwood lumber: effects of wet-bulb temperature in various drying strategies. *Holzforschung* 2012, 66(5):645-654.

Zhan J, Avramidis S. Evaluation strategy of softwood drying stresses during conventional drying: a “mechano-sorptive creep gradient” concept. *Wood science and technology* 2017, 51(5):1033-1049.

