



## Desempenho da madeira de eucalipto submetida à secagem drástica

Poliane Pereira de Souza<sup>1</sup>; João Vicente de Figueiredo Latorraca<sup>2</sup>; Fábio Henrique Della Justina do Carmo<sup>1</sup>; Glacyanne Christine Vieira dos Santos<sup>1</sup>; Thayanne Caroline Castor Neto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira/ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

**Resumo:** A secagem é considerada etapa fundamental para a utilização da madeira serrada. Conhecer o desempenho de uma espécie durante a saída de água é importante para realizar uma secagem de qualidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da madeira de *Eucalyptus pellita* durante a secagem, por meio da obtenção da contração volumétrica total, taxas de secagem e índice de colapso. As amostras foram submetidas à temperatura de 100°C. O monitoramento da secagem foi realizado por meio de pesagens das amostras a cada 30 minutos. A espécie apresentou altas taxas de saída de água no início do processo. Sua densidade foi classificada como média e o índice de colapso foi alto. Tais fatores apontam para a necessidade de um programa de secagem com temperaturas inicialmente brandas, para evitar a formação de gradiente de umidade nas peças.

**Palavras-chave:** Taxas de secagem, Colapso, Contração volumétrica.

### Performance of eucalyptus wood during drastic drying

**Abstract:** Wood drying is considered a fundamental step for lumber uses. Knowing the performance of wood during the exit of water is important to perform a quality drying. The aim of this work was to evaluate the behavior of *Eucalyptus pellita* wood during drying, by obtaining the volumetric shrinkage, drying rates and collapse index. Samples were submitted to a temperature of 100 ° C. Drying monitoring was performed by weighing the samples every 30 minutes. The species showed high rates of removing water at the beginning of the process. The density was classified as medium and the rate of collapse was high. These factors indicate the necessity of a drying program with mild temperatures at first, to avoid the formation of a moisture gradient.

**Keywords:** Rates of drying, Collapse, Volumetric shrinkage.

## 1. INTRODUÇÃO

A secagem da madeira é uma etapa de destaque no processo de obtenção de produtos madeireiros, porém, necessita de uma atenção especial. A utilização de técnicas corretas em condições adequadas podem minimizar os defeitos oriundos da saída de água da madeira, bem como as tensões que se formam neste processo.

O movimento de fluidos na madeira pode ser dividido em: capilaridade e difusão. O colapso é um defeito causado por tensões capilares no decorrer da saída de água livre da madeira, antes do Ponto de Saturação das Fibras (PSF). Neste momento, uma interface pode se formar no interior do lúmen, enquanto a parede da célula ainda está saturada (Yang et al., 2014; Ananias et al., 2014). Este defeito acontece geralmente em madeira pouco permeável, sendo associado à composição anatômica, longos períodos de secagem, alta tensão superficial do líquido, obstrução por extrativos e porosidade da madeira (Yang & Liu, 2018).

A contração volumétrica da madeira ocorre abaixo do PSF em decorrência da remoção, no caso da contração, ou adição, no caso de inchamento, da água de impregnação contida nas paredes celulares da madeira. Durante esse processo, os radicais presentes nas moléculas de celulose e hemiceluloses vão ligando-se ou desconectando-se das moléculas de água (Shmulsky & Jones, 2011).

Conhecer o desempenho de uma espécie durante a saída de água é importante para conduzir uma secagem de qualidade. Fatores como altas contrações e a ocorrência de colapso, indicam a necessidade de uma secagem suave para evitar esse defeito. O objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos da secagem da madeira de *Eucalyptus pellita*, obter o índice de colapso, a contração volumétrica e as taxas de secagem durante o processo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Origem e preparo do material

Foram utilizadas amostras de três árvores da espécie *Eucalyptus pellita* oriundas de plantio experimental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, com as dimensões de 10,0 x 5,0 x 1,0 cm.

As amostras foram acondicionadas em estufa com circulação de ar constante e submetidas à temperatura de 100°C. O monitoramento da secagem foi realizado por meio de pesagens periódicas

a cada 30 minutos, sendo calculada a taxa de secagem para cada um destes intervalos.

## 2.2. Determinação da taxa de secagem, densidade, contração volumétrica e índice de colapso

Foi obtida a taxa de secagem a cada 30 minutos de saída de água das amostras, utilizando-se a equação 1.

(1)

Em que:  $T_s$  = taxa de secagem para um determinado intervalo de umidade ( $\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{h}$ );  $M_{água}$  = massa d'água removida da madeira (kg);  $t$  = tempo de secagem (h); e  $A$  = área superficial da amostra ( $\text{cm}^2$ ).

A densidade básica da madeira foi feita de acordo com o método de imersão descrito na norma NBR 11941 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003). As amostras para densidade básica foram confeccionadas com a porção das tábuas não utilizadas no ensaio de taxa de secagem.

Os corpos de prova de contração volumétrica total foram retirados da porção das tábuas usada no ensaio de taxa de secagem. Para isso, utilizou-se um paquímetro digital ( $\pm 0,03$  mm de precisão) para medição das dimensões das amostras no início e no final da secagem, sendo tomadas duas medidas para cada um dos três eixos (comprimento, largura e espessura) dos corpos de prova. Para o cálculo da contração volumétrica foi utilizada a equação 2.

(2)

Em que:  $\beta$   $V_{max}$  = Contração máxima volumétrica;  $V_i$  = volume inicial ( $\text{cm}^3$ ); e  $V_f$  = volume final ( $\text{cm}^3$ ).

Para avaliação do colapso, foi realizado o dimensionamento da área dos topos das amostras no início e ao final da secagem. A área foi mensurada por meio de análise de imagem com auxílio do software *Image J*. Para calcular o Índice de Colapso (IC) utilizou-se metodologia de acordo com Barbosa (2003) (Equação 3).

(3)

Em que:  $IC$  = Índice de Colapso adimensional;  $AC$  = Área do corpo de prova com colapso ( $\text{cm}^2$ ); e  $AN$  = Área normal do corpo de prova ( $\text{cm}^2$ ).

A metodologia considera colapso leve para índices acima de 0,95; colapso médio para índices entre 0,90 e 0,95 e colapso forte para índices menores que 0,90. Para análise dos dados utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. Considerou-se o teste de tukey ao nível de 5%

de significância para comparação das médias.

### 3. RESULTADOS

Foi observado um decréscimo nas taxas de secagem, com a redução da umidade da madeira, como pode ser observado na figura 1.

**Figura 1:** Curva das Taxas de secagem ( $\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{h}$ ) obtidas por intervalo de umidade durante a secagem.

A espécie apresentou densidade média e um alto índice de colapso, como observado na tabela 1.

**Tabela 1.** Estatística descritiva da densidade básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), contração volumétrica (%) e índice de colapso para cada árvore e para a espécie.

	Densidade básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Contração Volumétrica (%)	Índice de colapso
<b>Árvore I</b>	0,546 a (0,044)	18,89 a (1,84)	0,89 a (0,08)
<b>Árvore II</b>	0,598 a (0,064)	10,89 b (1,17)	0,88 a (0,04)
<b>Árvore III</b>	0,562 a (0,064)	11,99 b (2,73)	0,92 a (0,05)
<b>Média</b>	<b>0,569</b>	<b>13,92</b>	<b>0,90</b>

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de tukey ao nível de significância de 5%. Média (desvio padrão).

### 4. DISCUSSÃO

Como pode ser observado na figura 1, as taxas de secagem apresentaram valores mais altos no início da secagem, e consequentemente, houve uma redução mais rápida na umidade da madeira neste mesmo período. As maiores taxas de secagem no início do processo se dão pela alta presença de água livre, o que favorece a saída de água, que se movimenta por capilaridade. Abaixo dos valores indicativos de PSF (28-30%), a curva apresentou uma redução considerável nas taxas de secagem, o que pode ser explicado pela dificuldade na retirada de água predominantemente higroscópica nesta fase da secagem.

Abaixo do ponto de saturação das fibras a madeira sofre alterações em suas dimensões a medida que ganha ou perde água, pois o volume das paredes celulares é dependente das ligações de pontes de hidrogênio entre as hidroxilas (Glass & Zelinka, 2010). Sendo assim, madeiras com maiores densidades contraem mais. Embora exista essa correlação, tal comportamento não foi observado neste estudo. Resultados semelhantes para contração volumétrica foram encontrados por Poubel et al. (2011), que obtiveram médias, para a espécie, entre 13,85 e 19,70 % em diferentes posições radiais. Segundo os autores, a contração da madeira pode ser afetada por outros fatores, não só a densidade da madeira. O que pode justificar o resultado de contração volumétrica obtido neste trabalho.

O índice de colapso apresentado na tabela 1 representa o quanto a área colapsada se aproxima da área normal de um corpo de prova, sendo que, quanto mais próximo os valores, menor é a deformação na madeira, ocasionada pelo defeito. Embora o índice de colapso das árvores não tenha diferido estatisticamente, nos intervalos de classificação para o colapso as árvores I e II são consideradas com colapso forte e a árvore III classificada com colapso médio.

Barbosa (2003) e Resende (2014) realizaram estudos de secagem com espécies do gênero *Eucalyptus*, e confirmam a tendência deste gênero à ocorrência de colapso forte. Os autores afirmam que a baixa permeabilidade do gênero favorece a ocorrência do defeito intenso. Souza (2018) também encontrou colapso forte trabalhando com *Eucalyptus grandis*, relacionou o índice de colapso a fatores anatômicos e observou que o diâmetro de lume foi o mais correlato. Segundo a mesma autora, essa correlação pode ocorrer pela localização da água livre predominantemente no lume, assim como as tensões que são geradas nesta região para a saída de água durante a secagem.

## 5. CONCLUSÕES

A espécie apresentou altas taxas de saída de água no início do processo, porém sua madeira possui densidade média e alto índice de colapso, portanto, trata-se de uma espécie que necessita de uma secagem inicialmente branda, para evitar a ocorrência do defeito.

Outras análises poderiam elucidar os resultados obtidos nessa pesquisa, como análises anatômicas e o ensaio da permeabilidade da madeira, confirmando a dificuldade na secagem para a espécie.

## 6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal



de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 7. REFERÊNCIAS

Ananias R, Villarroel VS, Peña NP, Zuñiga LL, Sepúlveda LS, Lira CS et al. Collapse of *Eucalyptus nitens* wood after drying depending on the radial location within the Stem. Drying Technology 2014; 32(14).

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11941-02: Determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro; 2003.

Glass SV, Zelinka SL. Moisture relations and physical properties of wood. In: Forest Products Laboratory. Wood handbook: Wood as an engineering material. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 2010.

Poubel DS, Garcia RA, Latorraca JV, Carvalho AM. Estrutura anatômica e propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. Floresta e Ambiente 2011; 18(2):117-126.

Shmulsky R, Jones PD. Forest products and wood science an introduction. 6th ed: Wiley-Blackwell; 2011.

Siau, JF. Flow in wood. Syracuse: Syracuse University, 1971.

Souza, PP. Avaliação e modelagem de colapso em madeiras de *Eucalyptus grandis* [dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2018.

Yang L, Liu HH, Cai YC, Hayashi K, Li KF. The Study on Cell Collapse and Recovery of *Eucalyptus urophylla* during Drying. Bioresources 2014; 9(2):2584-2592.

Yang, L.; Liu, HH. A Review of *Eucalyptus* Wood Collapse and its Control during Drying. BioResources 13(1), p. 2171-2181, 2018.