

Elaboração de programa de secagem para *Eucalyptus pellita* submetido a secagem drástica.

Felipe de Souza Oliveira¹; Madson Alan Rocha de Sousa²; Marcio Franck de Figueiredo²; Jorge Dias³

¹ Graduando em engenharia florestal / Universidade do Estado do Pará; ² Professor mestre / Universidade do Estado do Pará; ³ Especialista em gestão florestal/ Universidade do Estado do Pará.

Resumo: O trabalho objetivou compreender o comportamento da madeira de *Eucalyptus pellita* em condição de secagem drástica e elaborar um programa de secagem do tipo umidade - temperatura para a espécie. O material apresentou bons resultados para propriedades físicas para utilizações nobres: Umidade inicial 77,48 %, densidade básica de 0,62 g/cm³, contração volumétrica de 13,11% e coeficiente de anisotropia de 1,4. Além disso mostrou baixos resultados de taxa de secagem (V_1 (Verde a 5%) = 0,0156; V_2 (Verde a 30%) = 0,0282; V_3 (30 a 5%) = 0,0084), ausência de rachaduras de topos, estimando com isso T_i (42), T_f (66) e PS (2) caracterizando uma secagem suaves, de acordo com as características e histórico do gênero *Eucalyptus* sp.

Palavras-chave: *Eucalyptus pellita*, Programa de secagem, Secagem drástica.

Elaboration of drying program for *Eucalyptus pellita* subjected to drastic drying.

Abstract: The objective of this work was to understand the behavior of *Eucalyptus pellita* wood in a drastic drying condition and to elaborate a drying program of the moisture - temperature type for the species. The material presented good results for physical properties for noble uses: Initial humidity 77.48%, basic density of 0.62 g / cm³, volume contraction of 13,11% and anisotropy coefficient of 1, 4. In addition it showed low results (V_1 (Green at 5%) = 0.0156; V_2 (Green at 30%) = 0.0282; V_3 (30 at 5%) = 0.0084), absence of tops cracks, estimating T_i (42), T_f (66) and PS (2) characterizing a smooth drying, according to the characteristics and history of the genus *Eucalyptus* sp.

Keywords: *Eucalyptus pellita*, A drying program, drastic drying.

1. INTRODUÇÃO

A madeira na árvore encontra-se com umidade que variam de 31 a 213% no cerne e de 40 a 249% no alburno dependendo da espécie (Forest Products Laboratory, 1987 Apud Oliveira et al., 2005). Após o corte esta água tende a sair da madeira, devido sua característica higroscópica, assim entrará em equilíbrio com as condições de umidade relativa do ar, sendo este processo secagem, uma forma de agregar valor ao material, uma vez que há uma relação inversa entre teor de umidade presente na madeira com a resistência, peso, durabilidade, estabilidade dimensional, trabalhabilidade, poder calorífico, menor suscetibilidade a ataques de fungos e entre outras (Moreschi, 2014). Assim, o controle do teor de umidade ou secagem da madeira é indispensável para que se possa utilizá-la de forma adequada.

Há duas formas de conduzir a secagem da madeira, a primeira é de maneira natural, onde a mesma entrará em equilíbrio com a umidade de região, em função de fatores climáticos como umidade relativa do ar e temperatura, mas, esse método necessita de muito tempo. Já a segunda denominada de secagem convencional, utiliza-se de secadores industriais para condicionar o ambiente propício para remoção da água da madeira, apesar do alto custo, apresenta inúmeras vantagens, principalmente redução do tempo de secagem, secar a qualquer umidade de equilíbrio e sobretudo maior controle dos defeitos de secagem como empenamentos, arqueamentos, torções, rachaduras e etc (Galvão & Jankowsky, 1985), que são causa de grande prejuízo para setor madeireiro. Mas para isso a secagem deve ser conduzida de forma adequada para cada espécie é através de programa de secagem elaborados com as características do material (Jankowsky et al., 2013).

Dessa forma o trabalho objetivou compreender o comportamento físico da madeira *Eucalyptus pellita* F. Muell., em condições de secagem drástica e elaborar um programa de secagem do tipo umidade – temperatura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção do material

As amostras de madeira verde serrada foram coletadas em um lote comercial da espécie *Eucalyptus pellita*, de 12 anos, em empresa no município de Paragominas-PA. Foram selecionadas peças aleatórias desse lote para produção de 40 corpos.

2.2 Identificação e coleta do Material

As árvores foram reconhecidas em campo por meio de uma lista contendo a numeração de cada indivíduo, baseando-se no mapa de exploração da Coomflona para aquela área. Após a coleta em campo, as peças foram levadas a serraria para serem desdobradas de acordo com as dimensões adequadas para a carbonização, em laboratório.

2.3 Análise das propriedades físicas e secagem drástica

As propriedades físicas de umidade inicial, densidade, contração volumétrica e coeficiente de anisotropia, seguiram os procedimentos da norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 7190/1997).

Para secagem drástica as amostras de dimensões largura x espessura x comprimento (50 x 10 x 100 mm), foram saturadas durante 72 horas em dessecador com sistema de bomba à vácuo, para se aferir a massa, dimensões lineares e volume em condições saturadas. Posteriormente os topos foram selados com parafina e submetidas a condições de 100°C em estufas de laboratório sem circulação de ar, e a cada uma hora foram medidos a massa (g), rachaduras de topo (mm – comprimento e largura) e tempo corrido da secagem (h), utilizados para determinação dos parâmetros físicos associados a secagem da madeira, descritos abaixo:

Ui - Umidade inicial; DB - Densidade básica (g/cm³); RV - Retratilidade volumétrica (%); θ - Coeficiente anisotrópico; T₂ - tempo de secagem da umidade inicial até 30% (h); V₁ - taxa de secagem da umidade inicial até 5% (g g/cm².h); V₂ - taxa de secagem da umidade inicial até 30% (g/cm².h); V₃ - taxa de secagem de 30 a 5% de umidade (g.cm⁻².h); R₁ - intensidade das rachaduras da umidade inicial até 5%; R₂ - intensidade das rachaduras da umidade inicial até 30%; R₃ - intensidade das rachaduras de 30 a 5%.

Para rachaduras de topo foi utilizado paquímetro para medir o comprimento e para a largura das rachaduras foram utilizadas lâminas calibradoras de 0,05 a 0,01 mm, para classificação das peças em escores de defeitos descrito na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Escore (Esc.) de defeito utilizado no ensaio de secagem drástica.

Esc.	Racha. de topo	Esc.	Racha. de topo	Esc.	Racha. de topo
1	Ausente	3	CR > 5,0 e LR < 0,5	5	CR > 5,0 e 0,5 < LR < 1,0
2	CR < 5,0 e LR < 0,5	4	CR < 5,0 e 0,5 < LR < 1,0	6	CR > 5,0 e LR > 1,0

Onde: CR = comprimento da rachadura (mm); e = espessura da amostra (mm); LR = largura da rachadura (mm).

Fonte: Jankowsky (2009).

Os parâmetros acima são utilizados na equação 1, 2 e 3, proposta por Jankowsky (2009), visando estimar a temperatura inicial (T_i), temperatura final (T_f) e Potencial de secagem (PS) para construção dos programas de secagem:

$$T_i = 27,9049 + 0,7881 * (T_2) + 419,0254 * (V_1) + 1,9483 * (R_2) - \text{Eq.1};$$

$$T_f = 49,2292 + 1,1834 * (T_2) + 273,8685 * (V_2) + 1,0754 * (R_1) - \text{Eq.2};$$

$$PS = 1,4586 - 30,4418 * (V_3) + 42,9653 * (V_1) + 0,1424 * (R_3) - \text{Eq.3}.$$

3. RESULTADOS

Os dados referentes às propriedades físicas da madeira encontram-se na tabela 2, enquanto que os parâmetros analisados como característicos da secagem, encontram-se na tabela 3. Os parâmetros estimados para as condições de secagem ideal para a madeira da espécie são apresentados na Tabela 4 e o programa de secagem na tabela 5.

Tabela 2: Propriedades físicas da espécie *Eucalyptus pellita* (Umidade inicial (U_i), densidade básica (DB) e retratibilidade volumétrica (Rv), coeficiente anisotrópico (θ)).

U_i (%)	DB (g/cm ³)	Rv (%)	Coeficiente Anisotrópico (θ)
77,48 (15,3)	0,62 (7,3)	13,11 (24,1)	1,4 (36,7)

Onde: Coeficiente de variação % ().

Tabela 3: Parâmetros avaliados para o programa de secagem para *Eucalyptus pellita*.

T_2 (h)	V_1	V_2	V_3	R_1	R_2	R_3
	(g.cm ⁻² .h ⁻¹)					
7 (7,2)	0,0156 (33,5)	0,0282 (59,9)	0,0084 (0,0)	1(0,0)	1(0,0)	1(0,0)

Onde: Coeficiente de variação (); T_2 – Tempo de secagem (Verde a 30%); V_1 – Taxa de secagem (Verde a 5%); V_2 – Taxa de secagem (Verde a 30%); V_3 – Taxa de secagem (30 a 5%); R_1 – intensidade das rachaduras (Verde até 5%); R_2 – (Verde até 30%); R_3 – (30 a 5%).

Tabela 4: Temperatura inicial (T_i), temperatura final (T_f) e potencial de secagem (PS) estimado para a madeira das espécies de *Eucalyptus pellita*.

T_i	T_f	PS
42 °C	66 °C	2

Tabela 5: Programas de secagem do tipo umidade-temperatura para *Eucalyptus pellita*.

Umidade	T_s °C	T_u °C	UR (%)	UE (%)	PS
Aquecimento	42	41	94	21,2	**

50	42	39,5	91	19,8	2,5
45	42	39	88	18,4	2,4
40	42	38,5	85	17	2,3
35	42	38	83	15,6	2,2
30	42	37,5	80	15	2
25	48	43	81	12,5	2
20	54	47	66	10	2
15	60	48	50	7,5	2
10	66	47	35	5	2
5	66	36	15	2,5	2
Uniformização	66	55	56	8	**
Acondicionamento	66	63	85	15	**

Onde: T_s -temperatura de bulbo seco, T_u -temperatura bulbo úmido, PS-potencial de secagem.

4. DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para propriedades físicas encontram-se descritos na tabela 2, sendo a densidade básica classificada segundo o IBAMA (2016), como madeira média, indicada para usos diversificado na indústria. Os valores para tal propriedade estão em acordo com a amplitude de 0,560 a 0,668 g.cm⁻³ encontrada por Ribeiro & Filho (1993) para *E. Pellita* de aproximadamente 7 anos, assim como os valores 0,512 a 0,634 g.cm⁻³ descritos para Poubel et al. (2011), em indivíduos de 15 anos.

Poubel et al. (2011), também encontrou valores para contração volumétrica de 13,85 % em madeira de transição cerne-alburno, próximos ao resultado do estudo, que foi notoriamente baixa em relação as espécies do gênero, sendo os resultados positivo sobre o aspecto da secagem, visto que muitos defeitos são inerentes à movimentação dimensional da madeira, tais como empenamentos e rachaduras (Mendes et al., 1998)

O coeficiente de contração resultou em um valor de 1,44, o qual é classificado como excelente para utilizações nobres de acordo com Durlo et al. (1992), vale ressaltar que mesmo as espécies do gênero estudado, reconhecidamente pouco estáveis dimensionalmente, podem apresentar coeficientes de anisotropia baixos. Os resultados de 1,43 para coeficiente de anisotropia de *E. pellita* foi encontrado também por Júnior et al. (2013).

A taxa de secagem V2 (0,0282 g.cm⁻².h⁻¹) foi maior que V3 (0,0084 g.cm⁻².h⁻¹), seguindo uma tendência natural, visto que, inicialmente ocorre apenas a saída por evaporação da água livre, enquanto que abaixo do ponto de saturação das fibras (V3) a saída por difusão da água higroscópica



é mais difícil (Nicolau, 2014). Além disso a madeira da espécie *E. pellita* indica possuir baixa permeabilidade em função dos baixos valores das taxas de secagem quando comparadas a outras espécies, como *Corymbia torelliana*, *E. cloeziana*, *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. pilularis* e *E. resinifera* estudadas por Eleoterio et al., (2015). Visto isso recomenda-se programas mais suaves com temperaturas mais baixas na fase inicial da secagem para minimizar defeitos, principalmente o colapso.

Com relação a ocorrência de defeitos de rachadura de topo, verifica-se claramente que o material é menos suscetível a incidência deste tipo de defeito, que é causado de acordo com Mendes et al., (1998) pela secagem mais rápida da extremidade, sendo então possível utilizar potencial de secagem mais severos, que não haverá prejuízo quanto a rachadura de topos. Em condições similares Eleotério et al. (2015) encontrou resultados idênticos para *E. cloeziana*, *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. pilularis*.

Os parâmetros para o programa de secagem, descrito na tabela 4, estão próximos aos propostos por vários autores, em destaque ao trabalho de Batista et al. (2015), que em condições reais (secagem convencional), aplicando a mesma carga, obteve resultados satisfatórios para *E. grandis* e *E. saligna*, no entanto para *E. dunni* não se mostrou eficiente pois houve perda na qualidade do produto.

O programa de secagem elaborado, descrito na tabela 5, do tipo umidade temperatura, recomendou umidade relativa acima de 85% no início da secagem, o que é adequado para espécie de difícil secagem, visando a saída lenta da água para evitar defeitos. A fase de acondicionamento é de extrema importância para diminuir a diferença de umidade entre as peças, e a fase de acondicionamento foi elaborada com base na umidade de equilíbrio de 15%, visando diminuir as tensões causadas na madeira segundo recomendações de Galvão & Jankowsky (1985) podendo ser modificada para qualquer umidade de equilíbrio.

5. CONCLUSÕES

A madeira de *Eucalyptus pellita*, apresentou para propriedades físicas valores de densidade básica média e estável dimensionalmente, podendo ser utilizados em produtos de maior valor agregado, desde que tenha uma secagem suave, assim como o produzido no ensaio de secagem drástica que se mostrou adequado em relação as características e histórico do gênero. Mas vale ressaltar a necessidade de realizar a secagem convencional para validar o programa de secagem.

6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-7190: Projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro; 1997.

Batista DC, Klitzke RJ, Rocha MP. Qualidade da secagem convencional conjunta da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus* sp. *Ciência Florestal* 2015. 8(1) 10.5902/1980509819621.

Durlo MA, Marchiori JNC. Tecnologia da madeira: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série Técnica, 10).

Eleotério JR, Bagattoli TR, Hornburg KF, Silva CMK. Secagem drástica de madeiras de *Eucalyptus* e *Corymbia* fornece informações para a elaboração de programas de secagem. *Brazilian Journal of Forestry Research* 2015. 7(1).

Gavão APM, Jankowsky IP. Secagem racional da madeira. 1 ed. São Paulo: Nobel, 1985.

IBAMA-Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renovável. Banco de dados de madeira brasileiras. [citid 2019 jan. 3]. Available from:<http://www.ibama.gov.br/lpf>.

Jankowsky IP, Galina ICM. Secagem de madeiras. São Paulo, 2013. 39p.

Jankowsky IP. Metodologia simplificada para a indicação de programas de secagem [tese]. Piracicaba: Setor de tecnologia da madeira, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ); 2009.

Júnior AFD, Santos PV, Pace JHC, Carvalho AM, Latorraca JVF. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. *Ciência da Madeira* 2013. 14: 2177-6830.

Mendes AS, Martins VA, Marques MBH. Programa de secagem para madeiras brasileiras. IBAMA-Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis 1998. 114: 85-7300-063-5.

Moreschi JC. Relação água – madeira e sua secagem. 2 ed. Departamento de engenharia e tecnologia (UFPR), 2014. 122p.

Nicolau DAC. Secagem de lenho juvenil de *Eucalyptus Globulus* Labill. e avaliação de defeitos [dissertação]. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa; 2014.

Oliveira JTS, Hellmeister JC, Filho MT. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. *Revista Árvore*, 2005. 12: 10.1590.

Poubel DS, Garcia RA, Latorraca JVF, Carvalho AM. Estrutura Anatômica e Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Floresta e Ambiente* 2011. 7(1):279-291

Ribeiro FA, Filho JZ. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *eucalyptus* spp. IPEF, 1993. 9 p.