

USO DE DIFERENTES POTÊNCIAS DE MICRO-ONDAS NA SECAGEM DA MADEIRA DE *Pinus taeda* L.

Leonardo da Silva Oliveira^{1*}; Camila Moreira Nascimento Alves¹; Érika da Silva Ferreira¹;
Gabriel Valim Cardoso¹

Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas (UFPel),
Pelotas/RS, Brasil. *E-mail do autor correspondente: leonardo76rs@yahoo.com.br

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi avaliar a utilização de diferentes potências de micro-ondas na secagem da madeira de *Pinus taeda* L.. As amostras analisadas possuíam as seguintes dimensões: 250 mm de comprimento, 100 mm de largura e 20 mm de espessura. O experimento foi constituído por quatro tratamentos, sendo um testemunha com secagem em estufa elétrica com circulação forçada de ar e temperatura constante de 60°C (Tratamento 1) e os outros três tratamentos onde a secagem foi realizada em forno micro-ondas com diferentes potências: 600 Watts (W); 800 W e 1000 W. Foram avaliados a taxa de secagem e a incidência de defeitos de secagem. O tratamento com secagem em forno micro-ondas com potência de 1000 W apresentou o melhor resultado para taxa de secagem, diferindo significativamente dos demais tratamentos. As amostras dos tratamentos em forno micro-ondas com maiores potências de 800 e 1000 W não apresentaram defeitos de secagem.

Palavras-chave: Secagem em Micro-ondas; Taxa de Secagem; Defeitos de Secagem.

USE OF DIFFERENT MICROWAVE POWER LEVELS IN THE DRYING OF *Pinus taeda* L. WOOD

Abstract: The objective of the present work was to evaluate the use of different microwave power levels in the drying of *Pinus taeda* L. wood. The analyzed samples had the following dimensions: 250 mm of length, 100 mm of width, and 20 mm of thickness. The experiment consisted of four different treatments: a controlling one, which was dried in an electric kiln with forced air circulation and constant temperature of 60°C (Treatment 1), and other three treatments to which drying was carried out in a microwave oven with different power levels: 600 Watts (W); 800 W and 1000 W. The drying rate and the incidence of drying defects were evaluated. The treatment with drying in a microwave oven with a power level of 1000 W showed the best result for the drying rate, differing significantly from the other treatments. Samples from microwave oven treatments with higher powers of 800 and 1000 W did not show drying defects.

Key words: Microwave Drying; Drying Rate; Drying Defects.

1. INTRODUÇÃO

A secagem de madeira pode ser realizada por meio de diferentes métodos, desde o mais simples como a secagem ao ar livre aos mais sofisticados como o uso de secadores por alta frequência. A escolha do método depende do tipo de madeira a ser seca, infraestrutura disponível e análise de custos [1].

Segundo [2] quando executada de forma correta, a secagem por micro-ondas é mais rápida e, provavelmente a longo prazo, deve gerar menores custos. Essa redução de tempo tem gerado interesse do emprego do método na secagem da madeira.

[3] consideram que a secagem por micro-ondas, em um futuro próximo, irá desempenhar importante papel na industrialização da madeira. Enquanto, [4] ressaltam que uma das principais aplicações tecnológicas do micro-ondas na madeira é seu uso para a secagem.

De acordo com [5] há necessidade do incremento de pesquisas sobre a secagem em micro-ondas para seu maior entendimento e adoção no setor madeireiro. Na mesma linha, [6] reforçam que investigações sobre a secagem da madeira em micro-ondas justificam-se devido a carência de estudos sobre o tema.

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo avaliar o comportamento da secagem da madeira de *Pinus taeda* submetida a diferentes potências de micro-ondas, considerando a taxa de secagem e a incidência de defeitos de secagem.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No estudo utilizou-se madeira de *P. taeda* oriunda de povoamento com, aproximadamente, 24 anos de idade. As amostras avaliadas apresentavam as seguintes dimensões: 250 mm de comprimento, 100 mm de largura e 20 mm de espessura.

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Secagem da Madeira (LASEMA) do Centro de Engenharia (CEng) da UFPel.

Foram estabelecidos quatro (4) tratamentos, sendo uma testemunha com secagem das amostras da madeira de *P. taeda* em estufa elétrica (Tratamento 1) e os outros três tratamentos com secagem em micro-ondas com diferentes potências, sendo eles: Tratamento 2 (secagem em micro-ondas em potência de 600 Watts (W)); Tratamento 3 (secagem em micro-ondas em potência de 800 W) e Tratamento 4 (secagem em micro-ondas em potência de 1000 W). Para cada tratamento foram utilizadas 20 (vinte) amostras de madeira, totalizando 80 (oitenta) amostras.

A secagem da testemunha (tratamento 1) foi conduzida em uma estufa elétrica, com circulação de ar forçada, controle termostático e temperatura constante de 60°C. Nos tratamentos 2, 3 e 4 a secagem da madeira foi realizada em um forno de micro-ondas convencional da marca Electrolux, com capacidade para 27 litros e 10 níveis de potência, sendo a potência máxima de 1000 Watts (W).

O teor de umidade inicial das amostras era entre 50 e 60% e a secagem foi considerada concluída quando as peças atingiram 10% de umidade.

Os parâmetros avaliados foram a taxa de secagem e os defeitos de secagem. A taxa de secagem foi determinada a partir da Equação (1) descrita por [7].

(1)

Em que: T_s = Taxa de secagem ($\text{g}/\text{cm}^2\text{h}$); Q_{ae} = Quantidade de água evaporada (g); A_e = Área superficial da peça (cm^2) e T = Tempo de secagem decorrido (horas).

Para os defeitos de secagem adotou-se avaliação conforme [8], considerando rachaduras e empenamentos, defeitos típicos da madeira de *Pinus*. As amostras foram avaliadas antes e após o processo de secagem.

O experimento foi conduzido a partir de delineamento inteiramente casualizado, considerando quatro (4) tratamentos com 20 (vinte) repetições para cada tratamento. As variáveis foram submetidas a análise de variância com 95% de confiabilidade e ao teste de comparação de média de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 ilustra os valores médios obtidos para o tempo e a taxa de secagem nos tratamentos estudados. Verifica-se que o processo de secagem foi finalizado em menor tempo em micro-ondas do que em estufa (testemunha). Enquanto na estufa foram necessárias 73 horas, ou seja 4.380 minutos, para a madeira atingir 10% de umidade em forno micro-ondas se obteve o mesmo teor de umidade final em 28, 15 e 16 minutos para as potências de 600, 800 e 1000 W, respectivamente. [6] também obtiveram tempos reduzidos para a secagem de madeira de *Hovenia dulcis* (27 minutos) e *Eucalyptus tereticornis* (30 minutos), utilizando forno de micro-ondas com potência de 1450 W.

Esses resultados corroboram com os estudos de vários autores [9; 2; 5 e 6] que atestam que a secagem em micro-onda ocorre de forma rápida gerando redução de tempo.

Tabela 1: Médias de Tempo e Taxa de Secagem para os tratamentos estudados.

Tratamento	Tempo de Secagem (minutos)	Taxa de Secagem ($\text{g}/\text{cm}^2\text{h}$)
1 – Secagem em estufa (60°)	4.380	0,006 ^a
2 – Secagem em micro-ondas potência de 600 W	28	0,648 ^b
3 – Secagem em micro-ondas potência de 800 W	15	0,620 ^b
4 – Secagem em micro-ondas potência de 1000W	16	0,978 ^c

Valores seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 95% de confiabilidade.

Para a taxa de secagem houve diferença significativa entre os tratamentos. O melhor desempenho foi encontrado no tratamento 4 (micro-ondas com potência de 1000 W), sendo significativamente superior aos demais tratamentos. Os resultados do presente estudo confirmam o apresentado por [6], que observou um aumento significativo na taxa de secagem com a elevação da

potência utilizada no forno micro-ondas.

Com a incidência de alta potência a temperatura se eleva, conforme [10] o aumento da temperatura influencia a umidade relativa do ar, acelerando o processo de difusão da água na madeira, geralmente, quanto maior a temperatura maior a taxa de secagem.

Os resultados na avaliação de defeitos de secagem encontram-se na tabela 2.

Tabela 2: Defeitos de secagem nas amostras avaliadas no experimento.

Métodos	Tratamento	Defeitos por Amostras	
		Rachaduras	Empenamentos
Estufa Convencional	1(60°C)	0	2
	2 (600 W)	0	2
Micro-ondas	3 (800 W)	0	0
	4 (1000 W)	0	0

Verifica-se que houve baixa incidência de defeitos de secagem, não ocorrendo rachaduras em nenhum dos tratamentos, tanto na testemunha (secagem em estufa) como nos tratamentos em diferentes potências de micro-ondas. Foram encontradas apenas quatro (4) peças com empenamentos, duas no tratamento em estufa e duas no tratamento de micro-ondas com potência de 600 W. As amostras dos tratamentos em micro-ondas com maior potência 800 e 1000 W não apresentaram empenamentos.

Embora a madeira de *Pinus* seja considerada de fácil secagem, com baixa incidência de defeitos, não se verificou tendência de desenvolvimento de defeitos em função da secagem em micro-ondas. [3] expõem que o método por micro-ondas pode ser mais bem estudado, visando diminuir os defeitos durante a secagem, tanto da espécie estudada por eles (*Nectandra cuspidata*), como para outras madeiras.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram a eficiência da secagem em micro-ondas, particularmente, para o uso de potências mais elevadas, reduzindo, significativamente, o tempo e minimizando o surgimento de defeitos de secagem da madeira de *Pinus*. Sugere-se a implementação de estudos sobre a utilização de micro-ondas como método de secagem da madeira.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que a secagem da madeira de *P. taeda* em micro-ondas com 1000 W de potência obteve taxa de secagem superior,

estatisticamente, que os demais tratamentos investigados. A secagem em micro-ondas com potências de 800 e 1000 W não geram defeitos na madeira de *P. taeda*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SANTINI, E.J. Métodos usuais de secagem de madeiras. In: I Seminário sobre secagem de madeira. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992.
- [2] OLOYEDE, A.; GROOMBRIDGE, P. The influence of microwave heating on the mechanical properties softwood. J. Mater. Process. Technol. 2000; 100: 67-73.
- [3] CAVALCANTE A.A.; NAVEIRO R.M.; COSTA, S.S. Secagem da madeira de louro preto (*Nectandra cuspidata*) em estufa de micro-ondas. Floresta e Ambiente. 2016; 23.
- [4] TERZIEV, N.; DANIEL, G.; TORGOVNIKOV, G.; VINDEN, P. Effect of microwave treatment on the wood structure of Norway spruce and radiata pine. BioRes. 2020; 15 (3): 5616-5626.
- [5] SEYFARTH, R.; LEIKER, M.; MOLLEKOPF, N. Continuous drying of lumber in a microwave vacuum kiln. In: 8th International IUFRO Wood Drying Conference. 2003. p.159-163.
- [6] TALGATTI, M.; et al. Secagem da madeira de *Hovenia dulcis* e *Eucalyptus tereticornis* em forno micro-ondas com diferentes potências de temperatura. Adv. For. Sci. 2020; 7 (3): 1121-1128.
- [7] SANTINI, E.J. Influência da temperatura na taxa de secagem e contração da madeira de *Pinus elliottii* proveniente de plantios de rápido crescimento. Série Técnica FUPEF, Curitiba: FUPEF, n. 5, p. 1-15, 1980.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12297:1991. Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral - Medição e quantificação de defeitos - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.
- [9] ANTTI, L. Heating and drying wood using microwave power. 1999. 27f. (Doctoral Thesis), Luleå University of Technology.
- [10] SEVERO, E.T.D. A secagem da madeira de eucalipto e seus desafios. In: Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II. Orgs. OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. p.185-216. 2007.