



Secagem da madeira: prospecção tecnológica sobre os métodos utilizados

Vinicius Guerra Rocha^{1*}, Mizael Lopes da Rocha¹, Claudivan Barbosa Rodrigues¹, Marcelo Xisto Ribeiro¹

RESUMO: A secagem da madeira consiste na retirada da água contida na madeira até um determinado ponto, no menor tempo possível, evitando assim o aparecimento de defeitos. No intuito de melhor compreender esse processo, o presente trabalho buscou elaborar uma prospecção tecnológica a fim de verificar uma tendência sobre estudos de secagem de madeiras realizadas no Brasil entre 2010 e 2024. Por meio de buscas em plataformas como Google Acadêmico, Scopus e Scielo, usando a expressão “secagem da madeira” e excluindo artigos de revisão, trabalhos de conclusão de curso, teses e dissertações, foram selecionados 15 artigos nos quais o método de secagem mais usado foi o artificial em função da rapidez e controle das variáveis.

Palavras-chave: relação água-madeira, secagem convencional, higroscopicidade

Drying wood: a technological survey of the methods used

ABSTRACT: Drying wood consists of removing the water contained in the wood to a certain point in the shortest possible time, thus avoiding the appearance of defects. In order to better understand this process, this study sought to carry out a technological prospection in order to verify a trend in wood drying studies carried out in Brazil between 2010 and 2024. Through searches on platforms such as Google Scholar, Scopus and Scielo, using the expression “wood drying” and excluding review articles, course conclusion papers, theses and dissertations, 15 articles were selected in which the most commonly used drying method was artificial due to its speed and control of variables.

Keywords: water-wood ratio, conventional drying, hygroscopicity

INTRODUÇÃO

A secagem da madeira é o processo de redução do seu teor de umidade, que deve ser reduzido até um ponto definido para o uso a que se destina. Esse processo precisa ser executado no menor tempo possível, ser economicamente viável e apresentar o mínimo de defeitos. Trata-se da etapa mais importante do beneficiamento e industrialização da madeira serrada, sendo determinante para a qualidade do produto gerado (MARQUES et al., 2002). A produção de móveis, construção civil e o uso como fonte de energia são exemplos de atividades que necessitam de controle da umidade da madeira para melhorar seus produtos e, conseqüentemente, economizar nos processos (OLIVEIRA, 2021).

Após a secagem podemos obter alguns benefícios, como redução do peso da madeira, os custos de transporte e a redução do movimento dimensional da madeira a limites aceitáveis. Esses benefícios são importantes para que as peças atinjam a estabilidade dimensional, para que vernizes e tintas sejam aplicados de maneira eficiente, para que o aparecimento de manchas superficiais e o risco de deterioração seja reduzido, para que a qualidade das juntas adesivas seja melhorada, além de aumentar a resistência mecânica (OLIVERIRA, 2017).

De acordo com Freitas et al. (2016), os aspectos físicos da secagem estão diretamente relacionados aos desafios no processo. A densidade da madeira é uma característica diretamente associada ao processo de secagem. Por isso, torna-se fundamental o seu conhecimento antes de realizar o processo de secagem em diferentes espécies.

O teor de umidade na madeira relaciona-se diretamente com a estabilidade dimensional das peças produzidas. A quantidade de água presente na madeira está localizada em regiões diferentes e, por conta disso, apresenta variação na velocidade e no tempo de saída durante a secagem (FREITAS et al., 2016). O teor de umidade também sofre influência da densidade.

A água de capilaridade pode ser encontrada em espaços intracelulares e intercelulares, sendo de fácil retirada no processo de secagem, enquanto a água higroscópica se mantém adsorvida às microfibrilas da parede celular. A água higroscópica é retirada de forma mais lenta que a água de capilaridade e equivale a teores de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras ou PSF.

Existe ainda a água de constituição química localizada dentro das moléculas de celulose e hemicelulose, sendo retirada apenas por meio da queima da madeira (CASTRO, 2014). À medida que

o processo de secagem avança, é possível perceber a perda de massa da madeira e isso ocorre em função do PSF. Braz et al. (2015) afirma que a partir dele, é possível determinar o tipo de água que está sendo removido, pois acima dele existe água livre e abaixo dele existe água higroscópica. Essa informação é importante para determinação do método a ser utilizado.

Existem vários métodos para secar madeira e eles podem ser divididos em duas categorias principais: secagem natural e a secagem artificial ou controlada. A escolha de um método de secagem afeta o tempo de secagem, a qualidade do material seco e a obtenção do teor de umidade necessário para uma finalidade específica. Portanto, quando executado corretamente, reduz significativamente o tempo de secagem e os defeitos (DA SILVA et al, 2022).

De acordo com Souza et al (2015), a secagem ao ar livre consiste em empilhar a madeira serrada em um pátio sem o controle das variáveis climáticas. Nesse método a madeira seca naturalmente até atingir a umidade de equilíbrio do ambiente. A velocidade do vento é a variável mais relevante para esse método, enquanto a disposição da pilha no pátio de secagem afeta a eficiência.

Em se tratando da secagem realizada em estufa, o ambiente permite o controle total da velocidade do ar, umidade relativa e temperatura, proporcionando, por isso, tempos de secagem mais curtos além de um controle otimizado da qualidade da madeira. Esse tipo de secagem permite atingir teores de umidade muito abaixo do PSF de maneira a minimizar as alterações dimensionais provocadas pelas alterações climáticas no local de utilização (HENN, 2017).

A secagem deve ser tratada com muito critério e executada com a maior eficiência possível, o que implicará na redução dos custos de produção e na qualidade do produto.

A partir do entendimento do processo de secagem da madeira, diversos grupos de pesquisa, espalhados pelo Brasil e pelo mundo, executam, avaliam e verificam características de diferentes tipos de madeira submetidas à secagem (MARQUES e MARTINS, 2002). A prospecção tecnológica visa antecipar as direções e velocidades das mudanças tecnológicas, possibilitando a detecção precoce da tecnologia emergente ou revolucionária. Para Teixeira (2013), consiste em um conjunto de informações transformadas em conhecimento que subsidia a tomada de decisão e a formulação de políticas de incentivo a elaboração de estratégias inovativas além de identificar oportunidades futuras.

Diante disso, este trabalho tem o intuito de elaborar uma prospecção tecnológica a fim de verificar uma tendência sobre estudos de secagem de madeiras realizadas no Brasil entre 2010 e 2024.

MATERIAIS E MÉTODOS

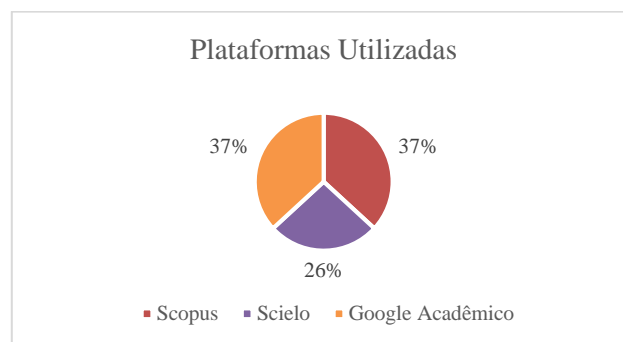
A pesquisa foi realizada entre os dias 16 e 22 de outubro de 2023. Posteriormente, uma atualização entre os dias 25 e 27 de maio de 2024.

A busca foi executada nas plataformas Google Acadêmico, Scopus e Scielo a partir da expressão “secagem da madeira”, utilizada entre aspas para deixar a busca restrita ao tema.

Houve restrição quanto ao ano de publicação, sendo assim considerados documentos publicados entre 2010 e maio de 2024. Artigos de revisão, trabalhos de conclusão de curso, teses e dissertações foram descartados restando apenas artigos experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram identificados 35 artigos sobre secagem da madeira, nas três plataformas analisadas (Figura 1).



De todos os artigos encontrados, 37% foram retirados do Google Acadêmico, 37% da plataforma Scopus e 26% da plataforma Scielo. Após aplicação dos critérios de exclusão foram selecionados 15 artigos (Tabela 1), dos quais 3 apareciam em mais de uma plataforma.

Dentre os quinze artigos selecionados, é possível afirmar que 73,34% aplicaram a secagem artificial e 26,66% aplicaram a secagem natural. A secagem artificial foi feita utilizando estufas de laboratórios convencionais dotadas de circulação forçada do ar, estufa a lenha e por meio de equipamento de microondas, caracterizando o aquecimento como ocorrido de dentro para fora, gerando calor diretamente no centro da madeira. A secagem natural foi executada ao ar livre e sem controle das variáveis do processo. Esta afirmação está de acordo com o encontrado em vasta literatura sobre secagem de madeiras (OKABE et al, 2015).

A temperatura é outro fator observado, que interfere diretamente no processo de secagem. Juntamente com a circulação do vento é responsável por promover a retirada de água da madeira para a atmosfera, levando à secagem (OLIVEIRA et al,

2017; OKABE et al, 2015; BATISTA et al, 2015). Foi possível encontrar uma relação entre temperatura usada no método e tempo de exposição da madeira a essa temperatura, de modo que, na secagem artificial, a madeira ficou exposta a temperaturas elevadas durante um curto espaço de tempo (27min até 127h) enquanto na secagem natural a madeira foi exposta a

temperaturas mais baixas durante longo período (102 dias). Na secagem natural foram observadas temperaturas em torno de 10 a 15°C e foi avaliado a porcentagem da taxa de teor de umidade variando entre 15,87% e 70% de perda da umidade da madeira. Na secagem artificial essa mesma variável oscilou entre 45 e 210°.

Tabela 1: Artigos selecionados a partir da busca no Google Acadêmico, Scopus e Scielo.

Artigo	Método	Temperatura	Tempo de secagem
Anelamento e vaporização de toras visando a otimização do processo de secagem da madeira de eucalipto (2015)	Artificial – estufa de laboratório	82°C	6h
Avaliação da secagem em estufa solar de madeiras de <i>E. dunnii</i> Maiden e <i>Pinus elliotti</i> Engelm (2015)	Natural	10 a 15°C	30 dias
Curva característica de secagem da madeira de <i>Tectona grandis</i> e <i>Acacia mangium</i> ao ar livre (2015)	Natural	60 e 70% de perda TU	102 dias
Efeito do tratamento térmico a vapor no processo de secagem de variáveis de <i>Eucalyptus dunnii</i> (2013)	Artificial – estufa de laboratório	100°C	3h
Elaboração de programas de secagem para madeiras de <i>Eucalyptus spp.</i> <i>Corymbia citriodora</i> (2022)	Artificial – estufa de laboratório	>100°C	2 a 13h
Importância da secagem da madeira para o transporte florestal e fornecimento de moínhos de celulose (2017)	Natural	15,8 a 17,1% perda de TU	90 dias
Influência da secagem nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de espécies de um sistema agroflorestal (2020)	Artificial – estufa de laboratório	120 a 210°C	2h
Influência dos parâmetros dimensionais da pilha na qualidade da madeira de <i>Eucalyptus spp.</i> submetidas à secagem ao ar (2017)	Natural	20,7 a 40,7% de perda TU	60 dias
Relação entre o teor de úmida de e a constante dielétrica de espécies de madeira da Amazônia durante o processo de secagem (2016)	Artificial – estufa de laboratório	100°C	8h
Rendimento de uma serra portátil e secagem da madeira de <i>Hovenia dulcis</i> em forno convencional (2019)	Artificial – estufa de laboratório	100°C	6h
Secagem da madeira de eucalipto em toras a altas temperaturas (2017)	Artificial – estufa de laboratório	50 a 150 °	<30 dias
Secagem da madeira de <i>Hovenia dulcis</i> e <i>E. tereticornis</i> em forno de microondas com diferentes potências de temperatura (2020)	Artificial – microondas	50 e 100% de potência	27 a 88min
Secagem da madeira de louro preto (<i>Nectandra cuspidata</i>) em estufa de microondas (2016)	Artificial – microondas	45°C	6h e 35min
Secagem e qualidade da madeira serrada de <i>Hovenia dulcis</i> (2016)	Artificial – estufa de laboratório	45 a 75°C	21 a 127h
Tratamentos térmicos e secagem da madeira serrada de uva-do-japão (2016)	Artificial – estufa de laboratório	75°C	12 e 24h

Quanto as espécies utilizadas, foi observado que 40% era *Eucalyptus spp.*, 18% *Hovenia sp.*, 4% para o *Pinus sp.*, *Parapiptadenia rigida* (Benth.), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Schizolobium parahyba* (Vell.) SFBlake, *Nectandra Cuspidata*, *Tectona Grandis*, *Acacia Mangium*, *Albizia*

duckeana, *Brosimum sp.*, *Chamaecrista scleroxylon*, *Qualea dinizii*, *Trattinnickia burserifolia* e *Swartzia laurifolia*. A partir disso pode-se sugerir que as espécies foram utilizadas devido ao seu valor econômico na indústria moveleira como no caso da *Hovenia* e o *Pinus* (TALGATTI et al. 2016;

Recebido em 15/01/2024; Aceito para publicação em 31/05/2024

¹ Universidade Federal do Piauí

*e-mail: guerraroachavinicius@gmail.com

SANTINI, 2016) como também para a indústria de celulose e papel no caso do *Eucalyptus* (De FREITAS et al, 2016; BATISTA et al, 2015; LATORRACA et al, 2015).

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que entre 2010 e 2024 o método mais usado foi o método artificial em função da rapidez e do controle das variáveis. Observou-se uma relação entre o uso de métodos com temperaturas maiores e menores tempos de exposição da madeira promovendo maior qualidade da madeira. Embora a secagem natural seja um método de baixo custo, a falta de controle das variáveis do processo minimiza seu uso visando a produtos de madeira de qualidade.

REFERÊNCIAS

- BARROS, M.C; PÔRTO JÚNIOR, F.G.R. Prospecção Tecnológica: O que é e para que serve? A prospecção tecnológica como ferramenta de planejamento estratégico na gestão pública. 2021.
- BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; ROCHA, M. P. Qualidade da secagem convencional conjunta da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus* sp. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 25, 2015. p. 711-719.
- BRAZ, R. L. et al. Curva característica de secagem da madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao ar livre. *Floresta e Ambiente*, v. 22, p. 117-123, 2015.
- 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*, v. 23, p. 427-434, 2016.
- CRISÓSTOMO, M. C.; GOUVEIA, F. N.; COSTA, A. F. Relação entre o teor de umidade e a constante dielétrica de espécies de madeira da Amazônia durante o processo de secagem. *Revista Árvore*, v. 40, p. 181-187, 2016.
- DA SILVA, T. B. et al. Elaboração de programas de secagem para madeiras de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia citriodora*. UFT, 2022.
- DE ALMEIDA, B. C.; TOMASELLI, I.; KLITZKE, R. J. Avaliação da secagem artificial de madeiras em três polos madeireiros do Mato Grosso. *Revista Espacios*, Mato Grosso, 2017.
- DE FREITAS, D. L.; CARVALHO, D. E.; BELTRAME, R.; SANTOS, G. A. dos; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Estabilidade dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. *Scientia Agraria Paranaensis*, Paraná, v. 15, n. 4, 2016. p. 435-439. DOI: 10.18188/sap.v15i4.12999.
- ELOY, E. et al. Influence of drying on the physical and mechanical properties of wood from trees grown in an agroforestry system. *Revista Árvore*, v. 44, p. e4431, 2020.
- LATORRACA, J.V.de F. et al. Anelamento e vaporização de toras visando otimização do processo de secagem da madeira eucalipto. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 10, n. 2, p. 273-279, 2015.
- LIEBL, O.A. et al. Influência dos parâmetros dimensionais da pilha na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp. Submetida à secagem ao ar. *Floresta e Ambiente*, v. 24, p. e00105514, 2017.
- MARCHESAN, R. et al. Yield of a portable sawmill and wood drying of *Hovenia dulcis* in conventional kiln. *Floresta*, v. 49, n. 1, p. 079-088, 2019.
- MARQUES, M.H.B.; MARTINS, V.A. Secagem da Madeira. Brasília: LPF, 2002. 47p.
- OKABE, A. M. D. S., FERREIRA, B. O., DE, A. T., BRANDÃO, O., CHASE, O. A., & DE ALMEIDA, J. F. S. Monitoramento da temperatura e umidade relativa em um ambiente para secagem de madeira. CONTECC, Fortaleza-CE, 2015.
- OLIVEIRA, A.C. et al. Secagem da madeira de Eucalipto em toras a altas temperaturas. *Revista Árvore*, v. 41, 2017.
- OLIVEIRA, L.S. Importância da secagem da Madeira. Nota técnica. UFPel, 2021. Disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/lasema/files/2021/10/Informe-02-Importancia-da-secagem-da-madeira.pdf> Acesso em 23/10/2021
- SANTINI, E.J. et al. Secagem e qualidade da madeira serrada de *Hovenia dulcis*. *Scientia Agraria Paranaensis*, p. 460-463, 2016.
- SEVERO, E.T. D. et al. Effect of steam thermal treatment on the drying process of *Eucalyptus dunnii* variables. *Cerne*, v. 19, p. 637-645, 2013.
- SOUZA, J. et al. Avaliação da secagem em estufa solar de madeiras de *Eucalyptus dunnii* maiden e *Pinus elliottii* engelm. *ENCICLOPEDIA BIOSFERA*, v. 11, n. 21, 2015.
- TALGATTI, M. et al. Secagem da madeira de *Hovenia dulcis* e *Eucalyptus tereticornis* em forno micro-ondas com diferentes potências de temperatura. *Advances in Forestry Science*, v. 7, n. 3, p. 1121-1128, 2020.
- TALGATTI, M. et al. Tratamentos térmicos e secagem da madeira serrada de uva-do-Japão. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 11, n. 3, p. 224-229, 2016.
- TEIXEIRA, L. P. Prospecção tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados. 2013.
- ZANUNCIO, A.J.V. et al. Importance of wood drying to the forest transport and pulp mill supply. *Cerne*, v. 23, p. 147-152, 2017.