

Estudo da secagem convencional da madeira de Pau-marfim

Jackson Roberto Eleotério ¹; Anna Cristina P.B. Abdalla † ²; Érica de Alvarenga Crêspo Rodrigues ³; Ivaldo Pontes Jankowsky ⁴; Luana Candaten ⁴; Geraldo Bortoletto Junior ⁴

¹ Fundação Universidade Regional de Blumenau; ² in memoriam; ³Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras; ⁴Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

Resumo: A secagem é uma etapa fundamental do beneficiamento da madeira, agregando qualidade ao produto final, mas é um processo que pode ter resultados indesejáveis se não for conduzido de acordo com a técnica recomendável. Assim, o presente estudo teve o objetivo de verificar o comportamento da madeira de *Balfourodendron riedelianum* (Pau-marfim) no processo de secagem convencional. Para isso, seis pacotes de tábuas de Pau-marfim foram submetidos a um programa de secagem convencional, a fim de avaliar a distribuição do teor de umidade e as tensões de secagem. Os dados encontrados após essas análises indicaram que a variabilidade no teor de umidade foi reduzida ao longo da secagem, porém, ao final do processo a madeira ainda apresentava tensões residuais de secagem, prejudicando o padrão de qualidade da madeira seca. Recomenda-se aplicar a etapa de condicionamento no processo de secagem, visando uma melhoria na qualidade final do produto.

Palavras-chave: *Balfourodendron riedelianum*, tensões de secagem, qualidade de secagem.

Study of the kiln drying of Pau-marfim lumber

Abstract: Kiln drying is a fundamental step in the secondary processing of wood, adding quality to the final product; however, it is a process that can have undesirable results if not conducted according to the recommended technique. Thus, the present study aimed to verify the behavior of *Balfourodendron riedelianum* (Pau-marfim) lumber submitted to conventional kiln drying process. For this, six bundles of Pau-marfim lumber were subjected to a conventional drying program in order to evaluate moisture content distribution and drying stresses. The data found after these analyses indicated that the variability in moisture content was reduced along the kiln drying; however, at the end of the process the wood still had residual drying stresses, reducing the quality standard of dried lumber. It is recommended to apply the conditioning step at end of drying process, aiming to improve the quality standard of the dried lumber as well of the final product.

Keywords: *Balfourodendron riedelianum*, drying stresses, drying quality.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da madeira pode ser analisada sob vários aspectos, existindo muitos parâmetros para caracterizá-la; com isso, a melhor forma para se estudar esse material é através da relação existente entre as características da madeira e os requisitos do produto final.

Para um correto emprego da madeira nos mais variados ambientes, é fundamental o entendimento das variações dimensionais ocasionadas pela presença de umidade no material (Takeshita & Jankowsky 2015). Esse fator está diretamente ligado a secagem da madeira, etapa fundamental para obtenção de peças mais estáveis e com qualidade.

Madeira livre de defeitos visíveis, teor de umidade compatível com o uso e mínima variação entre e dentro as peças, são objetivos a serem alcançados para um material seco e de qualidade (Jankowsky & Galina, 2014). Essa etapa, seja pelo método natural ou artificial, é um fator determinante na qualidade da madeira, minimizando o risco de defeitos (Takeshita & Jankowsky, 2015).

A partir disso, a secagem torna-se um procedimento obrigatório, em função de seus conhecidos efeitos na madeira, melhorando a trabalhabilidade de maneira geral, e reduzindo o risco de ataques por organismos xilófagos (Batista et al., 2015).

Dos processos industriais aplicados a madeira serrada, a secagem convencional é a mais utilizada, sendo essa representada por um balanço entre a transferência de calor da corrente de ar para a superfície do material e a evaporação de água que é arrastada pela corrente de ar (Jankowsky & Galina, 2014).

A base da secagem convencional é o deslocamento de uma corrente de ar pela superfície da madeira, reduzindo a umidade da superfície em direção ao centro da peça, gerando um gradiente de umidade; gradiente esse que gera retrações diferenciadas, resultando em tensões de secagem (Jankowsky, 2009). A intensidade dessas tensões pode provocar defeitos como empenamentos, rachaduras, e endurecimento superficial, reduzindo a qualidade da madeira e gerando perdas.

Atingir padrões rígidos de qualidade requer uma solução de compromisso entre a madeira, o equipamento e a forma como é conduzido o processo de secagem. Através do programa de secagem são possíveis ajustes através das informações que indicam temperatura e umidade relativa do ar em função do teor de umidade da madeira. Assim, a elaboração do programa de secagem exige conhecimentos intrínsecos e extrínsecos presentes no processo de retirada de água da madeira e demais inter-relações.

Com o intuito de contribuir para o conhecimento sobre a secagem, o presente trabalho teve

por objetivo verificar o comportamento da madeira de Pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*) quando submetida ao processo de secagem convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foram utilizados seis pacotes tabicados de tábuas de Pau-marfim com dimensões de 2,5 cm de espessura, 12 cm de largura e com comprimento variável, cedidos pela empresa Indusparquet Indústria e Comércio de Madeiras Ltda. Na formação dos pacotes (empilhamento), foram usados tabiques com 2,0 cm de espessura. A secagem foi conduzida em um secador industrial, marca Copcal, seguindo o programa de secagem pré-existente no sistema de controle (semiautomático) do secador.

De cada pacote, 10 peças da terceira camada tiveram o peso úmido aferido no início e ao final da secagem. Depois de todas as fases da secagem, a determinação do teor de umidade foi realizada com auxílio de um medidor elétrico do tipo resistência, modelo Lignomat K100. Ao final do processo mediu-se o teor de umidade total, interno e externo, aplicando-se o método gravimétrico. A presença de tensões de secagem foi avaliada através do teste de Garfo, aplicando notas de 0 a 2 para os níveis de tensão, sendo 0 para nenhuma tensão, 1 para tensão sem tocar as pontas do garfo e 2 para tensão com toque das pontas (Galvão & Jankowsky, 1985).

3. RESULTADOS

Os teores médios de umidade dos pacotes avaliados, no início e ao final da secagem, constam da Tabela 1. A variação no teor de umidade entre peças, ao longo da secagem, pode ser avaliada na Tabela 2.

Tabela 1. Teores médios de umidade ao início e ao final da secagem.

TEOR MÉDIO DE UMIDADE (%)	PACOTES					
	A	B	C	D	E	F
INICIAL	26,3 ^a	46,6 ^{cd}	37,3 ^b	45,0 ^{cd}	49,9 ^d	43,5 ^c
FINAL	8,6 ^a	10,6 ^b	8,4 ^a	8,6 ^a	8,0 ^a	8,2 ^a

Médias com a mesma letra, no sentido horizontal, não diferem entre si, teste Tukey, $p < 0.05$.

Tabela 2. Variação no teor de umidade, entre peças, ao longo da secagem.

FASE DA SECAGEM	TEOR DE UMIDADE (%)		N	CV



	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIO	N	(%)
INICIAL	20,3	54,2	41,4	60	21,3
PRÉ UNIFORMIZAÇÃO	8,7	14,4	11,4	47	13,4
PÓS UNIFORMIZAÇÃO	7,4	12,0	8,7	60	12,2

N = número de medições(peças); CV = coeficiente de variação.

Na análise dos valores das Tabelas 1 e 2 verifica-se que o material submetido à secagem era heterogêneo em relação ao teor de umidade; com uma amplitude de variação da ordem de 23,6% entre pacotes e de 33,9% entre peças. A secagem foi eficiente na redução da variabilidade inicial, que foi de 2,6% entre pacotes e de 4,6% entre peças.

Na Figura 1 pode ser avaliada a incidência das tensões de secagem, mensurados em 60 peças ao final da secagem; e na Tabela 3 consta a diferença entre os teores médios de umidade dentro da peça, em relação ao sentido da espessura.

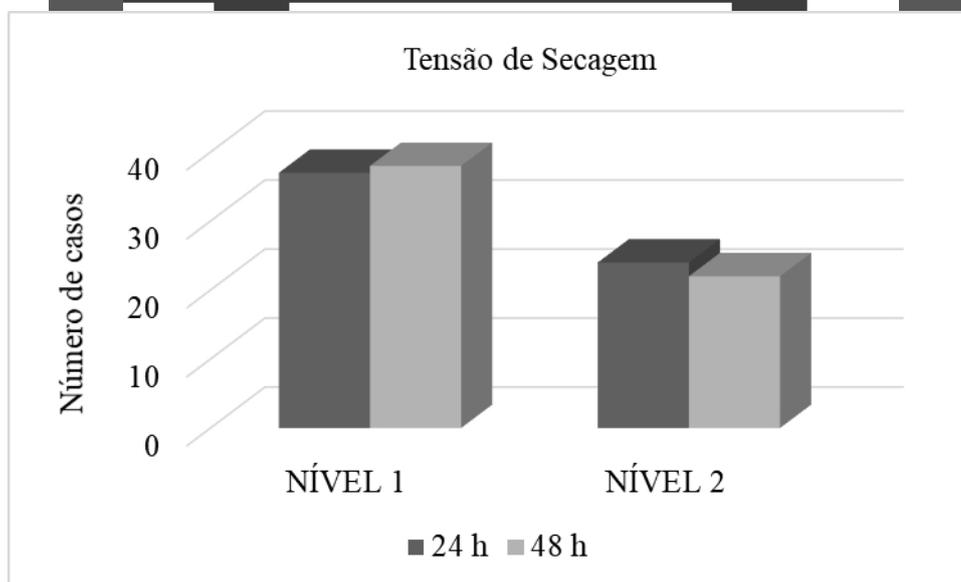


Figura 1. Níveis de tensão de secagem observados após 24 e 48 h.

Tabela 3. Variação no teor médio de umidade (%) no sentido da espessura das peças.

POSIÇÃO NA PEÇA	TEOR DE UMIDADE (%)	N	CV (%)
EXTERNA	8,9 ^a	60	12,7
INTERNA	8,2 ^b	60	8,8

Médias com a mesma letra, no sentido vertical, não diferem entre si, teste Tukey, $p < 0.05$.

N = número de medições(peças); CV = coeficiente de variação.

4. DISCUSSÃO

A amplitude na variação do teor de umidade, tanto entre os pacotes (23,6%) como entre peças (33,9%); foi reduzida de forma considerável após a secagem convencional, para valores de 2,6% e 4,6%, respectivamente. Esse mesmo comportamento foi observado por Batista et al., (2015) estudando a secagem convencional da madeira de Eucalipto, reforçando o conceito de que a secagem convencional é eficiente nesse aspecto.

Com relação aos resultados obtidos para o teste de garfo, mais de 60% das peças apresentaram nível 1 de tensão e aproximadamente 40% foram classificadas com nível 2, em ambos os períodos estudados, sendo que, nenhuma das amostras estava livre de tensões de secagem. Esse resultado comprova que a superfície das peças estava sob esforço de compressão, enquanto a parte central estava ainda tracionada (SKAAR, 1972).

Uma análise preliminar poderia levar à conclusão que incidência de tensões residuais de secagem poderia ser decorrente da falta do condicionamento final, porém verificou-se que a superfície das peças estava mais úmida do que a parte central (Tabela 3). A superfície mais úmida prova que as peças adsorveram umidade durante a fase de uniformização, mas esse reumidecimento superficial, com o conseqüente inchamento das camadas superficiais, não foi suficiente para eliminar as tensões de secagem.

A situação observada comprova, indiretamente, que as tensões durante a fase de secagem superaram o limite de elasticidade da madeira, provocando deformações permanentes. Esse tipo de defeito é conhecido como encruamento ou endurecimento superficial, e é resultante de uma secagem mais agressiva do que o recomendado para a espécie em questão.

Embora a madeira com endurecimento superficial não apresente deformações na sua forma bruta, com certeza deformará quando submetida ao beneficiamento secundário em plainas ou lixadeiras.

5. CONCLUSÕES

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

A secagem convencional não apenas reduziu o teor de umidade da madeira como também reduziu a amplitude de variação no teor de umidade entre as peças.

Contudo, o processo adotado no presente experimento não foi eficiente para eliminar as tensões de secagem. Ao contrário, contribuiu para a incidência do defeito denominado endurecimento superficial.

Recomenda-se que o programa de secagem seja suavizado, reduzindo-se o potencial de

secagem; e inserida a fase de condicionamento ao final do processo.

6. REFERÊNCIAS

Batista DC, Klitzke RJ, Rocha MP. Qualidade da secagem convencional conjunta da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus* sp. *Ciência Florestal*, 2015, 25 (3): 711-719.

Galvão APM, Jankowsky IP. *Secagem Racional da Madeira*. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.

Jankowsky IP. Metodologia simplificada para a indicação de programas de secagem. Tese de Livre Docência apresentada a Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009. 129 p.

Jankowsky IP, Galina ICM. *Secagem de madeiras (Curso Técnico)*. 2ª ed. ANPM, Piracicaba, 2014. 37 p. (disponível para download em www.anpm.org.br).

Skaar C. *Water in Wood*. Syracuse: Syracuse University Press, 1972. 218 p.

Takehita S, Jankowsky IP. Redução na movimentação dimensional da madeira de Jatobá (*Hymenaea* sp.) e Muiracatiara (*Astronium* sp.) submetidas a tratamento térmico adicional. *Scientia Forestalis*, 2015, 43 (106): 345-352.