

EFEITO DA PRÉ-VAPORIZAÇÃO EM ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus dunnii*

Elias Taylor Durgante Severo¹ e Ivan Tomaselli²

RESUMO: O objetivo desta pesquisa foi analisar o efeito da pré-vaporização no teor de umidade inicial, volume inicial, densidade básica e contração volumétrica em madeira de duas procedências de *Eucalyptus dunnii*. Para isso, selecionaram-se ao acaso, quatro tábuas de cada procedência desta espécie. Após estas tábuas sofrerem um processo de beneficiamento, as mesmas foram transformadas em corpos-de-prova pareados, sendo um grupo mantido como controle e o outro pré-vaporizado a 100°C/100% de umidade relativa (UR), durante 30 minutos. Todos os corpos-de-prova foram recondicionados à 100°C/100% de umidade relativa durante 2½ horas. Os volumes foram determinados por meio de deslocamento em mercúrio. Os teores de umidade e as contrações foram calculados e expressos como porcentagem do peso seco e volume verde inicial, respectivamente. Os resultados demonstraram que a pré-vaporização não alterou o volume inicial e a densidade básica. Por outro lado, a pré-vaporização demonstrou reduzir significativamente o teor de umidade inicial e aumentar a contração volumétrica. Este aumento foi atribuído ao aumento do colapso.

Palavras-chave: *Eucalyptus dunnii*, madeira, pré-vaporização, propriedades físicas.

EFFECT OF PRESTEAMING ON SOME PHYSICAL PROPERTIES OF *Eucalyptus dunnii* WOOD

ABSTRACT: The aim of this research was to analyze the presteaming effect on the initial moisture content, initial volume, basic density and volumetric shrinkage in *Eucalyptus dunnii* wood. From two provenances four boards of each provenances were selected randomly. After processing, these boards were transformed into paired samples, where one group was kept as a control and the other, presteaming at 100°C /100% of relative humidity for 30 minutes. All samples were reconditioned (100°C /100%) for 2 ½ hours. The volumes were determined through mercury displacement and the weights and shrinkage were calculated and expressed as dry weight percentage and initial green volume, respectively. The results showed that the presteaming does not alter the initial volume and the basic density. On the other hand, the presteaming demonstrated to reduce significantly the initial moisture content and increase the volumetric shrinkage. This increase was attributed to the occurrence of collapse.

Key words: *Eucalyptus dunnii*, wood, presteaming, physical properties.

¹ Departamento de Ciências Florestais, UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu, SP. severo@fca.unesp.br

² Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais, UFPR, Curitiba, PR.

1. INTRODUÇÃO

A redução da disponibilidade de madeira proveniente de florestas naturais, bem como o aumento da oferta de madeira de *Eucalyptus* proveniente de reflorestamentos da região sul e sudeste do Brasil, vêm despertando cada vez mais o interesse pelo uso desta espécie. Devido às suas características físico-mecânicas, a madeira desta espécie apresenta-se como viável para substituição de espécies consagradas provenientes de florestas nativas. Entretanto, até o momento, a sua utilização é basicamente restrita à produção de celulose e papel, carvão vegetal, lenha e chapas de composição. O seu emprego mais nobre tem causado frustrações durante o processamento da madeira, devido ao aparecimento de defeitos que conduzem a consideráveis perdas de matéria-prima e conseqüentes perdas econômicas. As principais frustrações quanto a utilização deste gênero, em particular como madeira serrada, devem-se, primeiramente, às suas características desfavoráveis intrínsecas concernentes a tensões de crescimento e, posteriormente, à sua elevada retratibilidade, secagem lenta, alto gradiente de umidade, fendas superficiais e colapso durante a secagem.

Uma meta comum nas pesquisas sobre secagem de *Eucalyptus* é reduzir os longos tempos e, conseqüentemente, os custos envolvidos neste processamento. Um grande número de pré-tratamentos tem sido empregado para melhorar o tempo e a taxa de secagem. Por exemplo, pré-vaporização, pré-congelamento, pré-compressão e vários tratamentos químicos. No entanto, a vaporização preliminar à secagem (pré-vaporização) é especialmente atrativa por se tratar de uma técnica que pode ser adotada como método comercial, devido à pouca, ou nenhuma, mudança necessária em termos de equipamentos ou operação básica em uma indústria.

A vaporização à pressão atmosférica, antes da secagem, tem demonstrado incrementar a permeabilidade da madeira. Muitos pesquisadores, direta ou indiretamente, observaram que a

vaporização aumenta a permeabilidade da madeira.

Ellwood & Erickson (1962) constataram que a vaporização da madeira verde causa uma imediata perda de umidade durante o período de aquecimento, pela elevação da temperatura. Posteriormente, quando a madeira atinge a temperatura de secagem, ocorre uma expansão das bolhas de ar dentro da madeira e, durante o período de resfriamento, mais umidade é perdida por evaporação.

Ellwood & Ecklund (1961) obtiveram um aumento na permeabilidade longitudinal de um fator 20 na secagem de Black oak (*Quercus spp*), após a vaporização a 100°C, durante 4 horas.

Mackay (1971) reportou o efeito da vaporização na madeira de *Eucalyptus regnaus* e *Ceratopetalum apetalum*. Os resultados mostram um aumento no coeficiente de difusão, tanto no estado constante como não constante, além de favorecer a recuperação do colapso após a secagem. Sharma et al. (1988), citados por Avramidis & Oliveira (1993), reportaram o mesmo comportamento na secagem de *Gmelina arborea*, *Schinus molle*, *Dipterocarpus spp*, e *Eucalyptus tereticornis* com espessura de 3,2 cm.

Campbell (1961) e Chafe (1990) obtiveram reduções no teor de umidade inicial em madeira de *Eucalyptus*, com a pré-vaporização, que variaram de 5% a 20%. Chafe (1990) comenta, ainda, que a vaporização da madeira de *Eucalyptus regnans* F. Muell durante 30 minutos proporcionou uma melhor recuperação do colapso e uma maior contração volumétrica antes do acondicionamento.

Avramidis & Oliveira (1993), após a vaporização da madeira de *Hem-fir* a 100°C, durante um período de 5, 10 e 20 horas, observaram um aumento na contração com o aumento na duração da vaporização.

Falck & Lutz (1929), citados por Campbell (1961), evidenciaram em seu estudo que o máximo de perda de umidade em decorrência da vaporização, cerca de 10%, ocorre dentro das

primeiras 3 a 4 horas do tratamento, a partir de onde deixa de ser importante.

Entretanto, Simpson (1975) reporta que períodos curtos de vaporização como 1/2 hora são equivalentes aos períodos mais longos. O autor chegou a esta conclusão após observar o efeito da pré-vaporização durante períodos de 1/2, 1, 2, 5 e 12 horas, em várias espécies.

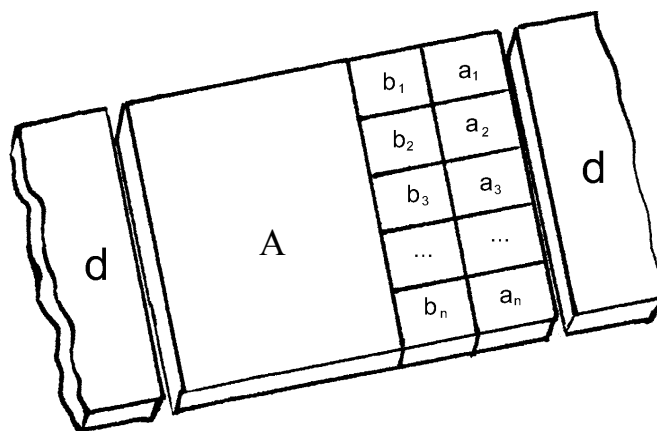
O trabalho tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento de tecnologia apropriada para disponibilização da madeira de *Eucalyptus dunnii* como alternativa para a produção de madeira serrada, verificando o efeito da pré-vaporização nas propriedades físicas de sua madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

De um lote de tábuas das procedências Urbenville e Dorrigo de *Eucalyptus dunnii* com 16 anos de idade, retiraram-se de forma aleatória, quatro tábuas, representativas do lenho adulto, de cada procedência desta espécie. Esta madeira é proveniente da Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária (EMBRAPA), localizada no município de Colombo, PR. As coordenadas geográficas do local do experimento são 25°20' S e 49°14' W. A altitude é de 920 m e o clima sempre úmido. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C e a do mês mais frio superior a 10°C, ocorrendo mais de cinco geadas anuais.

Estas tábuas, após serem aplainadas em ambas as faces, foram bitoladas nas dimensões de 25 mm x 75 mm x 2600 mm, espessura, largura e comprimento, respectivamente. Da parte central destas tábuas, retirou-se uma amostra "A" de aproximadamente 360 mm, descartando-se ao duas extremidades. Posteriormente, as amostras "A" foram transformadas em corpos-de-prova pareados nas dimensões de 10 mm x 10 mm x 20 mm, recebendo as letras a_1, a_2, \dots, a_n , os corpos-de-prova a serem mantidos como controle e as letras b_1, b_2, \dots, b_n , os corpos-de-prova a serem submetidos à vaporização preliminar à secagem (pré-vaporização), conforme mostra a Figura 1.



d=descarte; a_1, a_2, \dots, a_n = controle; b_1, b_2, \dots, b_n = pré-vaporizados

Figura 1. Localização dos corpos-de-prova nas amostras "A".

Figure 1. Location of sections in the samples "A"

Para determinação do efeito da pré-vaporização sobre o teor de umidade inicial, volume inicial, densidade básica, contração volumétrica e colapso recuperável utilizou-se a metodologia proposta por Chafe (1990). Para isso, determinou-se, inicialmente, o peso e o volume de todos os corpos-de-prova $a_1, a_2 \dots a_n$ e $b_1, b_2 \dots b_n$. A seguir, os corpos-de-prova $b_1, b_2 \dots b_n$ foram submetidos à vaporização durante 30 minutos, sendo, a seguir, pesados e medidos novamente.

Para vaporização inicial (pré-vaporização) dos corpos-de-prova $b_1, b_2 \dots b_n$ utilizou-se um tanque de aquecimento com cobertura, no qual fixou-se um estrado gradeado a cerca de 20 cm acima da linha d'água, onde empilharam-se, de forma gradeada, as amostras testes. O sistema de aquecimento do tanque por meio de serpentinas elétricas permitiu que a temperatura da água atingisse o ponto de ebulição d'água e liberasse vapores que circularam entre a madeira.

Posteriormente, esses corpos-de-prova foram secos em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante, pesados, medidos e recondicionados, em vapor saturado por 2½ horas. Após o recondicionamento os corpos-de-prova foram pesados, medidos e submetidos à secagem em estufa ($103 \pm 2^\circ\text{C}$), sendo a seguir novamente pesados e medidos.

Todos os volumes foram determinados pelo deslocamento em mercúrio e todas as contrações foram calculadas e expressas como porcentagem do volume verde inicial.

Considerando que a contração volumétrica total antes do recondicionamento ($\beta_{v_{ar}}$) represente a contração desde a condição verde até o volume inicial seco em estufa, e que a contração volumétrica após o recondicionamento ($\beta_{v_{pr}}$) represente a contração desde a condição verde até o volume seco em estufa após o recondicionamento, o colapso recuperável pode ser calculado, então, pela diferença entre $\beta_{v_{ar}}$ e $\beta_{v_{pr}}$.

A densidade básica foi calculada utilizando-se a relação massa seca em estufa

($103 \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante) sobre volume verde.

As variáveis teor de umidade inicial, volume inicial, densidade básica e contração volumétrica foram comparadas com os obtidos em corpos-de-prova controle, por meio de um teste "t" pareado de médias a 95% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico denominado "Statistic" versão 4.2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios obtidos para o teor de umidade inicial, volume inicial, densidade básica, contração volumétrica e colapso recuperável em corpos-de-prova pareados controle e pré-vaporizados de ambas as procedências de *Eucalyptus dunnii*.

Teor de umidade inicial

Na Tabela 1, pode-se observar que a vaporização proporciona uma redução estatisticamente significativa entre as médias obtidas no teor de umidade inicial, ou seja, 10,2% para procedência Urbenville e 8,2% para Dorrigo.

Estas reduções no teor de umidade inicial são significativas, conforme mostram os resultados de um teste "t" pareado de média, entre madeira controle e pré-vaporizada.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Campbell (1961) e Chafe (1990). Segundo estes autores, a pré-vaporização em *Eucalyptus* proporcionou reduções no teor de umidade inicial, que variaram de 5% até 20%, dependendo das condições e espécie utilizada.

Volume inicial

A Tabela 1 mostra que a pré-vaporização aparentemente não proporcionou redução no volume inicial. Um teste "t" pareado de médias realizado a posteriori confirma que não existe diferença significativa entre valores médios de madeira controle e pré-vaporizada.

Tabela 1. Valores médios das propriedades físicas para amostras controle e pré-vaporização em madeira de *Eucalyptus dunnii*.
Table 1. Average values of the physical properties for control and presteamed samples in *Eucalyptus dunnii* wood.

Espécie	Urbenville				Dorrigo				Total												
	Corpo de prova controle		Corpo de prova pré-vaporizado		Corpo de prova controle		Corpo de prova pré-vaporizado		Corpo de prova controle		Corpo de prova pré-vaporizado										
	s	x	n	s	x	n	s	x	n	s	x	n									
Propriedade físicas																					
Teor de umidade inicial (%)	9,3	83,8	18	8,8	73,6	18	*	15	86,3	21	15,6	78,1	21	*	12,6	85,2	39	12,9	76,1	39	*
Volume inicial (cm ³)	0,03	2,239	17	0,04	2,233	17	ns	0,05	2,223	21	0,04	2,216	21	ns	0,04	2,23	38	0,04	2,224	38	ns
Densidade básica (g/cm ³)	0,02	0,568	17	0,02	0,571	17	ns	0,03	0,579	17	0,03	0,58	17	ns	0,03	0,573	34	0,03	0,577	34	ns
Contração antes do condicionamento (%)	2,3	23,4	17	3,3	25,3	17	*	1,6	24,7	17	2,2	25,3	17	*	2,1	24,0	34	2,7	25,3	34	*
Contração após do condicionamento (%)	3,3	22,2	17	2,7	22,1	17	ns	1,4	22,8	17	2,5	22,2	17	ns	2,5	22,5	34	2,6	22,0	34	ns
Colapso recuperável (%)	1,3	1,17	17	3,26	3,3	17	*	1,8	1,86	17	2,9	3,18	17	*	1,6	1,52	34	3,3	3,22	34	*

*= significativo a 95% de probabilidade; ns= não significativo; s= desvio padrão; n=número de repetições; x=média.

Resultado obtido por Chafe (1990) evidencia que a vaporização proporcionou uma pequena redução no volume inicial dos corpos-de-prova de alburno e um pequeno aumento em corpos-de-prova de cerne. Segundo o autor, este comportamento do volume inicial com a vaporização é explicado da seguinte forma: em madeiras permeáveis, como o alburno de certas espécies, a temperatura de vaporização faz com que a água impulsionada pela expansão das bolhas de ar seja expelida para fora das células, iniciando-se, assim, um processo de secagem com conseqüente contração da madeira. Já em madeiras impermeáveis, como o cerne de certas espécies, é esperado justamente o contrário, ou seja, um aumento no volume das células. Este aumento seria provocado pela dificuldade de expansão das bolhas de ar presente nas células em decorrência da presença de extrativos e ajudado pela plasticização das células. Entretanto, como no presente estudo utilizou-se tanto madeira proveniente de cerne como alburno, não foi possível detectar qualquer alteração significativa no volume inicial.

Densidade básica

Na Tabela 1, pode-se observar que a pré-vaporização proporcionou um pequeno aumento na densidade básica. Em termos percentuais, este aumento representa 0,5% para procedência Urbenville e 0,2% para procedência Dorrigo de *Eucalyptus dunnii*. Estes aumentos na densidade básica não são significativos, conforme mostram os resultados de um teste “t” pareado de média entre madeira controle e pré-vaporizada.

Outros autores que aplicaram vaporização na madeira de eucalipto não fazem qualquer referência quanto ao efeito da vaporização na densidade básica da madeira (Campbell, 1961; Alexiou et al., 1990; Alexiou & Marchant, 1990; Rozas, 1993).

Contração volumétrica e colapso recuperável

Na Tabela 1, pode-se observar que a pré-vaporização proporciona um pequeno aumento na contração volumétrica antes do recondicionamento. Este aumento representa 1,3% em madeira de *Eucalyptus dunnii*, sendo 1,9% para procedência Urbenville e 0,6% para Dorrigo. Estas reduções no teor de umidade inicial são significativas, conforme mostram os resultados de um teste “t” pareado de média entre madeira controle e pré-vaporizada. Entretanto, após o recondicionamento, a contração volumétrica total entre corpos-de-prova controle e pré-vaporizados é praticamente igual.

Este comportamento evidencia, a princípio, que a contração adicional observada antes do recondicionamento pode ser devida à presença de colapso na madeira. Um teste “t” pareado de médias realizado entre corpos-de-prova controle e pré-vaporizado de madeira das procedências Urbenville e Dorrigo de *Eucalyptus dunnii* não detectou diferença significativa para contração volumétrica após o recondicionamento.

Campbell (1961), em estudo semelhante, comenta que uma vaporização de 6 horas proporcionou um aumento na contração volumétrica total antes do recondicionamento de aproximadamente 7% para madeira seca ao ar livre, enquanto que, para madeira seca em estufa, este aumento foi de aproximadamente 15%. Nesse estudo, o autor observou ainda que a contração volumétrica total após o recondicionamento em corpos-de-prova vaporizados somente é significativa após uma vaporização de 12 horas.

Segundo Kauman (1961) e Kubinsky (1971), a vaporização da madeira provoca mudanças nas ligações químicas entre os constituintes da parede celular ou mesmo sua degradação, o que torna as células mais susceptíveis a colapsarem quando submetidas à secagem.

Pode-se dizer, portanto, que o aumento observado na contração volumétrica total antes do recondicionamento, em madeira pré-vaporizada de ambas as procedências de *Eucalyptus dunnii*, é resultante do aumento na intensidade do colapso (Kauman, 1961; Campbell, 1961; Chafe, 1990).

Já o comportamento da contração volumétrica após o acondicionamento indica que o tratamento de recuperação do colapso foi eficiente. A recuperação do colapso deve-se ao efeito simultâneo exercido pela alta temperatura e umidade relativa durante o acondicionamento (Pratt, 1986). Este tratamento provoca a plasticização das paredes celulares da madeira tornando-as mais maleáveis para restauração de sua forma original (Kollmann & Côté, 1968; Siau, 1971; Simpson, 1991).

Portanto, se considerarmos que o tratamento de vaporização para recuperação do colapso foi eficiente, e realmente permitiu a recuperação do colapso, tanto em corpos-de-prova vaporizados como controle como demonstrado anteriormente, pode-se dizer que a diferença entre a contração volumétrica total antes e após o acondicionamento permite a obtenção do colapso recuperável.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados e discussões pode-se concluir que:

A pré-vaporização não demonstrou alterar o volume inicial e densidade básica da madeira. Entretanto, este tratamento demonstrou reduzir significativamente o teor de umidade inicial de ambas as procedências de *Eucalyptus dunnii*;

A pré-vaporização demonstrou, ainda, aumentar a contração volumétrica total. Esse aumento pode ser atribuído à ocorrência de colapso, que foi recuperável com o acondicionamento da madeira;

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXIOU, P. N.; MARCHANT, J. F. Effect of pre-steaming on moisture gradients, drying stresses and sets, and fuse checking in regrowth *Eucalyptus pilularis* Sm. **Wood Science Technology**, New York, v. 24, n. 2, p. 201-209, 1990.
- ALEXIOU, P. N.; WILKINS, A. P.; HARTLEY, J. Effect of presteaming on drying rate. Wood anatomy and shrinkage of regrowth *Eucalyptus pilularis* Sm. **Wood Science Technology**, New York, v. 24, n. 1, p.103-110, 1990.
- AVRAMIDIS, S.; OLIVEIRA, L. Influence of presteaming on kiln drying of thick *hemfir* lumber. **Forest Production Journal**, Madison, v. 43, n. 11/12, p. 7-12, Nov./Dec. 1993.
- CAMPBELL, G. S. The value of presteaming for drying some collapse-susceptible *Eucalypts*. **Forest Production Journal**, Madison, v. 11, n. 8, p. 334-337, Aug. 1961.
- CHAFE, S. C. Effect of brief presteaming on shrinkage, collapse and other wood-water relationships in *Eucalyptus regnans* F Muell. **Wood Science Technology**, New York, v. 24, n. 4, p. 311-326, 1990.
- ELLWOOD, E. L.; ECKLUND, B. A. Treatments to improve wood permeability as an approach to the drying problems. In: ANNUAL MEETING OF WESTERN DRY KILN CLUBS, 13., 1961, Medford, Oregon. **Proceedings...** Medford, Oregon, 1961.
- ELLWOOD, R. W.; ERICKSON. Effect of presteaming on seasoning stain and drying rate of redwood. **Forest Production Journal**, Madison, v. 12, n. 7, p. 328-332, July 1962.
- KAUMAN, W. G. Effect of thermal degradation on shrinkage and collapse of wood from 3 Australian species. **Forest Production Journal**, Madison, v. 11, n. 8, p. 445-452, Aug. 1961.
- KOLLMANN, F. F. P.; COTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology solid wood**. New York: Springer, 1968. v. 1, 592 p.

- KUBINSKY, E. Influence of steaming on steaming on the properties of *Quercus rubra* L. Wood. **Holz-forschung**, Berlin, v. 25, n. 3, p.78-83, 1971.
- MACKAY, J. F. G. Influence of steaming on water vapor diffusion in hardwoods. **Wood Science**, Madison, v. 3, n. 2, p. 156-160, 1971.
- PRATT, G. H. **Timber drying manual**. London: Department of the Environment, 1986. 122 p.
- ROZAS, E. M. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex Maiden) na deração de produtos com maior valor agregado**. 1993. 133 p. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SIAU, J. F. **Flow in wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1971. 131 p.
- SIMPSON, W. T. Dry kiln operator's manual. **Agricultural Handbook**, Madison, n. 188, p.1-274, 1991.
- SIMPSON, W. T. Effect of steaming on the drying rate of several species of wood. **Wood Science**, Madison, v. 7, n. 4, p. 247-255, 1975.

