

EFEITO DA VAPORIZAÇÃO EM MADEIRA DE *Eucalyptus dunnii* SOBRE ALGUMAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

WOOD VAPORIZATION EFFECT ON SOME MECHANICAL PROPERTIES OF *Eucalyptus dunnii*

Elias Taylor Durgante Severo¹ Ivan Tomaselli²

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da vaporização em toras e madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* sobre as propriedades de compressão paralela e perpendicular às fibras e cisalhamento no sentido radial e tangencial aos anéis de crescimento. As razões do estudo deve-se à possibilidade de aliviar as tensões de crescimento existentes na espécie pelo emprego da vaporização. Os ensaios foram realizados na condição climatizada (12% de umidade). Para isso, dois terços das toras, com diâmetro entre 20 a 30 cm, proveniente de seis árvores por procedência dessa espécie foram vaporizadas a 100°C e 100% de umidade relativa durante 20 horas, enquanto que as demais toras foram utilizadas com controle. De cada tora foi retirada uma prancha central, orientada radialmente, de 8 cm de espessura, das quais se retirou vigotas de 8 cm x 8 cm. Metade das vigotas provenientes de toras vaporizadas foram novamente submetidas à vaporização, durante 3 horas, nas mesmas condições anteriormente descritas, obtendo-se, dessa forma, três níveis de comparação (controle, vaporizado em toras e madeira pré-vaporizada). Os resultados mostraram que o módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras e o esforço no limite proporcional em compressão perpendicular as fibras não sofreram qualquer alteração com a vaporização. Entretanto a resistência máxima em compressão paralela as fibras e o cisalhamento (sentido radial e tangencial) mostraram reduzir significativamente com a vaporização.

Palavra-chave: *Eucalyptus dunnii*, vaporização da madeira, compressão paralela, compressão perpendicular.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the vaporization effects on the crushing strength at limit of proportionality on perpendicular compression, crushing strength and modulus of elasticity in parallel compression to the fiber and shear strength (radial and tangential direction) on logs and sawn wood of two sources of *Eucalyptus dunnii*. The mechanical attempts were performed under the Copant standards in the climatized conditions (12%). To do so, about two thirds of the logs, with a diameter between 20-30 cm, were vaporized at 100° C and 100% of relative humidity for 20 hours, while the remaining logs were kept as control. From each log, a central plank radially

-
1. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Recursos Naturais, Universidade Estadual Paulista, Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu (SP).
 2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, CEP 80210-170, Curitiba (PR).

directed with eight centimeter of thickness was taken, from which small beams of 8 cm x 8 cm were taken. Half of the small beams from the vaporized logs were once again submitted to vaporization under the same previously described conditions for a period of 3 hours, thus obtaining three different levels of comparison (control, vaporized on logs and presteaming wood). The results showed a remarkable reduction on the crushing strength in parallel compression to the fiber and shear strength (radial and tangential direction) with the vaporization on the two conditions and sources of *Eucalyptus dunnii* used. On the other hand, the crushing strength at limit of proportionality on perpendicular compression and modulus of elasticity in parallel compression did not show any change with the vaporization.

Key words: *Eucalyptus dunnii*, wood vaporization, perpendicular compression, parallel compression.

INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus* pelo seu elevado ritmo de crescimento, adaptabilidade a variadas condições de solo e clima e características físico-mecânicas passou há várias décadas a ser considerado como um dos mais importantes gêneros utilizados em reflorestamento de rápido crescimento no mundo.

No Brasil, sua introdução em escala surgiu com a lei dos incentivos fiscais em 1965. Hoje o País possui uma área plantada de cerca de 2.954.780 ha, o que corresponde a um volume aproximado de 1 milhão de metros cúbicos com esse gênero (STCP/INDUFOR, 1998).

Embora a eucaliptocultura brasileira tenha demonstrado ser uma das mais produtivas, avançadas e competitivas do mundo, até o momento essas vantagens têm sido aproveitadas somente pela indústria de celulose e papel, painéis de madeira e pela siderurgia.

Muito pouco tem sido feito no que se refere à utilização do *Eucalyptus* nas indústrias de processamento mecânico da madeira. A exemplo, a produção de madeira serrada no Brasil situa-se em torno de 400 mil metros cúbicos, ou seja, apenas 1,8% da produção nacional de madeira serrada (STCP/INDUFOR 1998).

A madeira de *Eucalyptus* apresenta características que limitam o seu uso na fabricação de diversos produtos, principalmente no que se refere à utilização como madeira sólida, entre estes destacam-se as tensões de crescimento, fibras reversas, elevada retratibilidade e presença de colapso durante a secagem (FAO, 1981).

As tensões de crescimento têm demonstrado ser o principal fator a ser considerado no desdobro desse gênero.

Vários autores propõem a liberação das tensões de crescimento por meio da aplicação simultânea de calor e umidade, promovendo assim uma nova acomodação das células ou de componentes das paredes celulares (SKOLMEN, 1967; LUTZ & PANZER, 1969; KUBLER, 1973, 1987; CHAFE, 1979; AGUIAR, 1978; U.S. FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1987; WEIK, 1984; ROZAS, 1993; KIKATA, 1995 em comunicação pessoal). Entretanto, deve-se considerar que

a aplicação de temperaturas de forma indiscriminada pode causar degradação e conseqüente perda de resistência na madeira.

Muitos estudos têm demonstrado o efeito à temperatura nas propriedades mecânicas da madeira, porém os resultados, até o momento se mostram contraditórios em alguns aspectos, principalmente no que diz respeito aos benefícios ou prejuízos causados pela temperatura. Essa divergência nos resultados está relacionada principalmente às diferentes formas como tais estudos foram conduzidos.

Alguns pesquisadores não observaram qualquer alteração nas propriedades mecânicas da madeira com a temperatura (COMBEN, 1955; LADELL, 1956; PETRI, 1963; PETRY & ANAYIN, 1966 citado por SALAMON, 1969; MILLETT & GERHARDS, 1972; CHRISTENSEN & GOUGH, 1975; TOMASELLI, 1977).

Outros obtiveram aumento em algumas propriedades mecânicas da madeira com a temperatura (KEYLWERTH, 1952; LADELL, 1956; SULZBERGER, 1953; SCHNEIDER, 1973; KOCH, 1971, 1972a, 1973) citados por TOMASELLI, 1977; PRATT, 1986; KIKATA, 1995 em comunicação pessoal).

Enquanto outros pesquisadores ainda observaram redução em algumas propriedades mecânicas da madeira com a temperatura (KEYLWERTH, 1952; MACLEAN, 1953, 1954, 1956; COMBEN, 1955; SULZBERGER, 1953; GRAHAM, 1958; EDDY & GRAHAN, 1955; PETRI, 1963; KOSLIK, 1967, 1976; HUFFMAN, 1972, 1977; MILLETT & GERHARDS, 1972; ROSEN & BODKIN, 1981; BODIG & JAYNE, 1982; ROSEN & LAURIE, 1983; U.S. FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1987).

Neste artigo, apresentam-se os resultados do estudo que teve como objetivo principal viabilizar a utilização do *Eucalyptus dunnii* como madeira serrada. Para isso, foi avaliado o efeito da vaporização nas toras e madeira serrada sobre a compressão paralela, compressão perpendicular e cisalhamento no sentido radial e tangencial.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do presente estudo utilizaram-se toras de *Eucalyptus dunnii* das procedências Urbenville e Dorrigo. O experimento está situado a 25°20' S e 49°14' W, a uma altitude de 920 m, município de Colombo (PR). O clima da região, sempre úmido, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio, superior a 10°C, ocorrendo mais de cinco geadas anuais. O solo, de baixa fertilidade, caracteriza-se como Cambissolo A proeminente. As árvores, de ambas as procedências, caracterizam-se por apresentarem fustes de boa conformação, retilíneos, copas distribuídas de forma centrada, desgalhamento normal e perfeita sanidade.

A coleta do material envolveu a retirada de doze árvores de *Eucalyptus dunnii* ao acaso, sendo seis da procedência Urbenville e seis da procedência Dorrigo.

O planejamento para utilização das árvores obedeceu ao princípio do sortimento ou uso

múltiplo no qual as toras de maior diâmetro são destinadas à laminação, as toras de diâmetro entre 20 e 30 cm são utilizadas como madeira serrada e o restante com diâmetro inferior a 20 cm é utilizado para chapas de composição, celulose e papel, energia, etc. Entretanto, apesar do planejamento para utilização dessas árvores ser integral, tal estudo se deteve somente nas toras destinadas à utilização como madeira serrada.

Os tratamentos para alívio das tensões de crescimento constituíram-se em anelamento em todas as árvores e toras e, posteriormente, em vaporização de parte das toras envolvidas no estudo.

O primeiro anelamento foi realizado, quando a árvore ainda se encontrava em pé, sendo realizado com motosserra a uma profundidade de 1/3 do raio da árvore, deixando-se uma distância de 20 a 30 cm entre o anelamento e o corte transversal da árvore. O segundo foi realizado durante o dimensionamento das toras, novamente realizado com motosserra na mesma profundidade, porém nesse caso, deixando-se uma distância de 15 cm de cada extremo da tora.

Cada árvore, com diâmetro entre 20-30 cm, proporcionou três toras com 2,4 m de comprimento, sendo que desse total, uma tora foi mantida como controle e as duas restantes foram submetidas a tratamento de vaporização.

As toras destinadas à vaporização foram submetidas a tratamento em tanques apropriados, durante um período de 20 horas, nas condições de 100°C e 100% de umidade relativa.

Após retirar-se a prancha central (orientada radialmente) tanto das toras controle como toras vaporizadas foram transformadas em vigotas de 80 mm x 80 mm x 2400 mm de espessura, largura e comprimento respectivamente. Parte das vigotas provenientes das toras vaporizadas de ambas as procedências foram submetidas a nova vaporização durante 3 horas após uma hora de aquecimento inicial nas mesmas condições anteriormente descritas. Esse procedimento permitiu obter-se vigotas controle, vigotas vaporizadas (madeira vaporizada em tora) e vigotas revaporizadas (madeira vaporizada em tora e pré-vaporizada).

Tais vaporizações tiveram o intuito de aliviar as tensões de crescimento, inicialmente, nas toras e, posteriormente, na madeira serrada, procurando-se assim melhorar a qualidade da madeira serrada dessa espécie (KUBLER, 1987, SEVERO, 1998).

Para determinação dos ensaios em compressão paralela às fibras, compressão perpendicular às fibras e cisalhamento no sentido radial e tangencial aos anéis de crescimento em madeira de *Eucalyptus dunnii*, transformaram-se as vigotas provenientes de toras controle, vaporizadas e pré-vaporizadas em corpos de prova segundo a norma COPANT para realização dos seguintes ensaios mecânicos:

- a) Esforço no limite proporcional em compressão perpendicular às fibras – COPANT 466;
- b) Resistência máxima e módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras – COPANT 464;
- c) Resistência máxima ao cisalhamento no sentido radial e tangencial aos anéis de crescimento – COPANT 463.

Após a obtenção dos corpos de prova, estes foram armazenados em câmara climatizada na condição de 21°C e 65% de umidade relativa, onde permaneceram até o equilíbrio higroscópico,

sendo então, da mesma forma, ensaiados. Após os corpos de prova atingirem o equilíbrio higroscópico, foi necessário corrigir o teor de umidade inicial para 12% por meio da variação de umidade observada entre os corpos de prova nos diferentes tratamentos (controle, vaporizado em tora e pré-vaporizado).

Essa correção foi necessária, uma vez que o teor de umidade de equilíbrio da madeira é um fator importante na avaliação do efeito da vaporização nas propriedades mecânicas. Sua importância está relacionada com o menor teor de umidade final alcançado pela madeira que foi submetida a determinado tratamento térmico (KOLLMANN & CÔTÉ, 1968).

Para determinação das propriedades mecânicas utilizou-se uma máquina universal de ensaios marca Tinius Olsen com capacidade para 30.000 Kg e equipamentos acessórios tais como aparatos e suportes necessários a cada ensaio.

Uma unidade de aquisição de dados interligando a máquina de ensaio a um microcomputador propiciou a obtenção da carga até a ruptura e sua respectiva deformação, quando necessária, para as propriedades ensaiadas.

Para análise estatística das propriedades mecânicas levou-se em consideração o efeito dos tratamentos de vaporização dentro das procedências na condição climatizada.

Para obtenção desses resultados, realizou-se uma análise da variância e posteriormente um teste de médias Tukey, conduzido a um nível de 95% de probabilidade para identificar médias que diferiram entre si.

Para realização da análise da variância, utilizou-se o programa estatístico denominado Statistical Analysis System (SAS) versão 6.11, fornecido pela Universidade Estadual Paulista (UNESP).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para o esforço no limite proporcional (ELP) em compressão perpendicular às fibras, resistência máxima (RM) e módulo de elasticidade (E) em compressão paralela às fibras e resistência máxima em cisalhamento no sentido radial (RM_R) e tangencial (RM_T) na condição climatizada (corrigidos para 12% de umidade) são apresentados nas Tabela 1 e 2 respectivamente.

Conforme pode ser observado nas Tabelas 1 e 2, o esforço no limite proporcional em compressão perpendicular às fibras e ao módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras não sofreram alteração significativa com a vaporização em ambas as procedências de *Eucalyptus dunnii*.

Entretanto, o mesmo não ocorreu com a resistência máxima em compressão paralela às fibras e à resistência máxima no sentido radial e sentido tangencial em cisalhamento, que

TABELA 1: Propriedades mecânicas em compressão perpendicular e paralela às fibras.

Procedências	T	Condição climatizada									
		Ensaio de compressão									
		N	ELP compressão perpendicular (kgf/cm ²)	S	N	E em compressão paralela (kgf/cm ²)	S	N	RM compressão paralela (kgf/cm ²)	S	
Urbenville	c	14	108,9 A	16,9	15	301336 A	113717	15	607,57 A	95,2	
	v	11	109,1 A	11,9	13	260153 A	19591	13	531,59 B	75,2	
	v+pv	9	95,8 A	12,3	8	285702 A	88314	8	550,78 B	85,2	
Dorrigo	c	14	112,2 A	14,9	13	282567 A	53561	13	643,15 A	65,9	
	v	13	106,7 A	11,3	16	248078 A	28128	16	578,79 B	71,6	
	v+pv	9	105,4 A	15,6	10	285464 A	57694	10	500,23 C	112,1	
<i>E. dunnii</i>	c	28	110,5 A	17,7	28	292622 A	88839	28	624,1 A	83,4	
	v	24	107,8 A	11,4	29	253490 A	38925	29	557,6 BC	75,8	
	v+pv	18	100,6 A	14,5	18	285570 A	70524	18	522,7 C	105,5	

Em que: T = tratamentos; c = controle; v = vaporizada; v+pv = madeira vaporizada em tora e pré-vaporizada na forma de vigotas; N = número de repetições; S = desvio padrão; ELP = esforço no limite proporcional; RM = resistência máxima; E = modulo de elasticidade; Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 95% de probabilidade.

TABELA 2: Propriedades mecânicas em cisalhamento no sentido radial e tangencial aos anéis de crescimento.

Procedências	T	Condição climatizada					
		Ensaio de cisalhamento					
		N	RM no sentido radial (kgf/cm ²)	S	N	RM no sentido tangencial (kgf/cm ²)	S
Urbenville	c	12	137,91 A	9,4	15	173,75 A	18,1
	v	13	127,72 B	11,6	13	159,97 B	23,4
	v+pv	16	117,30 C	10,6	15	137,89 C	14,7
Dorrigo	c	15	129,09 A	7,7	14	167,49 A	19,7
	v	15	124,59 AB	11,2	14	156,45 A	16,1
	v+pv	15	118,52 B	11,2	15	141,07 B	15,3
<i>E. dunnii</i>	c	27	133,0 A	9,4	29	170,7 A	18,8
	v	28	126,0 B	11,3	27	157,2 B	19,6
	v+pv	31	117,9 C	10,8	30	139,5 C	14,8

Em que: T = tratamentos; c = controle; v = vaporizada; v+pv = madeira vaporizada em tora e pré-vaporizada na forma de vigotas; N = número de repetições; S = desvio padrão; RM = resistência máxima; Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 95% de probabilidade.

demonstraram reduzir significativamente com a vaporização em tora e com a pré-vaporização, quando comparado com a madeira controle. Uma melhor visualização do efeito da vaporização no ELP em compressão perpendicular às fibras e RM e E em compressão paralela às fibras e RM em cisalhamento no sentido radial e tangencial são mostrados nas Figuras 1 e 2.

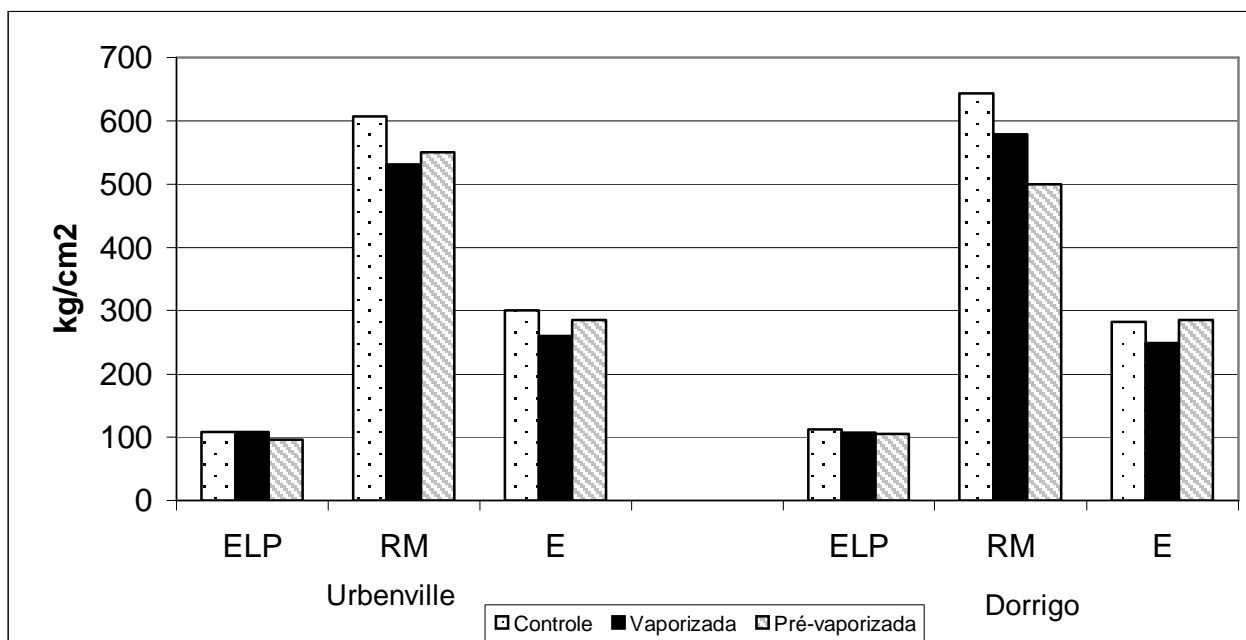


FIGURA 1: Efeito dos tratamentos de vaporização no Esforço no limite proporcional (ELP) em compressão perpendicular às fibras e resistência máxima (RM) e módulo de elasticidade ($E \times 10^{-3}$) em compressão paralela as fibras.

Essas reduções além de significativas são importantes do ponto de vista prático da utilização da madeira. Na procedência Urbenville, a magnitude dessas reduções atingiu respectivamente 12,5%, 15% e 20,6% para resistência máxima em compressão paralela, resistência máxima no sentido radial e sentido tangencial em cisalhamento quando compara-se à madeira controle com a pré-vaporizada.

Da mesma forma para procedência Dorrigo, a redução foi respectivamente 22,2, 8,2 e 16% para resistência máxima em compressão paralela, resistência máxima no sentido radial e sentido tangencial em cisalhamento quando compara-se à madeira controle com a pré-vaporizada.

Muitos trabalhos obtidos com base na literatura indicam perdas na resistência da madeira com a temperatura (KEYLWERTH, 1952; MACLEAN, 1953, 1954, 1956; COMBEN, 1955; SULZBERGER, 1953; GRAHAM, 1957; EDDY & GRAHAN, 1955; PETRI, 1963; KOSLIK, 1967, 1976; HUFFMAN, 1972, MILLETT & GERHARDS, 1972; ROSEN & BODKIN, 1981; BODIG & JAYNE, 1982; ROSEN & LAURIE, 1983; U.S. FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1987).

A causa da perda de resistência pode ser atribuída ao processo de degradação sofrido pela madeira quando esta é submetida a temperaturas elevadas e alta concentração de umidade, como no caso da vaporização das toras e posteriormente da pré-vaporização da madeira.

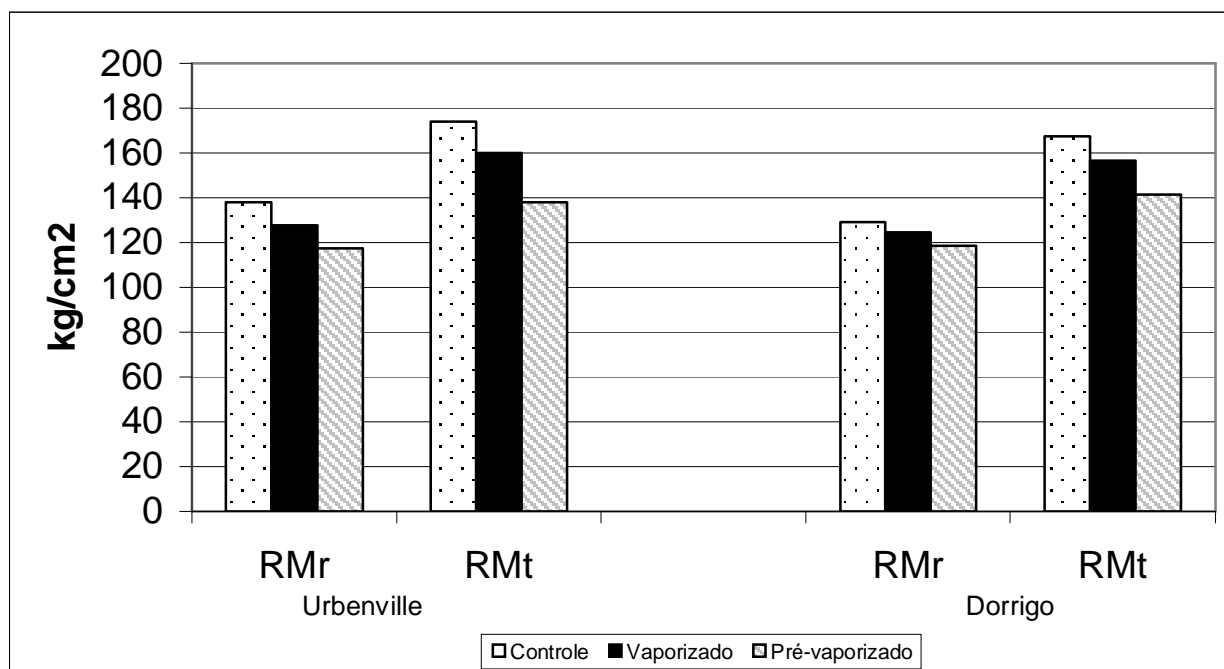


FIGURA 2: Efeito dos tratamentos de vaporização na resistência máxima ao cisalhamento no sentido radial (RM_R) e tangencial (RM_T) da madeira.

Segundo SKAAR (1976), em ambientes de alta umidade e calor a degradação ocorre predominantemente por hidrólise ácida, sendo que a taxa de degradação nesse caso é maior que a degradação térmica ou pirolítica. A hidrólise ácida faz com que sejam quebrados os grupos acetilas e com isso ocorra a formação de ácido acético, responsável pela degradação da madeira (SUCHSLAND & WOODSON, 1991). Segundo CHAFE (1979) outra possibilidade que pode ter contribuído para perda de resistência da madeira é a formação de fendas internas (favo de mel) em consequência do colapso durante a vaporização.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

Com base nos resultados obtidos no estudo, pode-se concluir que, com exceção do esforço no limite proporcional em compressão perpendicular às fibras e módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras que não apresentaram alterações com a vaporização, as demais propriedades mecânicas reduziram significativamente com a pré-vaporização da madeira ou até mesmo, em alguns casos isolados, com a vaporização das toras. Portanto, cuidados devem ser tomados quando da utilização de madeira de *Eucalyptus dunnii* que tenha sido submetida a processo de vaporização em tora e, posteriormente, pré-vaporizada em uma fase preliminar à secagem. Essa perda de resistência é importante principalmente no que se refere ao uso estrutural da madeira e,

portanto, deve ser levada em consideração durante o dimensionamento das peças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, O.J.R. **Métodos para controle das rachaduras de topo para toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, visando a produção de lâminas para desenrolamento.** 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BODIG, J.; JAYNE, B.A. **Mechanics of wood and wood composites.** New York: Nostrand Reinhold., 1982. 712 p.
- CHAFE, S.C. Growth stresses in trees. **Australian For. Res.**, v. 9, p. 203-223, 1979.
- CHRISTENSEN, F.J.; GOUGH, D.K. **Control of drying distortion in framing from young plantation slash pine.** CSIRO, Div. Buid. Res., 1975. (Rpt n. 44).
- COMBEN, A.J. The effect of high temperature kiln drying on the strength properties of timber. **Wood**, v.20, n.8, p.311-313, 1955.
- COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Maderas: metodo de determinación del cizalhamento paralelo al grano.** 1972. (COPANT 463).
- _____. **Maderas: método de determinacion de la compresión axial a paralela al grana.** 1972. (COPANT 463).
- _____. **Maderas: método de determinacion de la compresión perpendicular al grana.** 1972. (COPANT 463).
- EDDY, A.A.; GRAHAM, B.D. The effect of drying conditions on strength of coast-type Douglas-fir. **For. Prod. J.**, v. 5, n. 4, p. 226-229, 1955.
- F.A.O. **El eucalipto en la repoblacion forestal.** Roma, 1981. 723 p.
- GRAHAM, R. **Effect of preservative treatment and related conditions on wood strength,** Oregon State University, Forest Products Research Center. 1958. Project 44A-4.
- HUFFMAN, D.E. Kiln drying of aspen studs. **For. Prod. J.**, v. 22, n. 10, p. 21-23, 1972.
- KEYLWERTH, R. High temperature drying installations. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v. 10, n. 4, p. 134-138, 1952.
- KOLLMANN, F.F.P., COTÉ, W.A. **Principles of wood science and technology solid wood.** New York: Springer, 1968. v. 1.
- KOZLIK, C.J. Effect of high-temperature drying softwoods on the mechanical properties of wood. In: RES. CONFERENCE. ON HIGH-TEMPERATURE DRYING EFFECTS ON MECHANICAL PROPERTIES OF SOFTWOOD LUMBER, 1976, Madison. **Proceeding...** Madison: USDA, 1976.

- _____. **Effect of Kiln conditions on the strength of Douglas-fir and Western hemlock.** For. Res. Lab. Oreg. State Univ., Corvallis. 1967. Rep D - 9.
- KUBLER, H. Role of moisture in hygrothermal recovery of wood. **Wood Science**, v. 5, n. 3, p. 198-204, 1973.
- _____. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, Farnham Royal, v. 10, n. 3, p. 61-119, 1987.
- LADELL, J. L. High-temperature drying of *yellow birch*. **For. Prod. J.**, v. 6, n. 11, p. 469-475, 1956.
- LUTZ, J.F.; PANZER, H.R. Potential of Brazil-nut for use as veneer. **USDA Forest Service**, Madison, 1969. (Não publicado)
- MACLEAN, J.D. Effect of heating in water on strength properties of wood. **American Wood Preservers' Association Proceedings**, v. 50, p. 253-281, 1954.
- _____. Effect of oven heating and hot pressing on strength properties of wood. **American Wood Preservers' Association Proceedings**, v. 51, p. 227-250, 1955.
- _____. Effect of steaming on the strength of wood. **American Wood Preservers' Association Proceedings**, v. 49, p. 81-112, 1953.
- MILLETT, M.; GERHARS, C. Accelerated aging, residual weight and flexural properties of wood heated in air at 115°C to 175°C: **Wood Science**, v. 4, n. 4, p. 193-201, 1972.
- PETRI, L.F. Hochtemperaturtrocknung von birken, aspen und lindenholz in überhitztem dampf bei atmosphärischen druck. From *destruktiv by kuebler in holz als roh-und*. **Werkstoff**, v. 22, n. 11, 38 p. 1963.
- PRATT, G.H. **Timber drying manual**. London: Department of the Environment, 1986. 122 p.
- ROSEN, H.N.; LAURIE, S.E. Mechanical properties of conventionally kiln-dried and pressure steam dried yellow-poplar and red oak. **For. Prod. J.**, v. 33, p. 123-134, 1983.
- ROSEN, H.N.; BODKIN, R.E. Development of a schedule for jet drying *Yellow-poplar*. **For. Prod. J.**, v. 31, n. 3, p. 39-44, 1981.
- ROZAS, E.M. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex Maiden) na direção de produtos com maior valor agregado**. 1993. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SALAMON, M. High-temperature drying and its effects on wood properties. **For. Prod. J.**, v. 19, n. 3, p. 27-34, 1969.
- SCHNEIDER, A. Investigations on the convection drying of lumber at extremely high temperature. Part II: drying degrade, changes in sorption, colour and strength of pine sapwood. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v. 31, p. 198-206, 1973.
- SEVERO, E.T.D. **Estudo sobre o efeito da vaporização nas propriedades e comportamento de**

- secagem da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maid.** 1998, 200p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SKAAR, C. Effect of high temperature on the rate of degradation and reduction of hygroscopicity of wood. In: RES. CONF. ON HIGH TEMPERATURE DRYING EFFECTS ON MECHANICAL, 1976, Madison. **Proceedings ...** Madison, 1976.
- SKOLMEN, R.G. Heating logs to relieve growth stresses. **For. Prod. J.**, Madison, v. 17, p. 41-42, 1967.
- STCP/INDUFOR. **Brasilian forest products Industry into the 21st century.** Curitiba, 1998.
- SUCHSLAND, O.; WOODSON, G.E. **Fiberboard manufacturing practices in the United States,** Madison: Forest Products Research Society, 1991. 263 p.
- SULZBERGER, P.H. **The effect of temperature on the strength of wood, plywood and glued joints.** Aust. Aeron. Sec. Consult. Com. Rep. 1953. 44 p. ACA-46.
- TOMASELLI, I. **The influence of high temperature drying on physical and mechanical properties of *Pinus radiata*.** 1977. 264p. Thesis (PhD) – University of Melbourne, Melbourne.
- U.S. FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook - wood as an engineering material.** Washington: U.S. Department of Agriculture, 1987. 466 p.
- WEIK, B.B., WENGERT, E.M.; SCHROEDER, J. *et al.* Practical drying techniques for yellow-poplar S-D-R filches. **For. Prod. J.**, Madison, v. 34, p. 39-44, 1984.