

Anelamento e vaporização de toras visando otimização do processo de secagem da madeira eucalipto

João Vicente de Figueiredo Latorraca¹, Ananias Francisco Dias Júnior², Gilmar Correia Silva³, José Henrique Camargo Pace¹, Alexandre Monteiro de Carvalho¹

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, BR 465, km 07 (Antiga Estrada Rio-SP), CEP 23851-970, Seropédica-RJ, Brasil. Caixa Postal 74527. E-mail: latorraca@hotmail.com; josehpace@gmail.com; almcarva@gmail.com

² Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Florestais, Av. Pádua Dias, 11, São Dimas, CEP 13418-900, Piracicaba-SP, Brasil. E-mail: ananiasjunior@gmail.com

³ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Estrada Bem Querer, km 4, Bairro Universitário, CEP 45031-300 - Vitória da Conquista-BA, Brasil. E-mail: gcsflorestal@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da secagem da madeira de *Eucalyptus pellita* previamente submetidas aos processos de anelamento e vaporização. A metodologia baseou-se na hipótese de que o uso das técnicas conjuntas de anelamento e vaporização diminuiriam os defeitos apresentados pela madeira serrada após a secagem. Doze árvores de *Eucalyptus pellita* foram coletadas e seccionadas em toras de três metros de comprimento. A metade destas passou pelo processo de anelamento radial e a outra metade foi vaporizada a 82 °C. Após o desdobro, as tábuas foram submetidas a secagem em estufa convencional utilizando um programa considerado severo para a madeira de eucalipto. O objetivo disso foi potencializar o aparecimento de defeitos e assim, analisar o efeito dos tratamentos na minimização dos mesmos. Pode-se concluir que a realização do anelamento e aplicação da vaporização melhorou a qualidade da madeira serrada sem comprometer o rendimento final. Os defeitos de encurvamento, arqueamento e encanoamento foram considerados leves, apesar da secagem severa.

Palavras-chave: Defeitos de secagem, qualidade da madeira, secagem severa

Log steaming and ringment for optimization of eucalyptus wood drying process

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the quality of lumber *Eucalyptus pellita* previously subjected to annealing processes, steaming and drying under severe drought. The methodology used was based on the hypothesis that the use of combined techniques girdling and spraying would reduce the defects in the lumber after drying. Twelve trees of *Eucalyptus pellita* were collected, sectioned into three logs 3.0 meters where half of the total spent by annealing (1/3 radius) and the other half were steamed until the center of the logs reached 82°C. Then the logs were split into boards by successive cuts tangential using a horizontal band saw. The boards went to a conventional drying oven, where a drying program considered severe for eucalyptus wood applied. After drying, it was determined the main defects occurred on tablets, such as cracking index, boards crook, boards bow, cup boards and presence of collapse. Overall, it was concluded that the completion of ring and application of spray improved the quality of lumber *Eucalyptus pellita* without compromising the final yield of the material. Defects in curving, arching and curling were considered mild, despite the severe drying.

Key words: Drying defects, wood quality, severe drying

Introdução

Dentre as espécies plantadas que abastecem a indústria madeireira, as do gênero *Eucalyptus* estão entre as mais importantes no Brasil, devido aos atributos que apresentam, especialmente em relação a velocidade de crescimento, facilidade de implantação em grandes maciços, rusticidade e também pela gama de aplicação de sua madeira.

As espécies do gênero *Eucalyptus* são amplamente plantadas no Brasil, onde a sua principal utilização é destinada ao abastecimento das indústrias de celulose, de carvão vegetal, de chapas de partículas/fibras e madeira serrada. De acordo com o relatório anual do Instituto Brasileiro de Árvores (IBA, 2014), em 2013 a área plantada no país atingiu 7,6 milhões de hectares, crescimento de 2,8% comparado ao ano anterior, onde as áreas cultivadas com eucalipto ocuparam, cerca de 5,32 milhões de hectares, principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Mato Grosso do Sul. Desta forma, Carvalho et al. (2010), atribuem as espécies florestais de rápido crescimento, como as do gênero *Eucalyptus*, potenciais substitutos da madeira oriunda de florestas naturais para a obtenção de produtos sólidos, como os gerados em serrarias.

As propriedades da madeira variam em função das regiões de plantio, da idade, da taxa de crescimento e da proporção de madeira juvenil (Ramos et al., 2011; Vidaurre et al., 2011). Para Santos et al. (2010) as variações da qualidade da madeira de eucalipto ocorrem em sua estrutura anatômica, composição química e propriedades físicas, podendo ser detectadas, também, em níveis inter e intraespecífico.

É comum a ocorrência de diversos problemas na madeira de eucalipto para ser utilizada na indústria moveleira, como elevada retratibilidade, propensão ao colapso durante a secagem e a presença de tensões de crescimento, que provocavam rachaduras e empenamentos dos produtos acabados (Teixeira et al., 2009; Dias Júnior et al., 2013).

Madeiras de eucalipto são de secagem lenta e difícil devido à permeabilidade reduzida, onde o conhecimento das suas variações pode beneficiar a qualidade dos seus produtos quando expostas as condições de secagem. Todavia, programas severos de secagem podem implicar no aumento de incidência de arqueamento e rachaduras de topo (Souza et al., 2012). Para Eleotério & Silva (2012) deve-se buscar o equilíbrio entre as taxas de secagem, produtividade e qualidade do sistema. Segundo Coneglian et al. (2009) a vaporização da madeira é uma técnica que tem sido explorada para uma grande variedade de propósitos. Estes incluem o aumento da permeabilidade e melhoramento na estabilidade dimensional através do alívio das tensões de crescimento.

O anelamento também é uma técnica que tem sido utilizada visando diminuir as tensões de crescimento em espécies que as apresentam. Esta técnica consiste em efetuar um corte com motosserra em torno do tronco, antes da derrubada e na posterior confecção dos toretes. A distância entre o anelamento e o topo da tora é menor quanto mais profundo for o anelamento. Sales (1986) concluiu que o nível 0 (zero) de tensões se localiza a uma distância média de 70% do raio da tora, partindo da medula. A eficiência do anelamento com motosserra aumenta com o aumento de sua profundidade.

Para Souza et al. (2012), a secagem é uma fase de grande importância nos processos de transformação da madeira em produtos, pois proporciona, entre outras vantagens, melhoria das características de trabalhabilidade e redução tanto da movimentação dimensional como da possibilidade de ataque por fungos e insetos. Calonego et al. (2014) destacam que a difícil secagem da madeira de eucalipto ocorre devido à baixa permeabilidade, a qual é responsável pelo acentuado gradiente de umidade e conseqüente formação de tensões de secagem.

Abaixo do ponto de saturação das fibras até a madeira atingir o teor de umidade final de 10-12%, a secagem da madeira de eucalipto não é mais problemática e a temperatura pode ser aumentada. Entretanto, Calonego & Severo (2007) avaliam que o emprego de programas de secagem caracterizados como suaves aumentam o tempo de secagem e oneram o processo produtivo. Os defeitos que ocorrem na madeira durante a secagem causam significativos prejuízos para quem seca madeira e desestimula a utilização de determinadas espécies susceptíveis a esses defeitos; contribuindo para a exploração seletiva, responsável pelo reduzido número de espécies atualmente comercializadas.

Considerando o exposto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus pellita* F. Muell previamente submetidas às técnicas de anelamento e vaporização frente a um programa de secagem severo.

Material e Métodos

Material de estudo

Foram coletadas doze árvores da espécie *Eucalyptus pellita*, com aproximadamente 25 anos de idade, provenientes de um plantio experimental com espaçamento inicial de 3 x 2 m localizadas no Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, cidade de Seropédica-RJ. Metade das árvores foi anelada anteriormente ao abate a 1/3 do raio a 10 cm da base e 10 cm do local de seccionamento, conforme Figura 1.

As mesmas foram divididas em três toras de 3 m (base, centro e topo) e encaminhadas ao Laboratório de Física e Secagem da Madeira, onde parte delas passou pelo processo de vaporização (aneladas e não aneladas). A distribuição das toras em função do tratamento aplicado é apresentada na Tabela 1.

Vaporização das toras

O processo de vaporização foi aplicado visando avaliar o efeito deste na liberação das tensões de crescimento da madeira

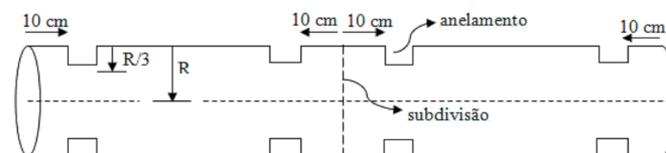


Figura 1. Esquema de anelamento das toras

Tabela 1. Distribuição das toras em função do tratamento aplicado

Tratamento	Anelamento	Vaporização	Secagem
TAV	Sim	Sim	Estufa
TA	Sim	Não	
TV	Não	Sim	Convencional
TN	Não	Não	

e posteriormente nos defeitos apresentados após a secagem. As toras foram acondicionadas em estufa convencional com capacidade de 4 m³ alternando as toras pertencentes às partes das árvores (base, centro e topo).

O vapor aplicado foi gerado por uma caldeira elétrica de capacidade de 12 kg de vapor hora⁻¹. A temperatura de vaporização máxima aplicada foi de 82 °C até que chegasse ao centro das toras monitoradas com cabos termopar tipo J, ligados a um módulo digital de sinais com 8 canais, sendo 2 para o ambiente, um na parte superior da carga e outro na parte inferior (Figura 2). Para Irvine (1984) e Paula et al. (2013) esta temperatura para diversas espécies é a mais próxima da zona de transição vítrea da madeira (60 a 90 °C).

Para o monitoramento da temperatura no interior da tora, foi realizado um furo no centro das mesmas para acomodação dos cabos termopar tipo J e vedados com camadas de serragem, silicone e resina durepox (Figura 3).

Desdobro das toras

No pátio da serraria, as toras foram destopadas para a retirada do anelamento e foram mensuradas as seguintes

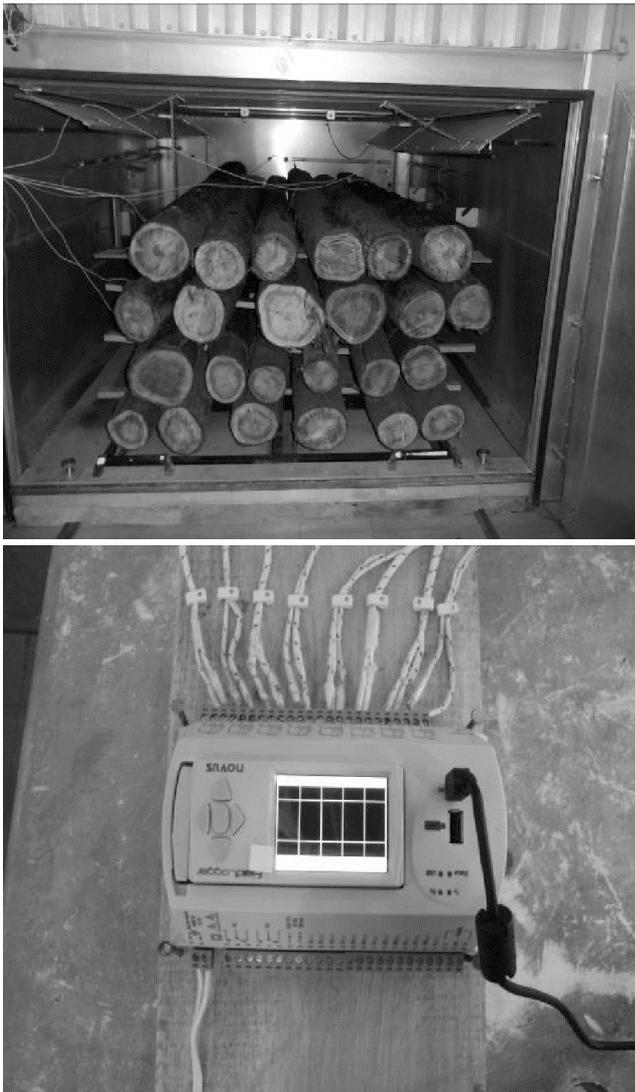


Figura 2. Carga de toras acondicionadas em estufa para vaporização e módulo receptor de dados

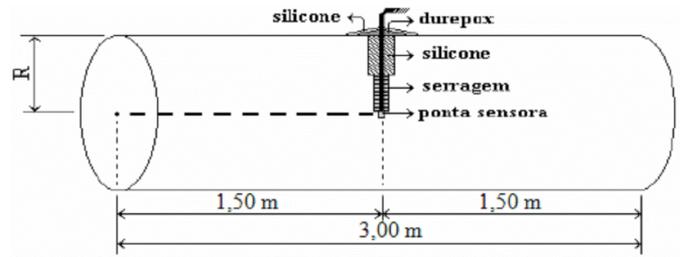


Figura 3. Esquema de acomodação do cabo termopar no centro da tora (Fonte: Calonego, 2004)

variáveis: comprimento, utilizando retas ortogonais e diâmetros sem casca, realizando-se duas medições, perpendiculares entre si.

Em seguida as toras passaram pelo desdobro em serra de fita horizontal modelo MCA 600. O sistema de desdobro utilizado foi de cortes paralelos, com retirada de uma costaneira, giro de 180° e retirada de mais uma costaneira, transformando a tora em um semibloco. Posteriormente foram realizados cortes sucessivos gerando tábuas com espessura nominal de 2,5 cm (Figura 4).

Secagem severa da madeira

As tábuas obtidas do desdobro foram numeradas uma a uma e conduzidas para a estufa de secagem convencional e entabecadas de forma gradeada. Para a secagem foi utilizado um programa considerado severo (elevada temperatura) para madeira de eucalipto, em que se manteve a temperatura de bulbo seco (TBS) a 82 °C variando-se umidade relativa do ar, conforme apresentado na Tabela 2.

A umidade final da madeira foi de 12% e o tempo de aquecimento foi em torno de 6 horas, suficiente para que o centro da peça atingisse a temperatura de 82 °C.

Após essa etapa de secagem, as dimensões de comprimento, largura e espessura foram coletadas. De posse desses dados, foram calculados os rendimentos de desdobro em madeira seca (RMSs), tendo como base a Eq. 1.

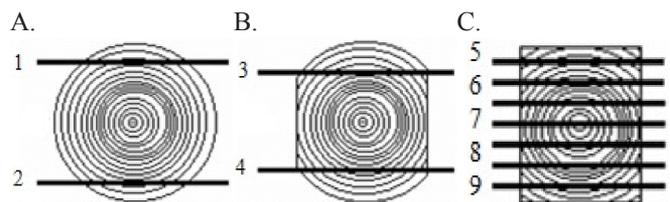


Figura 4. Sistema de desdobro utilizados nas toras

Tabela 2. Programa de secagem utilizado para madeira de *Eucalyptus pellita*

Teor de umidade (%)	Tempo (h)	TBS (°C)	TBU (°C)	UR (%)	UE (%)	PS
Vaporização Inicial	6	82	82	100	*	*
>60	*	82	81,5	98	20	3
60-50	*	82	80,5	93	17	2,9
50-40	*	82	78,5	85	13	2,9
40-30	*	82	75	73	10	2,9
30-20	*	82	70	58	7	2,8
20-12	*	82	52	23	3	2,8
Uniformização	6	82	72	100	8	*
Condicionamento	6	79	59	100	8	*

Em que: TBS = temperatura do bulbo seco, °C; TBU = temperatura do bulbo úmido, °C; UR = umidade relativa, %; UE = umidade de equilíbrio, %; PS = potencial de secagem.

$$R(\%) = \frac{\sum \text{Vol. (m}^3\text{) das tábuas}^1}{\sum \text{Vol. (m}^3\text{) das toras}^2} \quad (1)$$

em que:

- R% - rendimento em madeira serrada
 (1) - somatória do volume das tábuas produzidas secas
 (2) - volume inicial determinado na cubagem da tora.

Avaliação de defeitos da madeira após a secagem em estufa

A avaliação do comportamento das peças frente às condições de secagem artificial impostas foi feita pela análise de defeitos. Inicialmente foi quantificada a porcentagem dos defeitos para cada um dos tratamentos propostos. Após essa fase, os defeitos foram quantificados em cada uma das tábuas acometidas. Foram obtidos os Índices de rachamento (IR) que expressa a porcentagem do comprimento da tábua que sofreu rachadura; calculado com auxílio da Eq. 2.

$$IR(\%) = \frac{cr_1 + cr_2}{ct} \times 100 \quad (2)$$

em que:

- IR% - índice de rachamento na tábua
 cr_1 - comprimento da racha mais longa em uma extremidade
 cr_2 - comprimento da racha mais longa na outra extremidade
 ct - comprimento total da tábua.

As rachaduras superficiais, também chamadas de fendilhado, foram avaliadas nas tábuas como: ausentes ou presentes. As rachas nas extremidades além de possibilitar a determinação do índice de rachamento, permitiram a avaliação das peças quanto à presença ou ausência do defeito, o que possibilita a análise da porcentagem de rachamento que ocorreu no total de tábuas produzidas.

O colapso também foi avaliado nas peças como ausente ou presente de acordo com sua extensão e intensidade. A ocorrência de nós nas tábuas, também foi quantificada seguindo o mesmo procedimento feito para o colapso.

Foram mensurados os seguintes tipos de empenamentos: encurvamento (E), arqueamento (A) e encanoamento (Ec). O encurvamento e arqueamento são expressos em relação ao comprimento da peça, sendo medido o ponto de maior ocorrência do defeito, como mostra as Figuras 5 e 6.

O encanoamento da peça em função da sua largura é expresso em mm. Este foi determinado esticando-se um barbante como mostra a Figura 7.

Ao final das avaliações, os resultados obtidos foram discutidos seguindo as descrições feitas por Severo (2000) mostradas na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação dos defeitos para madeira submetida à secagem

Intensidade	Rachaduras (IR%)	Encurvamento (mm m ⁻¹)	Arqueamento (mm m ⁻¹)	Encanoamento (mm)
Leve	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≤ 4
Forte	> 10	> 5	> 5	> 4

Fonte: Adaptado de Severo (2000).

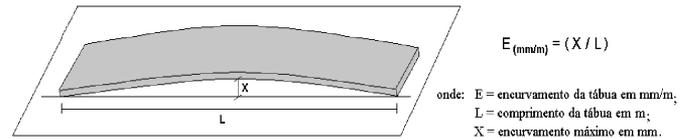


Figura 5. Determinação do encurvamento das peças (Fonte: Carvalho, 2000)

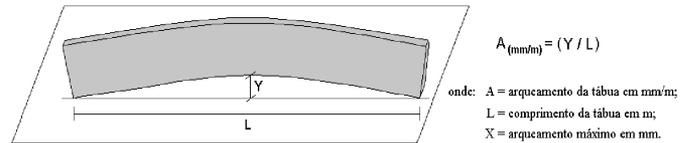


Figura 6. Determinação do arqueamento das peças (Fonte: Carvalho, 2000)

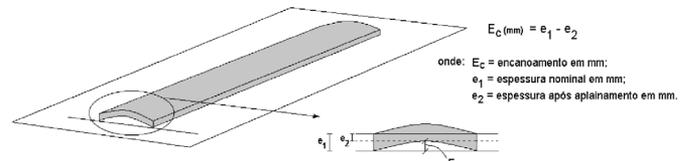


Figura 7. Cálculo do encanoamento das peças (Fonte: Carvalho, 2000)

Análise dos dados

Inicialmente os dados foram testados quanto a normalidade (Shapiro Wilk) e homocedasticidade das variâncias (Levene). Em seguida, efetuou-se a análise de variância para os quatro tratamentos avaliados (Tabela 1), adotando-se o nível de 95% de probabilidade e utilizou-se, quando pertinente, para a comparação entre as médias dos tratamentos, o teste de Tukey. Todos os testes foram realizados a 95% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Rendimento de madeira serrada

Nota-se que o tratamento TV (toras vaporizadas) apresentou o menor valor para rendimento em madeira serrada seca (Tabela 4). Isso ocorreu devido aos altos índices de tábuas que racharam ao meio após a secagem convencional, contabilizadas como perda total, não entrando no cálculo final do rendimento.

Para os tratamentos que foram realizados a técnica de anelamento (TAV e TA), obtiveram-se os maiores valores para

Tabela 4. Valores médios das variáveis dendrométricas e tecnológicas de *Eucalyptus pellita*

Tratamento	VT c/c (m ³)	VMSs c/c (m ³)	RMSs c/c (%)
TAV	0,83	0,3526	42,48 a
TA	0,45	0,2034	44,75 a
TV	1,09	0,3975	36,44 b
TN	1,16	0,4720	39,52 b

Em que: TAV = aplicou-se anelamento e vaporização; TA = aplicou-se somente o anelamento; TV = aplicou-se somente a vaporização; TN = livre de processos de anelamento e vaporização. VT c/c = Volume com casca das toras; VMSs c/c = Volume de madeira serrada seca com casca; RMSs c/c = Rendimento de madeira serrada seca com casca. Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade.

rendimento em madeira serrada, evidenciando a eficiência da técnica na prevenção de rachaduras das tábuas após a secagem severa. Em contrapartida, o tratamento em que foi aplicado somente a vaporização (TV) e o que não se aplicou nenhuma das técnicas (TN), apresentaram os menores valores de rendimento.

O rendimento médio de madeira serrada seca em estufa encontra-se próximo dos obtidos por Monteiro et al. (2013) e Santos (2008) que encontraram valores de 43,8% e 40,13% para as espécies de *Eucalyptus grandis* de 15 anos de idade e clone de *Eucalyptus urophylla* com 10 anos de idade. Para outras espécies de eucaliptos, como híbridos de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus urophylla*, Souza et al. (2007) encontraram valores de rendimento entre 38,57% e 37,05%, respectivamente. Para *Eucalyptus urophylla*, Scanavaca Junior & Garcia (2003) encontraram rendimento de 42,53% a 83,53%. Valores inferiores ao do presente trabalho foram encontrados para *Eucalyptus saligna* por Amparado et al. (2008), com médias de 26% a 24% para as condições verde e seca, respectivamente.

Com relação ao volume, as toras que foram aneladas apresentaram os menores valores dentre os demais tratamentos. Este fato é atribuído ao sorteio das toras, onde possivelmente este tratamento teve, em maior parte, toras pertencentes ao topo das árvores e assim, menores diâmetros e consequentemente menores volumes.

Pode-se observar ainda, que os tratamentos em que as árvores foram aneladas (tratamento TAV e TA) foram os que apresentaram menores volumes de toras. Este baixo volume refletiu nos volumes de madeira serrada (VMS) obtidas após o desdobro. Antes do desdobro das toras as partes aneladas foram retiradas, e assim não contabilizadas nos cálculos de volume e rendimento.

Defeitos da madeira

Observa-se que a ocorrência do índice de rachadura - IR (%) foi maior no tratamento em que empregou somente a vaporização (TV) e menor para o tratamento que efetuou o anelamento isoladamente (TA).

No entanto, o emprego das duas técnicas apresentou valores aceitáveis quando comparado ao estudo de Calonego & Severo (2004). Esses autores tiveram 65,4% das tábuas de *Eucalyptus grandis* acometidas com rachaduras fortes após o emprego de anelamento, vaporização e submetidas à secagem em programa mais suave do que o empregado neste trabalho.

Para a presença de rachas superficiais, nota-se que em praticamente todas as tábuas ocorreram esse defeito. Apesar da aplicação de vapor e realização do anelamento em alguns tratamentos, as tábuas de *Eucalyptus pellita* não se comportaram bem frente à secagem severa. Dias Júnior et al. (2013), encontrou densidade básica média para a madeira de *Eucalyptus pellita* com 25 anos de idade de 0,815 g cm⁻³. Sendo assim, o material utilizado neste estudo apresenta densidade média-alta, e programas mais brandos são os recomendados para madeira desta densidade.

Klitzke & Batista (2010) salientam que a densidade básica da madeira correlaciona diretamente com a sua permeabilidade e retratibilidade e esta com a incidência de defeitos como as

rachaduras. Dessa forma, espera-se que madeiras de densidade média-alta apresentem porcentagens significativas de defeitos após a secagem. Na operação de aplainamento este defeito pode ser reduzido, pois geralmente uma face de tábua é mais prejudicada do que a outra.

As rachas situadas nas extremidades das tábuas são as mais prejudiciais; estas podem ocorrer desde o abate das árvores, quando algumas toras já sofrem imediatamente os efeitos da liberação de tensões até então em equilíbrio na árvore viva. Neste estudo, as rachas nas extremidades foram maiores nas tábuas provenientes de toras que não foram aneladas e nem vaporizadas (TN). Porém, mesmo em menor magnitude, ocorreram em tábuas aneladas e vaporizadas (TAV) conforme mostrada na Tabela 5.

Apesar dos altos valores de colapso na madeira, sua maior ocorrência foi em tábuas que não foram vaporizadas. No entanto, Severo (2000) afirma que tal defeito pode ser amenizado com a aplicação de vapor na fase de acondicionamento.

A ocorrência de nós na madeira serrada foi decrescente para os tratamentos TAV, TA, TV e TN. Todavia, a ocorrência de nós é uma característica a qual deve ser conduzida na fase de tratamentos silviculturais, porém a presença dos nós vivos praticamente não desqualifica a madeira serrada para nenhuma de suas utilizações.

Na Tabela 6 verifica-se que o valor médio do IR (%) teve a menor média para o tratamento que não empregou uso conjunto das técnicas de anelamento e aplicação de vapor (TN).

Os índices de Rachaduras (IR) foram de 14,53 a 33,96%, significando um aumento de 57,21% entre os tratamentos TAV e TN. As aplicações das técnicas conjuntas de aplicação de vapor e realização de anelamento não refletiram positivamente nas tábuas após secagem severa para diminuição deste defeito.

Tabela 5. Valores médios para as variáveis estudadas na madeira serrada de *Eucalyptus pellita*

Defeitos avaliados	TAV	TA	TV	TN
Índice de Rachadura (% de tábuas)	48,48	45,42	87,81	72,62
Rachas Superficiais (% de tábuas)				
Ausentes	4,0	4,60	8,90	22,45
Presentes	96	95,40	91,10	77,55
Rachas nas Extremidades (% de tábuas)				
Ausentes	97,79	94,54	88,88	62,48
Presentes	2,21	5,46	11,20	37,52
Colapso (% de tábuas)				
Ausentes	52,94	57,14	17,14	40,48
Presentes	47,06	42,86	82,86	59,52
Nós (% de tábuas)	93,93	90,47	87,87	51,51

Em que: TAV = aplicou-se anelamento e vaporização; TA = aplicou-se somente o anelamento; TV = aplicou-se somente a vaporização; TN = livre de processos de anelamento e vaporização.

Tabela 6. Valores médios para os defeitos avaliados nas tábuas de *Eucalyptus pellita*

Tratamentos	IR (%)	E (mm m ⁻¹)	A (mm m ⁻¹)	Ec (mm)
TAV	33,96 (27,28) a	2,67 ^{ns} (2,14)	0,15 ^{ns} (0,13)	0,77 ^{ns} (0,68)
TA	17,87 (13,70) b	1,75 ^{ns} (1,37)	1,19 ^{ns} (1,12)	0,53 ^{ns} (0,47)
TV	27,07 (18,29) ab	1,82 ^{ns} (1,09)	1,14 ^{ns} (1,08)	0,67 ^{ns} (0,75)
TN	14,53 (9,79) b	2,34 ^{ns} (1,85)	1,48 ^{ns} (5,15)	0,56 ^{ns} (0,41)

Em que: Em que: TAV = aplicou-se anelamento e vaporização; TA = aplicou-se somente o anelamento; TV = aplicou-se somente a vaporização; TN = livre de processos de anelamento e vaporização; IR = Índice de Rachadura; E = Encurvamento; A = Arqueamento; Ec = Encanoamento; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

A maior média do IR observada para o tratamento TAV (33,96%) foi do ponto de vista estatístico igual ao tratamento TV (27,07%). Esperava-se que o tratamento em que foi realizado o anelamento (TAV) apresentasse redução significativa para o IR. Considerando o médio valor do coeficiente de variação obtido, atribui a esta observação a interferência da espécie estudada. Lima et al. (2013) salientam que existe um alto controle genético nas rachaduras das extremidades de tábua, tendo, o fator ambiental pouco controle sobre estas. As menores médias e a não ocorrência de diferença estatística entre os tratamentos TA e TN (não receberam a vaporização prévia), indica que a técnica de anelamento diminuiu sensivelmente o índice desse defeito para a madeira da espécie avaliada.

O encurvamento (E) não inviabiliza a utilização da madeira nas proporções obtidas no trabalho, onde obteve valores entre 1,75 mm m⁻¹ (TA) a 2,67 mm m⁻¹ (TAV). Para a utilização em movelaria, por exemplo, tanto o aplainamento das peças como a pregação pode eliminar o encurvamento das tábuas, ripas ou sarrafos. Embora a confecção da pilha de secagem tenha sido feita criteriosamente não houve redução do defeito na avaliação em condição seca ora avaliada.

O arqueamento não se mostrou em média elevado nas tábuas produzidas (1,48 mm m⁻¹ maior valor detectado no TN), porém foram observadas toras que produziram peças praticamente sem o defeito, e peças com valores de até 5,90 mm m⁻¹. Sendo a madeira um material heterogêneo, e considerando que no presente estudo foram avaliadas toras seccionadas da base, meio e topo das árvores, estes valores são tecnicamente aceitáveis. Segundo Souza et al. (2012), o arqueamento pode estar associado a excentricidade natural das toras provocando um encurvamento do semibloco durante o desdobro.

Em função da largura das peças produzidas ser pequena, o encanoamento observado se mostrou bem reduzido, com médias variando entre 0,55 mm a 0,78 mm; várias tábuas apresentaram valores iguais a 0 para este defeito em todas tábuas produzidas. O encanoamento (Ec) corresponde a um defeito que pode ser completamente eliminado no aplainamento, mas que reduz com isso a espessura das peças produzidas.

Souza et al. (2012) afirmaram que existe um forte controle genético na expressão da característica arqueamento de tábuas e que o aprimoramento das técnicas de processamento e secagem podem contribuir de maneira significativa na viabilização da madeira desse gênero para uso na indústria madeireira.

Conclusões

O anelamento não influenciou negativamente no rendimento de madeira serrada para a espécie estudada;

A utilização conjunta da vaporização e do anelamento diminuíram sensivelmente ocorrência dos defeitos de secagem nas tábuas após secagem severa;

Analisando os processos individualmente, o anelamento mostrou-se mais eficiente que o processo de vaporização na prevenção de defeitos de secagem; e,

Apesar da utilização de programa severo, os defeitos de encurvamento, arqueamento e encanoamento foram considerados como leves de acordo com a metodologia utilizada.

Agradecimentos

A Fundação Carlos Chagas (FAPERJ) pelo financiamento do projeto, ao Instituto de Florestas da UFRRJ e aos Técnicos e Funcionários dos Laboratórios de Física e Processamento da Madeira do Departamento de Produtos Florestais-UFRRJ.

Literatura Citada

- Amparado, K. F.; Carvalho, A. M.; Garcia, R. A.; Latorraca, J. V. F. Caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Smith nas condições verde e seca. Revista Venezolana, v.52, n.1, p.71-76, 2008. <http://www2.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0556-66062008000100008&lng=es&nrm=iso/&tlng=es>. 02 Fev. 2014.
- Calonego, F. W.; Severo, E. T. D. Influência da posição diametral das tábuas e da vaporização nos defeitos de secagem de *Eucalyptus grandis*. Cerne, v.13, n.1, p.10-18, 2007. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74413102>> 12 Mar. 2014.
- Calonego, F. W.; Severo, E. T. D.; Latorraca, J. V. F. Effect of thermal modification on the physical properties of juvenile and mature Woods of *Eucalyptus grandis*. Revista Floresta e Ambiente, v.1, n.21, p.108-113, 2014. <<http://dx.doi.org/10.4322/loram.2014.004>>.
- Calonego, F. W. Estimativa do tempo de vaporização das toras e sua implicação no desdobro e na secagem da madeira de *Eucalyptus grandis*. Botucatu-SP: Universidade Estadual Paulista, 2004. 131p. Dissertação Mestrado. <<http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/90556>>. 29 Jan. 2015.
- Calonego, F. W.; Severo, E. T. D. Efeito da vaporização de toras na secagem da madeira de *Eucalyptus grandis*. Floresta e Ambiente, v.11, n.1, p.7-13, 2004. <<http://www.floram.org/files/v11n1/v11n1a2.pdf>>. 02 Mar. 2014
- Carvalho, A. M. Valorização da Madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. 129p. Dissertação Mestrado.
- Carvalho, A. M.; Gonçalves, M. P. M.; Amparado, K. F.; Latorraca, J. V. F.; Garcia, R. A. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. Revista Árvore, v.34, n.2, p.323-331. 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200015>>.
- Coneglian, A.; Severo, E. T. D.; Calonego, F. W.; Bortoletto Júnior, G. Estimativa do tempo de aquecimento de toras de *Eucalyptus grandis* em água quente. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, v.8, n.13, p.26-35, 2009. <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/o5FJBG6myd5o6hi_2013-4-29-10-21-25.pdf>. 15 Dez. 2013
- Dias Júnior, A. F.; Santos, P. V.; Pace, J. H. C.; Carvalho, A. M.; Latorraca, J. V. F. Caracterização da Madeira de Quatro Espécies Florestais para Uso em Movelaria. Ciência da Madeira, v.4, n.1, p.93-107, 2013. <<http://10.12953/2177-6830.v04n01a08>>. 02 Set. 2013.

- Eleotério, J. R.; Silva, C. M. K. Comparação de programas de secagem para Cumaru (*Dipteryx odorata*), Jatobá (*Hymenaea* spp) e Muiracatiara (*Astronium lecointei*) obtidos por diferentes métodos. *Scientia Forestalis*, v.40, n.96, p.537-545, 2012. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr96/cap12.pdf>>. 12 Mar. 2014
- Instituto Brasileiro de Árvores-IBA. Empresa de Pesquisa Energética. Relatório anual: ano base 2013. São Paulo: IBA, 2014. 97p. <http://www.iba.org/shared/iba_2014_pt.pdf>. 08 Jan. 2015.
- Irvine, G. The glass transitions of lignin and hemicellulose and their measurement by differential thermal analysis. *Journal Tappi*, v.67, n.5, p.116-121, 1984.
- Klitzke, R. J.; Batista, D. C. Ensaio de taxa de secagem e escore de defeitos para a predição da qualidade de secagem convencional da madeira de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis*, v.38, n.85, p.97-105, 2010. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr85/cap09.pdf>>. 01 Mar. 2014
- Lima, I. L.; Freitas, J. A.; Garcia, J. N. Influência da classe diamétrica nos índices de rachadura da madeira em *Liquidambar styraciflua*. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, n.20, v.1, p.117-123, 2013. <<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.064>>.
- Monteiro, T. C.; Lima, J. T.; Silva, J. R. M.; Trugilho, P. F.; Andrade, B. C. L. Avaliação do desdobro de toras de *Eucalyptus* para obtenção de peças estruturais. *Cerne*, v.19, n.3, p.357-364, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000300001>>. 05 Fev. 2014
- Paula, M. O.; Loiola, P. L.; Moreira, G. R.; Segundinho, P. G. A. Análise termomecânica da madeira de *Corymbia citriodora* submetida a gradientes térmicos. *Floresta e Ambiente*, v.21, n.3, p.358-368, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.03261>>. 12 Dez. 2014.
- Ramos, L. M. A.; Latorraca, J. V. F.; Pasto, M. S.; Souza, M. T.; Garcia, R. A.; Carvalho, A. M. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto Radial. *Scientia Forestalis*, v.39, n.92, p.411-418, 2011. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr92/cap03.pdf>>. 29 Jan. 2015.
- Sales, C. G. Growth stresses: main results obtained on the study of guyana species and consequences for and use. In: IUFRO World Congress, 18., Ljubljana, 1986. Proceedings... Ljubljana: IUFRO, 1986. v.5, p.234-248.
- Santos, F. W.; Moraes, M. L. T.; Florsheim, S. M. B.; Lima, I. L.; Silva, J. M.; Freitas, M. L. M.; Sebbenn, A. M. Variação genética para caracteres anatômicos e retração volumétrica e sua correlação com a densidade básica da madeira em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. *Scientia Forestalis*, v.38, n.86, p.159-170, 2010. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr86/cap04.pdf>>. 31 Dez. 2013
- Santos, I. S. Avaliação da madeira de *Eucalyptus* sp para produção de piso a partir de toras de pequenos diâmetros. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. 66p. Dissertação Mestrado. <<http://repositorio.ufla.br/handle/1/2452>>. 29 Jan. 2015.
- Scanavaca Junior, L.; Garcia, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis*, n.63, p.32-43, 2003. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr63/cap03.pdf>>. 23 Jan. 2014
- Severo, E. T. D. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. *Ciência Florestal*, v.10, n.1, p.109-124, 2000. <<http://coral.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v10n1/art8v10n1.pdf>>. 18 Jan. 2014
- Souza, A. N.; Oliveira, A. D.; Scolforo, J. R. S.; Mello, J. M.; Carvalho, L. M. T. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de eucalipto cultivado em sistema agroflorestal. *Cerne*, v.13, n.2, p.222-238, 2007. <http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/16-02-20095029v13_n2_artigo%2011.pdf>. 02 Ago. 2013
- Souza, J. T. T.; Trevisan, R.; Denardi, L.; Stangerlin, D. M.; Vivian, M.A.; Haselein, C.; R.; Santini, E. J. Qualidade da madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. *Cerne*, v.18, n.2, p.167-174, 2012. <<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v18n1/20.pdf>>. 02 Jan. 2014
- Teixeira, T. O. B.; Silva, M. L.; Jacovine, L. A. G.; Valverde, S. R.; Silva, J. C. S.; Pires, V. A. P. A percepção sobre o uso da madeira de eucalipto pelos fabricantes do polo moveleiro de Ubá-MG. *Revista Árvore*, v.33, n.5, p.969-975. 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000500019>>. 17. Mar. 2014
- Vidaurre, G.; Lombardi, L. R.; Oliveira, J. T. S.; Arantes, M. D. C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente*, v.18, n.4, p.469-480, 2011. <<http://www.floram.org/files/v18n4/v18n4a13.pdf>> 29 jan. 2015.