

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DE MATÉRIA-PRIMA DE *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage POR MEIO DE DIFERENTES MÉTODOS DE DESDOBRÓ¹

Alexsandro Bayestorff da Cunha², Martha Andreia Brand², Romullo Luiz Simão³, Sabrina Andrade Martins⁴, Rui André Maggi dos Anjos⁵, Paula Gabriella Surdi⁶ e Marcos Benedito Schimalski²

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi determinar o rendimento da matéria-prima de *Eucalyptus benthamii*, por meio dos desdobros tangencial e radial, além da classificação das toras quanto à presença das rachaduras de topo. A classificação das toras quanto às rachaduras foi realizada por meio da análise visual, em que era aplicado um conceito conforme a intensidade do defeito. Posteriormente, as toras foram separadas em duas classes diamétricas (20 a 25 e 25,1 a 30 cm) e processadas em três sistemas de desdobro (tangencial em bloco, radial e tangencial em bloco com face curva), sendo cada tratamento composto por três repetições com 10 toras cada um. Na análise estatística dos dados de rendimento, foram aplicados o teste de Kolmogorov Smirnov, a Análise da Variância e o teste de Tukey. Nos resultados, foi observado que a maioria das toras da classe de menor diâmetro apresentou intensidade mediana, enquanto na maior classe diamétrica a intensidade foi baixa. Os rendimentos médios líquidos encontrados foram de 43,5% e 39,2% nas classes inferior e superior, respectivamente, os quais foram influenciados pelas rachaduras das peças e pelos destopos. Observou-se que o desdobro tangencial em bloco e em face curva foram os métodos que apresentaram maior aproveitamento em madeira serrada na classe de 20 a 25 cm, enquanto na classe de 25,1 a 30 cm o sistema tangencial em bloco e radial foi equivalente.

Palavras-chave: *Eucalyptus* spp; Desdobro radial e tangencial; Qualidade da madeira.

DETERMINATION OF YIELD OF RAW MATERIAL OF *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage BY DIFFERENT SAWING METHODS

ABSTRACT – The aim of this study was to determine the yield of raw material of *Eucalyptus benthamii* through the tangential and radial sawing, besides classifying the logs for the presence of end splits. The classification of logs as for the splits was accomplished by means of visual analysis, using a concept which was applied according to the intensity of the defect. Subsequently, the logs were separated into two diametric classes (20 to 25, and 25.1 to 30 cm) and processed in three sawing systems (tangential block, radial and tangential block with curved face), each treatment consisting of 3 replicates with 10 logs each. Statistical analysis of yield data was carried out using the Kolmogorov Smirnov test, Analysis of Variance and Tukey test. In the results it was observed that most of the logs of smaller diameter class presented median intensity, whereas for larger diameter class, the intensity was low. The average net yields found were 43.5% and 39.2% for

¹ Recebido em 25.04.2013 aceito para publicação em 07.04.2015.

² Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Departamento de Engenharia Florestal, Lages, SC - Brasil. E-mail: <alexsandro.cunha@udesc.br>, <martha.brand@udesc.br> e <marcos.schimalski@udesc.br>.

³ Klabin S.A., Otacilio Costa, SC - Brasil. E-mail: <rlsimao@klabin.com.br>.

⁴ Soluções e Inovações em Tecnologias de Madeiras, Lages, SC - Brasil. E-mail: <sabrina@solumad.com.br>.

⁵ Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Industrial Madeireira, Curitiba, PR - Brasil. E-mail: <rui.maggi@gmail.com>.

⁶ Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Graduada em Engenharia Florestal, Lages, SC - Brasil. E-mail: <paulasurdi@hotmail.com>.



the lower and upper classes, respectively, which were influenced by the splits of parts and the trimming. It was observed that the tangential sawing block and curved face were the methods that presented greater use of lumber of the class 20 to 25 cm, while in the class 25.1 to 30 cm, the block and radial tangential system were equivalent.

Keywords: Eucalyptus spp; Radial and tangential sawing; Wood quality.

1. INTRODUÇÃO

Segundo relatório da ABRAF (2013), o setor florestal contou no ano 2012 com uma área plantada de pinus (23,4%) e eucalipto (76,6%) de 6.664.812 ha, valor bruto da produção de R\$56,3 bilhões, recolhimento de tributos de R\$7,6 bilhões, 1.941.264 empregos diretos e indiretos e 7,5 bilhões de dólares em exportações.

Entre as espécies de *Eucalyptus*, uma que vem se destacando na Região Sul do Brasil, especialmente nos Estados de Santa Catarina e do Paraná, é o *Eucalyptus benthamii*, devido à sua resistência a baixas temperaturas e tolerância a geadas, alcançando, assim, boa adaptação aos plantios no Sul. Dessa forma, essas regiões com invernos rigorosos teriam mais uma opção de espécie florestal de rápido crescimento para abastecer o segmento de mercado (EISFELD; BERGER, 2012).

Segundo Nisgoski et al. (1998), o *Eucalyptus benthamii* é originário da cidade de Camden, Austrália, e foi introduzido no Brasil pela Embrapa/Florestas no ano 1988, mais precisamente no Estado de Santa Catarina, sendo atualmente utilizado em extensos programas de reflorestamento. Higa e Pereira (2003) citaram que, em Colombo, PR, o *E. benthamii* procedência Wentworth Falls (NSW) apresentou, aos 8 anos de idade, altura média de 21,7 m e DAP médio de 18,2 cm. Higa e Carvalho (1990) observaram, na região de Dois Vizinhos, PR, sobrevivência de 70%, altura média de 16 m e DAP médio de 15 cm, aos 45 meses de idade, mostrando o grande potencial da espécie.

A madeira da espécie apresenta densidade básica de 0,5 g/cm³, cerne e alborno distintos, cerne de cor marrom-avermelhada e alborno amarelo-rosado; textura fina a média, grã irregular, cheiro e gosto imperceptíveis; superfície levemente brilhante em luz adequada; e anéis de crescimento indistintos (NISGOSKI et al., 1998).

Higa e Pereira (2003) relataram que os resultados referentes à qualidade da madeira indicam o uso potencial da espécie como lenha, carvão e celulose. O uso da madeira de *Eucalyptus benthamii* para serraria não é aconselhável, pois, além das rachaduras de topo das

toras e tábuas, apresenta empenamentos e rachaduras internas durante a secagem. No entanto, os trabalhos apresentados até o momento envolveram reflorestamentos jovens (8 anos), situação diferente da encontrada na região da serra catarinense. Nessa região, muitos produtores florestais têm povoamentos da espécie com idade em torno de 13 anos e necessitam de informações mais precisas a respeito dessa madeira, com a finalidade de gerar maior agregação de valor à sua matéria-prima no setor de base florestal para uso como madeira sólida e painel de madeira reconstituída até energia e celulose.

Embora o eucalipto seja alternativa para o abastecimento da indústria madeireira, essa matéria-prima possui limitações próprias e inerentes às madeiras de florestas de rápido crescimento. A esse fato soma-se ainda a falta de conhecimentos tecnológicos, sendo apontados como principais entraves à utilização econômica das espécies do gênero.

Dessa forma, o objetivo do estudo foi avaliar o rendimento em madeira serrada de toras de *Eucalyptus benthamii* com 13 anos de idade, por meio de diferentes métodos de desdobro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada no experimento foi proveniente de reflorestamentos de *E. benthamii* com 13 anos de idade da empresa Klabin, os quais estavam localizados na cidade de Palmeira, SC. Foram utilizadas 150 toras com comprimento médio de 2,4 m e diâmetro variando de 20 a 30 cm. As atividades de colheita (derrubada, traçamento, desgalhamento) foram feitas de forma mecanizada, por meio de um *harvester*. Salienta-se que as toras ficaram estocadas na floresta por aproximadamente 20 dias e, no pátio da serraria, por mais 15 dias em função da logística das empresas para transportar as toras e desdobrar o material.

As toras foram divididas em duas classes diamétricas (20 a 25 cm – Classe 1 e 25,1 a 30 cm – Classe 2), sendo determinado o volume de cada uma

por meio da medição do diâmetro médio em três posições da tora (ponta fina, ponta grossa e meio) e do comprimento. Dessa forma, obtiveram-se cinco tratamentos com três repetições de 10 toras cada um, sendo:

- Tratamento 1: classe 20 a 25 cm, desdobro tangencial em bloco.
- Tratamento 2: classe 20 a 25 cm, desdobro radial.
- Tratamento 3: classe 20 a 25 cm, desdobro tangencial em bloco com face curva.
- Tratamento 4: classe 25,1 a 30 cm, desdobro tangencial em bloco.
- Tratamento 5: classe 25,1 a 30 cm, desdobro radial.

2.1. Classificação das toras quanto às rachaduras de topo

O procedimento utilizado para a classificação das 150 toras quanto à ocorrência de rachaduras foi visual, através do qual era atribuído um conceito (baixo, médio, alto), dependendo do comprimento, largura e profundidade da rachadura (Figura 1). A apresentação dos resultados foi feita pela porcentagem de toras que se enquadravam em cada conceito.

2.2. Determinação do rendimento de matéria-prima na serraria

Os tratamentos utilizados nesta etapa foram formados pelas duas classes diamétricas (20 a 25 cm e 25,1 a 30 cm) e por três sistemas de desdobro, conforme apresentado na Figura 2, na qual se pode compreender a posição dos cortes na tora e a forma de aproveitamento.

a) Desdobro tangencial em bloco: passagem das toras por um serra-fita simples, em que foi realizado um corte alternado. A costaneira foi reaproveitada em uma seqüência de duas serras-fita horizontais, e a peça

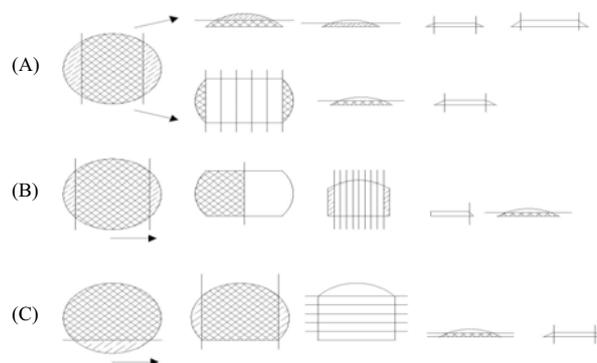


Figura 2 – Métodos de desdobro: (A) tangencial em bloco, (B) radial e (C) tangencial em bloco com face curva.

Figure 2 – Sawing methods: (A) tangential block, (B) radial and (C) tangential block with curved face.

resultante passou em uma refiladeira para dimensionamento em largura. Já o semibloco foi destinado a uma serra circular múltipla de dois eixos e, caso necessário, as peças resultantes do corte eram passadas na refiladeira.

b) Desdobro radial: da mesma forma que o tangencial, iniciou com a passagem das toras por uma serra-fita simples, em que foram retiradas duas costaneiras de pequena espessura, através do corte alternado. Essas costaneiras não puderam ser reaproveitadas em função da dimensão reduzida. O semibloco resultante dos dois primeiros cortes foi aberto ao meio na mesma serra, sendo as duas partes passadas em uma serra circular múltipla de dois eixos e em uma refiladeira para regularização das bordas.

Ambos os desdobros anteriores foram realizados em serras com perfil largo.



Figura 1 – Análise visual das rachaduras de topo para determinação do conceito. A: baixo, B: médio e C: alto.
Figure 1 – Visual analysis of end splits to determine the concept. A: low, B: medium and C: high.

c) Desdobro tangencial em bloco com face curva: inicialmente, as toras foram passadas em uma serra-fita horizontal, quando foi retirada uma costaneira na parte de baixo da tora. Na sequência, as toras passaram em uma serra-fita dupla, retirando duas costaneiras e obtendo o semibloco. A resserragem do semibloco foi feita em um conjunto de quatro serras-fita horizontais, já as costaneiras foram reaproveitadas em duas serras-fita horizontais e refiladas em uma serra circular múltipla de um eixo. Esse desdobro foi executado com serras com perfil estreito.

O desdobro tangencial em bloco com face curva foi realizado somente na Classe 1 (20 a 25 cm), em virtude de não se ter quantidade de material suficiente da classe superior. Portanto, obtiveram-se cinco tratamentos com três repetições de 10 toras cada um, totalizando 30 toras por tratamento.

Para obtenção do volume de madeira serrada depois do processo de desdobro, considerou-se em cada peça a medição da espessura em cinco pontos, a largura em dois pontos e o comprimento na parte central longitudinal. Foram realizadas também as medições das rachaduras nas quatro faces e a medição das partes a serem destopadas devido à presença de esmoado ou irregularidade de dimensão (exemplo: a diferença acentuada de largura entre a porção maior da peça e a parte considerada).

O rendimento de matéria-prima na serraria foi determinado pela relação entre o volume serrado de madeira em diferentes situações e o volume de toras que entrou nos processos de desdobro. Foram determinados quatro tipos de rendimento: (a) bruto do processo: considerando que as peças não apresentavam defeitos; (b) não considerando as partes das peças que continham rachaduras; (c) não considerando as partes das peças a serem destopadas, sem as rachaduras; e (d) líquido: não considerando as partes rachadas e a serem destopadas, ou seja, o que realmente seria enviado para a secagem ou para a comercialização.

2.3. Análise estatística

Na classificação das toras quanto às rachaduras de topo, foi adotada como critério de comparação a porcentagem de toras que apresentaram os conceitos aplicados (baixo, médio e alto) por classe diamétrica.

Na análise do rendimento da matéria-prima no desdobro, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em que foi realizada a comparação dos rendimentos entre os tratamentos (rendimento bruto, sem as partes com rachaduras, sem os destopos e líquido), de forma a avaliar a diferença entre os sistemas de desdobro e as classes diamétricas de forma conjunta.

Preliminarmente, os dados foram testados quanto à distribuição por meio do teste de Kolmogorov Smirnov. Após ser comprovada a existência da homogeneidade dos dados, foi aplicada a Análise de Variância. Havendo rejeição da hipótese de igualdade, foi aplicado o teste de Tukey (intervalo de confiança de 95%).

3. RESULTADOS

3.1. Incidência de rachaduras de topo nas toras

Na Figura 3 pode ser observada a distribuição percentual das rachaduras nas duas classes diamétricas analisadas no estudo de desdobro de *Eucalyptus benthamii*.

3.2. Rendimento do Processo de Desdobro

Os dados relativos ao rendimento da matéria-prima no processo de desdobro das toras de *Eucalyptus benthamii* em peças de madeira serrada com dimensões comerciais estão apresentados na Tabela 1, em que pode ser observada a porcentagem do aproveitamento das toras em madeira serrada nas quatro situações estudadas.

4. DISCUSSÃO

4.1. Classificação das toras quanto às rachaduras de topo

Das 90 toras analisadas na classe diamétrica de 20 a 25 cm, 26 apresentaram baixo índice de rachaduras, 13 alto e 51 médio, ou seja, 56,7% das toras pertencentes

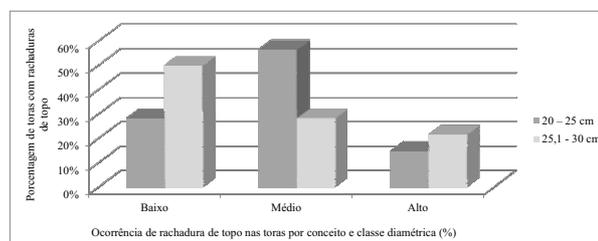


Figura 3 – Rachaduras de topo nas toras por classe diamétrica (%).

Figure 3 – End splits of in the logs by diameter class (%).

Tabela 1 – Rendimento de madeira serrada obtido no processo de desdobro (%).

Table 1 – Lumber yield obtained in the process of sawing (%).

Rendimento (%)	Classes diamétricas				
	20 a 25 cm			25,1 a 30 cm	
	TB	RD	TBFC	TB	RD
Sem defeitos (a)	62,4a	47,1c	59,1a	53,6b	48,8b
Sem as rachaduras (b)	51,5a	41,4b	46,4ab	42,9b	43,2b
Sem os destopos (c)	58,5a	41,4c	57,8a	49,0b	43,6bc
Sem rachaduras e destopos (d)	48,7a	36,8b	45,0a	39,3b	39,1b

Legenda: TB – Tangencial em bloco; RD – Radial; e TBFC – Tangencial em bloco com face curva. Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

à Classe 1 possuíam índice de rachadura médio. Já na classe diamétrica de 25,1 a 30 cm a metade das toras apresentou baixo índice de rachaduras, 30 toras ou 50% do total.

Fernandes et al. (1989), trabalhando com três progênies de *Eucalyptus grandis*, observaram que os valores obtidos por meio da análise de regressão indicaram que o índice de rachadura decresce com o aumento do DAP, o que também foi verificado neste estudo. Além disso, as tensões de crescimento também foram relatadas tendo relação com o índice de rachaduras em toras. Assim, Fernandes et al. (1986), estudando a relação entre os níveis de tensão de crescimento e os diâmetros de toras de *Eucalyptus saligna*, encontraram relações altamente significativas. As deformações causadas pelas tensões internas de crescimento diminuíram com o aumento do diâmetro da tora.

Shield (1995) citou que pesquisas não têm encontrado correlações positivas entre a intensidade das tensões de crescimento e dimensões de árvores, idade, diâmetro do tronco ou taxa de crescimento. Entretanto, é geralmente reconhecido que, com o crescimento da tora em diâmetro, obtido por desbaste ou ampliação do prazo de rotação, os efeitos das tensões de crescimento são reduzidos.

Quanto à taxa de crescimento, Malan (1979), em pesquisa com espécies de eucaliptos, observou ter encontrado uma pequena, mas significativa, correlação positiva entre o incremento médio anual (IMA) e as rachaduras de topos de toras.

O tempo de armazenamento das toras na floresta e no pátio da empresa pode ter contribuído para o aumento da intensidade das rachaduras. Isso porque, nesse período, se iniciou o processo de perda de umidade das toras, principalmente pelos topos, aumentando

o gradiente de umidade entre os topos e a região central das toras, fazendo surgir tensões internas. Quando as diferenças entre as forças de compressão e tração se tornam superiores à resistência da madeira, elas provocam o aparecimento das rachaduras.

Aguiar e Jankowsky (1986) evidenciaram que, dependendo das condições do ambiente, as toras expostas ao ar podem ser totalmente rachadas, chegando a ocorrer separação de peças das toras. Segundo Malan (1984), as tensões de secagem interagem com as tensões de crescimento para produzir rachaduras nos topos.

4.2. Rendimento do processo de desdobro

4.2.1. Rendimento bruto do processo de desdobro

No rendimento da madeira serrada sem considerar os defeitos da madeira e do processo, observou-se que o processo de desdobro tangencial em bloco, tanto em toras de menor diâmetro (62,4%) quanto nas de diâmetro maior (53,6%), foi maior que os demais sistemas. No entanto, estatisticamente na classe de menor diâmetro, tem-se o sistema de desdobro tangencial em bloco com face curva apresentando rendimento equivalente, com a obtenção de peças largas e com a vantagem de ser um processo contínuo, proporcionando maior eficiência/ produtividade da serraria.

O menor rendimento bruto obtido no desdobro radial está relacionado ao número de cortes necessários à obtenção das peças em suas dimensões finais, resultando na maior produção de resíduos. Ao mesmo tempo, pode-se afirmar que as peças submetidas ao desdobro tangencial são mais estáveis no processo, todavia mais instáveis na secagem.

Rocha (2000) citou que para o desdobro radial há tendência a maiores rendimentos finais, ou seja,

nas peças secas. Porém, salientou que existe qualidade em dimensões e padrão das peças obtidas com ambos os métodos. Enquanto no desdobro radial se obtêm peças com grande variação de comprimento e pequenas larguras, no desdobro tangencial é possível obter tábuas com larguras superiores e comprimentos homogêneos. Peças obtidas pelo desdobro radial de toras com diâmetro entre 20 e 30 cm são indicadas para a fabricação de painéis, em função da variação no comprimento e nas larguras reduzidas. Já as peças obtidas pelo desdobro tangencial, em função de suas dimensões superiores, podem ter usos mais variados.

4.2.2. Rendimento do processo de desdobro sem considerar as partes rachadas das peças

Se no processo de desdobro fossem consideradas peças comerciais somente aquelas sem rachaduras, o rendimento médio do desdobro tangencial em bloco nas duas classes diamétricas seria de 47,2%, enquanto no radial seria de 42,1% e o tangencial em bloco com face curva, de 46,4%. Nesse aspecto, pode-se dizer que o desdobro tangencial em bloco continua sendo o que apresenta maior rendimento na classe de 20 a 25 cm, porém na classe inferior o radial foi maior que o tangencial em bloco, mas não do ponto de vista estatístico, repetindo os resultados encontrados na avaliação bruta do processo. Ao mesmo tempo, pode-se dizer que o tangencial em bloco nas duas classes e o tangencial em bloco com face curva na primeira foram os desdobros, que forneceram maior porcentagem de material perdido por causa das rachaduras, respectivamente 10,7% e 12,8%.

Tomando como referência outros estudos, observou-se que Muller (2013) encontrou no desdobro de toras de *Eucalyptus benthamii* com 6 anos de idade em peças de madeira serrada, descontando as rachaduras, rendimentos de 25,8%, 31,1% e 29,7% nos desdobros tangencial em bloco, radial e tangencial em bloco com face curva, na classe diamétrica entre 20 e 24,9 cm e na classe diamétrica superior (25 a 29,9 cm) de 24,5%, 37,8% e 35%, ou seja, valores inferiores aos deste estudo. Atribui-se a diferença entre os estudos à baixa idade das árvores desdobradas por aquela autora.

Em relação do diâmetro das toras, não houve aumento considerável das peças rachadas com o incremento do diâmetro das toras. Calonego e Severo (2005), estudando o efeito do diâmetro de toras na

manifestação das tensões de crescimento em tábuas de *Eucalyptus grandis*, verificaram que o comprimento médio das rachaduras nas tábuas foi significativamente diferente entre as classes de diâmetro de toras avaliadas, concluindo que, quanto maior o diâmetro das toras, maiores os índices de comprimento de rachaduras nas tábuas durante o desdobro, o que não foi observado neste estudo.

4.2.3. Rendimento do processo de desdobro sem considerar as partes a serem destopadas

Observa-se na Tabela 1 que o tratamento que apresentou a maior redução percentual em função dos destopos foi o radial nas classes de 20 a 25 cm, reduzindo em torno de 5,7% em relação ao rendimento bruto do processo. Já o que apresentou menor efeito foi o desdobro tangencial em bloco com face curva, com redução de apenas 1,4%.

A redução do rendimento em função do destopo está relacionada diretamente à desuniformidade das dimensões provocadas pelo sistema de desdobro adotado. Isso porque os defeitos naturais são pertinentes a todas as peças do estudo, independentemente do tratamento. A desuniformidade foi manifestada tanto em largura quanto em espessura, em que, muitas vezes, em uma das extremidades a peça apresentava dimensão maior e na outra ponta, menor, o que poderia chegar a mais da metade da ponta de referência.

A irregularidade das dimensões pode ser atribuída à manifestação das tensões de crescimento nas peças de madeira serrada durante e após a operação de desdobro. Foi observado em vários momentos, durante a passagem das toras pela serra-fita, que com a retirada dos gatos da tora ocorria a abertura das peças, o que teve como consequência a redução da dimensão em uma das extremidades.

4.2.4. Rendimento líquido do processo de desdobro

No rendimento do processo sem considerar as rachaduras das partes a serem destopadas (Tabela 1), pode-se observar que houve aproveitamento médio de 43,4% e 39,2% nas classes inferior e superior, respectivamente. Esses resultados foram equivalentes quando comparados com os de autores que estudaram outras espécies do mesmo gênero.

Carvalho (2000) determinou o rendimento do processo de desdobro de toras do híbrido *Eucalyptus*

grandis X *Eucalyptus urophylla* com 7 anos de idade, por meio de cortes simultâneos em uma serra circular múltipla. Nesse processo, esse autor encontrou rendimento total de 41,2%, porém, na distribuição dos valores de rendimento em madeira serrada, observou que as toras apresentaram resultados bastante satisfatórios, considerando o baixo diâmetro e a reduzida idade de corte. Já Amparado et al. (2008), que fizeram a caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* nas condições de verde, por meio do desdobro de toras com 20 anos de idade, comprimento de 2,30 m e diâmetro médio de 39 cm, em uma serra-fita simples, encontraram rendimento relativamente baixo, 26% de peças limpas.

Acosta (1999) citou para *Eucalyptus grandis*, na zona de Entre Rios (Argentina), rendimentos entre 30 e 40%. Já Tinto (1991 citado por ACOSTA, 1999) apresentou para essa espécie rendimento de 41%. No Brasil, Ferreira et al. (2004), com o método de desdobro tangencial, observaram rendimentos entre 47,5 e 51,5%, enquanto Carvalho e Nahuz (2002), desdobrando toras com diâmetro da base superior a 20 cm, verificaram rendimento médio de 41,7%.

Quanto ao sistema de desdobro, evidenciou-se que o método tangencial em bloco e em bloco com face curva é superior ao radial na classe com menor diâmetro, e na outra classe os rendimentos são equivalentes estatisticamente. Os valores encontrados são praticamente equivalentes aos de Muller (2013), que, trabalhando com *Eucalyptus benthamii* com 5 anos de idade, obteve 40,7 e 43,1%, pelo método tangencial, nas classes diamétricas entre 20-24,9 cm e 25-30 cm e 37,2 e 43,4% no bloco e, finalmente, 35,3 e 38,1% no radial. Esses resultados, quando comparados com os deste estudo, evidenciaram a mesma tendência de rendimentos em relação aos sistemas de desdobro adotados, tangencial, bloco e radial.

É importante destacar que os rendimentos encontrados foram das peças verdes, sem considerar os empenamentos. Rocha (2000), avaliando o rendimento de matéria-prima nos processos de desdobro tangencial e radial de toras de *Eucalyptus grandis* com 12 anos e *E. dunnii* com 16,5 anos, encontrou como rendimento médio de *Eucalyptus grandis* em peças secas 44,2%, em que as classes com diâmetros menores (19-24 cm), tanto no desdobro tangencial quanto no radial, apresentaram os maiores rendimentos globais em peças

de madeira seca, 45% e 52,1%, respectivamente. Já no *Eucalyptus dunnii* aquele autor encontrou rendimento médio de 37,3%, sendo no desdobro tangencial 37,1% nas toras finas e 36,8% nas toras grossas, enquanto no radial, 37,3% nas finas e 38% nas grossas. Dessa forma, verificou que o desdobro tangencial apresentou rendimentos inferiores ao do radial, ou seja, situação contrária à evidenciada neste estudo. A causa para tal diferença está relacionada à condição das peças no momento da avaliação, verde ou seca, tendo em vista que as peças tangenciais são mais estáveis no desdobro e instáveis na secagem, tendo as radiais comportamento inverso.

Quanto aos métodos de desdobro tangencial aplicados na classe entre 20 e 25 cm, tangencial em bloco e tangencial em bloco com face curva, tem-se que o primeiro apresentou maior rendimento (48,7%) em relação ao segundo (45%). No entanto, observou-se que não houve diferença significativa. Considerando a determinação do rendimento por meio do desdobro tangencial em bloco com outras espécies do mesmo gênero, tem-se que Ferreira et al. (2004), estudando o rendimento do processo de desdobro em clones de híbridos de *Eucalyptus* spp com diferentes idades por meio de diferentes sistemas de desdobro, encontraram como resultado rendimento de matéria-prima no processo de desdobro para o híbrido com 13,5 anos de 32,3% no sistema de desdobro tangencial balanceado paralelo à casca, 39,1% no desdobro tangencial paralelo ao centro da tora e 47,9% no tangencial paralelo ao centro da tora, com a retirada de duas costaneiras.

5. CONCLUSÃO

O rendimento bruto do processo de desdobro demonstrou que o sistema tangencial em bloco e em bloco com face curva apresentou os maiores rendimentos na classe de 20 a 25 cm, enquanto na classe de 25,1 a 30,0 cm os sistemas tangencial em bloco e radial foram equivalentes.

No aproveitamento da matéria-prima com a eliminação das partes rachadas das peças, evidenciou-se que os sistemas de desdobro mais influenciados foram o tangencial em bloco e em bloco com face curva, reduzindo o rendimento em torno de 10,7% a 12,8%. Já quanto às seções destopadas, observou-se que as perdas mais acentuadas foram no desdobro radial e,

no tangencial em bloco com face curva, houve somente 1,4% de perda no rendimento.

Na obtenção de peças comerciais (rendimento líquido), foram encontrados rendimentos médios de 43,4% e 39,2% nas classes com menor e maior diâmetro, respectivamente. Quanto ao sistema de desdobro aplicado, verificou-se que os tangenciais foram superiores ao radial na primeira classe, enquanto na segunda os rendimentos alcançados pelo tangencial e radial foram equivalentes.

6. AGRADECIMENTOS

À Klabin, Unidade Otacílio Costa, SC, pela doação da matéria-prima utilizada nesta pesquisa; e à Madepar Indústria e Comércio de Madeiras LTDA., pelo apoio na realização do processo de desdobro.

7. REFERÊNCIAS

- ACOSTA, M.S. Experiencia Argentina en la Producción y Utilización de la Madeira de Eucalipto, Panoram a 1999. In: WORKSHOP: TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p.1-27.
- AGUIAR, O.J.R.; JANKOWSKY, I.P. Prevenção e controle das rachaduras de topo em tora de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. **Revista do IPEF**, n.33, p.39-46, 1986.
- AMPARADO, K.F.; CARVALHO, A.M.; GARCIA, R.A.; LATORRACA, J.V. Caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Smith nas condições verde e seca. **Revista Forestal Venezolana**, v.52, n.1, p.71-76, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013** – Ano Base 2012. Brasília: 2013. 148p.
- 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.
- 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**. 2000. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) - Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.
- CARVALHO, M.A.; NAHUZ, M.A.R. Ensaios com madeira serrada de eucalipto jovem obtida de um plantio destinado à indústria de celulose. **Revista Árvore**, v.26, n.1, p.83-91, 2002.
- EISFELD, C.L.; BERGER, R. Análise das estruturas de mercado das indústrias de painéis de madeira (compensado, MDF e OSB) no estado do Paraná. **Floresta**, v.42, n.1, p.21-34, 2012.
- FERNANDES, P.S.; FERREIRA, M.C.; STAPE, J.L. Manejo de eucalipto pelo “CCT method” visando madeira para serraria. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, v.40, n.1, p.223-236, 1986.
- FERNANDES, P.S.; FLORSHEIM, S.M.B.; ROCHA, F.T. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica. **Revista do Instituto Florestal**, n.1, p.215-234, 1989.
- FERREIRA, S.; LIMA, J.T.; ROSADO, S.C.S.; TRUGILHO, P.F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus spp.* **Cerne**, v.10, n.1, p.10-21, 2004.
- HIGA, A.R.; CARVALHO, P.E.R. Sobrevivência e crescimento de doze espécies de eucalipto em Dois Vizinhos, Paraná. São Paulo: **Revista Silvicultura**, v.2, n.42, p.459-461, 1990.
- HIGA, R.C.V.; PEREIRA, J.C.D. **Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4p. (Documento, 100).
- MALAN, F.S. The control and-splitting in saw logs: A short literature review. **South African Forestry Journal**, n.109, p.14-18, 1979.
- MALAN, F.S. **Studies on the phenotypic variation in growth stress intensity**

and its association with tree and wood properties of South African, grown

Eucalyptus grandis (Hill ex maiden). 1984.

Dissertation (Doctor of Philosophy Wood Science) - University Stellenbosch, Stellenbosch, 1984.

MULLER, B.V. Caracterização tecnológica da qualidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistemas de desdobro primário. 2013.

114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

NISGOSKI, S.; MUNIZ, G.I.B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de

Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage. **Ciência Florestal**, v.8, n.1, p.67-76, 1998.

ROCHA, M.P. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias. 2000. 185f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SHIELD, E.D. Plantation grown eucalyptus: utilization for lumber and rotary veneers – primary conversion. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF /IPT/IUFRO/LCF – ESALQ –USP, 1995. p.133-139.