

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage

Ezequiel Gallio^{1*}; Elio José Santini²; Darci Alberto Gatto²; Joel Telles de Souza²; Roger Ravasi²; Waldir Marques de Menezes²; Paulo Alfonso Floss³; Rafael Beltrame⁴

SAP 13557 Data envio: 10/02/2016 Data do aceite: 03/08/2016
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 3, jul./set., p. 244-250, 2016

RESUMO - O conhecimento sobre as propriedades tecnológicas da madeira possibilita a obtenção de ferramentas que auxiliem na utilização adequada desse material. Portanto, o objetivo desse estudo foi realizar a caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para potenciais utilizações. Para isso, utilizaram-se seis indivíduos arbóreos de um plantio florestal implantado na cidade de Guatambu, Santa Catarina. Para a caracterização física da madeira, foram retirados discos em três posições distintas do fuste de cada árvore, determinando a massa específica básica e a retratibilidade. Os corpos de prova para os ensaios mecânicos de compressão paralela às fibras, flexão dinâmica, flexão estática e dureza Janka foram obtidos de discos retirados das toras. O valor médio para a massa específica básica foi de 0,549 g cm⁻³, enquanto que os parâmetros de retratibilidade apresentaram-se semelhantes aos do gênero de eucalipto, com um coeficiente de anisotropia médio de 1,9, indicando que trata-se de uma espécie instável dimensionalmente. Os resultados obtidos junto aos ensaios mecânicos indicam que a madeira de *Eucalyptus benthamii* apresenta uma baixa resistência a esforços mecânicos, limitando sua utilização para tal finalidade. Portanto, a aplicação dessa espécie para finalidades que solicitem esforços mecânicos é limitada, fazendo-se necessário a realização de estudos acerca das demais propriedades dessa madeira.

Palavras-chave: propriedades físicas, propriedades mecânicas, qualidade da madeira.

TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage WOOD

ABSTRACT - The knowledge about the technological properties of the wood enables the achievement of tools that assist in the adequate use of this material. Therefore, the aim of this study was accomplish the technological characterization of *Eucalyptus benthamii* wood for potential uses. For this, it was used six trees of the forestry plantation implanted in the Guatambu city, Santa Catarina State, Brazil. For the physical characterization of the wood, discs were obtained at three different positions of the trunk of each tree, determining the basic density and retractibility. The test pieces to the mechanical tests of parallel compression to the fibers, dynamic bending, static bending and Janka hardness were obtained from discs removed of the logs. The average basic density was 0.549 g cm⁻³, while the retractibility parameters were similar to those of genus eucalyptus, with an average anisotropy coefficient of 1.9, indicating that it is a specie unstable dimensionally. The results obtained from the mechanical tests show that the *Eucalyptus benthamii* wood has less resistant to mechanical stress, limiting its use for this purpose. Therefore, the application of this species for purposes applying mechanical stress is limited, making it necessary carrying out studies about the other properties of this wood.

Key words: physical properties, mechanical properties, wood quality.

INTRODUÇÃO

A potencial utilização da madeira está estritamente correlacionada ao conhecimento obtido através da determinação de suas propriedades tecnológicas, as quais influenciam diretamente na qualidade desse material. Para adquirir esse conhecimento, é necessário o emprego de estudos para a caracterização tecnológica da

madeira, os quais podem auxiliar na escolha do destino final desta madeira, seja para a construção civil, ou para fins energéticos.

A elevada demanda do setor madeireiro relacionado a construção civil, e as leis ambientais restritivas quanto à exploração de espécies florestais nativas, independentemente do risco de extinção,

¹Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, UFPEL, Campus Universitário s/n, CEP 96010-900, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: egeng.florestal@gmail.com. *Autor para correspondência

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Av. Roraima 1000, CEP 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: elio.santini@pq.cnpq.br; darciatto@yahoo.com; joeltelles@hotmail.com; rogeravazi@gmail.com e walmirmenezessm@hotmail.com

³Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Servidão Ferdinando Tusset s/n, CEP 89803-904, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. E-mail: pfloss@epagri.sc.gov.br

⁴Centro de Engenharias, UFPEL, Rua Conde Porto Alegre 793, CEP 96010-290, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: beltrame.rafael@yahoo.com.br

possibilitam a inserção de espécies florestais exóticas como fonte de matéria prima renovável, considerando aspectos como adaptabilidade, produtividade, demanda nutricional, qualidade da madeira e susceptibilidade ao emprego de programas de melhoramento genético.

Conforme o acima explicitado, uma espécie que surge como potencial fonte de matéria-prima, é o *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Trata-se de uma árvore que pode atingir aproximadamente 36 m de altura, considerada moderadamente alta, possuindo um diâmetro de cerca de 50 cm (CASTRO et al., 2014). Nisgoski et al. (1998) realizaram uma breve descrição da madeira de *Eucalyptus benthamii*, a qual apresenta grã irregular, cerne com uma coloração marrom avermelhada, enquanto o alburno possui uma cor amarela rosada. Os mesmos autores ainda relataram que a madeira possui uma textura fina variando até média, com cheiro e gosto imperceptíveis.

A utilização indicada para a madeira está diretamente relacionada com as características tecnológicas da mesma. Nassur (2010) informa que devido a madeira ser um material orgânico, existe uma heterogeneidade atribuída aos distintos tipos e funções dos elementos anatômicos constituintes do lenho, os quais acabam afetando diretamente as propriedades tecnológicas da madeira.

Dentre as propriedades físicas, destacam-se a massa específica e a retratibilidade da madeira, enquanto para as propriedades mecânicas analisam-se a compressão, cisalhamento, dureza, flexão e tração. Já Moreschi (2012), relatou que a variação dimensional que a madeira sofre em função da perda ou ganho de umidade, modificando suas dimensões, caracteriza a retratibilidade da madeira. Higa e Pereira (2003) descreveram a madeira de *Eucalyptus benthamii* como dimensionalmente instável, com índices elevados de contração volumétrica e de coeficiente de anisotropia, fatores que explicam a alta intensidade de defeitos observada na madeira serrada.

A massa específica é uma das propriedades que fornece informações diretas sobre as características da madeira, por estar relacionada com sua resistência e rigidez (TREVISAN et al., 2008), uma vez que representa a quantidade de lenho (madeira) presente em um determinado volume de amostra. Batista et al. (2010) destacaram que por ser de simples determinação, e estar relacionada com as demais propriedades tecnológicas da madeira, a massa específica é um parâmetro tecnológico comumente empregado na verificação da qualidade da madeira.

Portanto, constata-se que as propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas à massa específica da madeira, pois, quanto maior o valor da massa específica, em teoria, maior será a resistência da madeira. Botelho (2011) argumentou que a determinação das propriedades mecânicas possibilita o adequado dimensionamento dos diversos componentes que formam o conjunto estrutural e disponibiliza a madeira para finalidades de uso.

Com isso, a caracterização tecnológica da madeira por meio de ensaios físico-mecânicos acaba por ser de

grande importância, uma vez que, por meio dos resultados obtidos para os diversos parâmetros analisados, é possível obter ferramentas que auxiliem na tomada de decisão quanto ao correto emprego e utilização mais eficiente dos produtos originados a partir da madeira estudada. Higa e Pereira (2003) destacaram que a madeira de *Eucalyptus benthamii* possui potencial para ser empregada como lenha, carvão e no setor de celulose.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi o de determinar algumas propriedades físicas e mecânicas de madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage, para a utilização como madeira estrutural, comparando a mesma com outras espécies florestais utilizadas para tal finalidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado foi proveniente de um plantio experimental com a espécie florestal *Eucalyptus benthamii*, implantado no ano de 2002 com um espaçamento de 3 x 3 m, na Floresta Nacional de Chapecó (27° 05' 13" S e 52° 46' 38" O), no município de Guatambu, Santa Catarina. O solo na área experimental é do tipo LATOSSOLO VERMELHO distrófico e o clima da região, segundo o ICMBio (2013), é o Cfa (subtropical) com chuvas bem distribuídas ao longo do ano.

Para a realização do presente estudo, foram selecionados ao acaso e abatidos seis clones da espécie *Eucalyptus benthamii* com aproximadamente altura média de 28 m e 11 anos de idade, provenientes de talhão sem intervenções silviculturais (desrama e desbaste). Imediatamente após o corte, foram retirados discos em três posições distintas em relação à altura (0,1 m; 2,1 m e 4,20 m respectivamente) de cada clone. Os discos tinham aproximadamente 5,0 cm de espessura, e foram utilizados para os testes de massa específica básica e retratibilidade.

Posteriormente a retirada dos discos, desdobraram-se as toras provenientes dos clones em pranchões de 8,0 cm de espessura, e após, confeccionaram-se os corpos de prova para a realização dos ensaios mecânicos. Os corpos de prova ficaram acondicionados em câmara climatizada nas condições de 65% (umidade relativa) e 20 °C (temperatura) até atingirem a massa constante. Visando uma melhor compreensão, considera-se que cada clone corresponde a um único tratamento.

Os ensaios físicos foram conduzidos no Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Federal de Santa Maria e os ensaios mecânicos no Laboratório de Propriedades Mecânicas do curso de Engenharia Industrial Madeireira, da Universidade Federal de Pelotas.

Para a obtenção da massa específica básica, foram retiradas duas cunhas simetricamente opostas de cada um dos discos, provenientes de diferentes posições no sentido axial do fuste. As cunhas foram imersas em um tanque até a saturação por água, obtendo-se assim a massa com o auxílio de uma balança analítica e o volume saturado pelo método do empuxo. Determinados os parâmetros do estado saturado, os corpos de prova foram encaminhados até uma estufa a 103 ± 2 °C, onde foram secos até ocorrer à

estabilização de sua massa. A massa específica básica foi determinada conforme a Equação 1.

$$\mu_b = \frac{M_0}{V_u} \quad \text{Equação 1.}$$

Em que: μ_b : massa específica básica (g cm^{-3}); M_0 : massa do corpo de prova seco a 0% de umidade (g); V_u : volume do corpo de prova saturado (cm^3).

As cunhas também foram utilizadas para a realização do teste de retratibilidade, aonde foram retirados corpos de prova com dimensões de 3,0 x 3,0 x 2,0 cm (radial, tangencial e longitudinal), considerando-se o sentido medula-casca. Determinaram-se assim os parâmetros de retratibilidade linear (nos sentidos radial, tangencial e longitudinal), volumétrica e o coeficiente de anisotropia, conforme a metodologia e equações utilizados por Moraes Neto et al. (2009).

Após a verificação da estabilização do peso dos corpos de prova acondicionados na câmara climatizada a 12% de umidade, os mesmos foram encaminhados até a máquina universal de ensaios EMIC (capacidade de carga de 300 kN) para a realização dos ensaios mecânicos de compressão paralela, flexão estática e dureza Janka com procedimento experimental e dimensões dos corpos de prova, conforme adaptação da norma da ASTM D 143-94 (2000).

Já o ensaio de flexão dinâmica, foi realizado com um pêndulo de Charpy com capacidade de 100 joules,

seguinte o procedimento experimental e dimensionamento das amostras utilizados por Beltrame et al. (2012).

Análises estatísticas

Os parâmetros das propriedades mecânicas avaliadas no presente estudo foram submetidos à uma análise de variância (ANOVA) considerando o valor de $p=0,05$, posteriormente a análise de distribuição normal e dos resíduos. As médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, com uma probabilidade de nível de erro de 5% e confiança de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa específica básica média encontrada para os indivíduos amostrados da espécie *E. benthamii* foi de $0,548 \text{ g cm}^{-3}$, sendo que Higa e Pereira (2003), Nisgoski et al. (1998) e Castro et al. (2014) encontraram valores de aproximadamente $0,470 \text{ g cm}^{-3}$ para a densidade básica da madeira dessa espécie. Nisgoski et al. (1998) e Carvalho (1996) ainda classificaram a madeira como moderadamente pesada, baseando-se no valor de densidade específica encontrado.

Na Tabela 1, observa-se a variação axial da massa específica básica em função das diferentes posições no fuste em cada clone amostrado. Eloy et al. (2013), estudando a espécie *E. grandis*, constataram a diminuição da massa específica básica da madeira na região da base até o Diâmetro à Altura do Peito (DAP), ocorrendo então um aumento até aproximadamente 75% da altura comercial.

TABELA 1. Variação da massa específica básica no sentido axial da madeira de *Eucalyptus benthamii*.

Clone	Posição no fuste (m)		
	0,10	2,10	4,20
	Massa Específica Básica (g cm^{-3})		
1	0,533	0,514	0,530
2	0,601	0,572	0,591
3	0,534	0,512	0,520
4	0,546	0,544	0,539
5	0,546	0,562	0,543
6	0,552	0,554	0,578
Média	0,552	0,543	0,550

Considerando ainda o exposto na tabela acima, percebe-se que quatro clones (1, 2, 3 e 6) apresentaram esse tipo de variação. Já os clones 4 e 5, apresentaram variação distinta em relação às demais, podendo esses resultados estarem relacionados às características e componentes anatômicos do material. Por se tratar de clones de uma mesma espécie, com mesma idade e espaçamento bem definido, a causa da heterogeneidade da massa específica básica, segundo Palermo et al. (2003), pode estar associada a diversos fatores bióticos e abióticos, os quais afetam a estrutura anatômica da madeira, bem como, a distribuição dos elementos anatômicos.

Acerca da Tabela 2, é possível obter informações relevantes acerca dos parâmetros de retratibilidade da madeira da espécie *E. benthamii*. A contração volumétrica percentual média encontrada no estudo foi superior a descrita por Higa e Pereira (2003), os quais relataram um valor de contração volumétrica de aproximadamente 19,5%.

Para as espécies *E. grandis* e *E. cloeziana*, Gonzalez et al. (2006) encontraram um percentual inferior de retratibilidade volumétrica. Muitos autores desconsideram a contração linear longitudinal, uma vez que devido à disposição e estruturação dos elementos

anatômicos no interior da madeira, essa variação acaba por se tornar ínfima.

TABELA 2. Retratibilidade da madeira de *Eucalyptus benthamii*.

Clone	Contração Total (PSF até 0% de umidade)				Coeficiente de Anisotropia
	Tang. (%)	Rad. (%)	Long. (%)	Vol. (%)	
1	17,12	10,33	0,83	26,31	2,0
2	13,33	10,30	0,24	22,52	1,6
3	17,93	13,56	0,50	29,47	1,7
4	15,92	7,30	1,06	22,93	2,3
5	14,27	7,33	0,50	20,95	2,2
6	14,87	9,36	0,66	23,41	1,7
Média	15,57	9,70	0,63	24,26	1,9

Em que: Tang.: tangencial; Rad.: radial; Long.: longitudinal; Vol.: volumétrica.

Já no que se refere aos parâmetros de retratibilidade tangencial e radial, os percentuais obtidos foram maiores que encontrados por Higa e Pereira (2003) e Gonzalez et al. (2006) para as espécies *E. benthamii*, *E. grandis* e *E. cloeziana* respectivamente, indicando que essa espécie de eucalipto possui elevada instabilidade dimensional. Geralmente, a retratibilidade no sentido tangencial é aproximadamente duas vezes superior ao sentido radial, comprovado pelo presente estudo.

Ainda em referência à Tabela 2, o coeficiente de anisotropia médio ficou de acordo com as características da espécie, porém mais elevado em relação a algumas outras espécies de eucalipto, como as estudadas por Faria et al. (2015) e Silva et al. (2006), os quais encontraram valores de 1,70 e 1,71 para *E. camaldulensis* e *E. grandis*, respectivamente. Durlo e Marchiori (1992) classificam a qualidade da madeira em razão do coeficiente de anisotropia como sendo excelente (1,2 – 1,5), normal (1,5 – 2,0) e ruim (acima de 2,0).

Conforme Oliveira et al. (2010), quanto maior for o valor do fator anisotrópico, maior a tendência da madeira em sofrer variações dimensionais, ocasionando assim a incidência de diversificados tipos de defeitos na madeira, comprometendo assim a finalidade a qual se destina.

Na Tabela 3 verificam-se as médias de alguns parâmetros fundamentais referentes ao ensaio de compressão paralela às fibras e flexão estática. Haselein et al. (2002) e Gonçalves et al. (2009) destacaram pelos resultados obtidos, que quanto mais elevados os valores de Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR), mais qualificado e resistente é o material. Observa-se também que as espécies com os melhores parâmetros de resistência mecânica, apresentaram os maiores valores de massa específica básica, correlacionando essa propriedade às demais características tecnológicas da madeira.

TABELA 3. Valores médios dos parâmetros de compressão e flexão estática da madeira de *Eucalyptus benthamii*, com sua massa específica básica.

Clone	Compressão Paralela		Flexão estática		MEB g cm ⁻³
	Fc (kgf cm ⁻²)	Ec (kgf cm ⁻²)	MOR (kgf cm ⁻²)	MOE (kgf cm ⁻²)	
1	579,3 a	180.979,5 b	603,8 a	134.439,2 b	0,526
2	582,3 a	231.803,0 a	610,4 a	146.788,8 a	0,588
3	463,9 b	124.932,2 c	525,3 b	112.450,7 c	0,522
4	504,9 b	161.254,2 c	518,9 b	132.914,3 b	0,543
5	463,3 b	124.176,2 c	492,6 b	109.442,0 c	0,550
6	460,5 b	148.730,7 c	547,7 b	128.066,2 b	0,561
Média	509,0	161.979,3	549,8	127.350,2	0,548

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna possuem diferença estatisticamente significativa entre si em nível de 5% de probabilidade de erro, de acordo com o Teste de Scott Knott.

Em que: Fc: resistência a compressão; Ec: módulo de elasticidade; MOR: módulo de ruptura; MOE: módulo de elasticidade.

Quanto à compressão paralela às fibras, Haselein et al. (2002) encontraram um valor de 735,69 kgf cm⁻² e 94.500 kgf cm⁻² para os parâmetros de resistência a

compressão (Fc) e módulo de elasticidade (Ec) respectivamente, relativos a madeira de *E. saligna*. Sabe-se que quanto mais elevados os valores de Fc e Ec da

madeira, maior será a resistência mecânica e carga suportada pela peça de madeira quando exposta à compressão por outras estruturas. Silva (2002), para a espécie *E. grandis* encontrou um valor médio de módulo de elasticidade de 101.313 kgf cm⁻², concluindo que esse valor está em conformidade com o que é normalmente encontrado na literatura.

Ainda de acordo com o exposto na Tabela 3 e analisando os valores para as variáveis de interesse do ensaio de flexão estática, verifica-se que os clones 1 e 2 apresentaram os valores mais elevados de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR).

A média do módulo de elasticidade no presente estudo foi maior do que o encontrado por Silva (2002) em referência a madeira de *E. grandis*, porém, menor do que o

determinado por Gonçalves et al. (2006) para as madeiras de *E. grandis* e *E. cloeziana*. Quanto maior for o módulo de elasticidade, maior é a capacidade de a madeira retornar ao seu estado padrão sem que ocorra deslocamento a nível atômico, ocasionando assim a deformação plástica da madeira, também denominada de irreversível.

Gonçalves et al. (2006) encontraram uma dureza perpendicular de 531 e 1.133 kgf para as madeiras de *E. grandis* e *E. cloeziana*, e dureza paralela de 664 e 1.167 kgf para as mesmas madeiras. Na Tabela 4, verifica-se uma média de 645 e 696 kgf para as durezas perpendicular e paralela, respectivamente, representando conforme os resultados apresentados, ser uma madeira mais dura em relação à *E. grandis* e mais macia em relação à *E. cloeziana*.

TABELA 4. Valores médios de dureza Janka nas faces radiais, tangenciais e topo da madeira de *Eucalyptus benthamii*.

Clone	Tensão Máxima (kgf cm ⁻²)	Força Máxima (kgf)	MEB (g cm ⁻³)
1	768,1 a	716,8 a	0,526
2	767,0 a	715,7 a	0,588
3	782,3 a	730,0 a	0,522
4	601,6 b	561,4 b	0,543
5	785,6 a	733,0 a	0,550
6	710,4 a	662,9 a	0,561
Média	735,8	686,6	0,548
Sentido	*****	*****	*****
Topo	752,7 a	702,3 a	*****
Tangencial	721,8 a	673,5 a	*****
Radial	667,2 b	622,5 b	*****

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna possuem diferença estatisticamente significativa entre si em nível de 5% de probabilidade de erro, de acordo com o Teste de Scott Knott.

Xavier (2008) obteve valores menores aos do presente estudo, na determinação da dureza normal e paralela às fibras para as madeiras de *E. grandis*, *E. saligna*, *E. pellita* e *Corymbia citriodora*. A dureza está relacionada a diversas características intrínsecas da madeira, tais como o teor de umidade, espessura da parede celular, ângulo da inclinação da grã, composição e distribuição dos elementos anatômicos na madeira, bem como seu direcionamento.

Na Tabela 5 estão apresentados os dados de trabalho absorvido (W), coeficiente de resiliência (K) e cota dinâmica (CD), nos sentidos radial e tangencial. Os valores para as variáveis analisadas no presente estudo foram menores do que os obtidos por Souza et al. (2013) para a espécie *Patagonula americana* Linnaeus. Os mesmos autores ainda avaliaram a espécie *Ocotea catharinensis* Mez, a qual apresentou, respectivamente, para as variáveis W, K, CD: 1,53 kgm, 0,23 kgm cm⁻² e 1,17 kgm cm⁻¹ g⁻¹, sendo menores do que os encontrados para a madeira de *E. benthamii*.

Em estudos realizados com a madeira de *Carya illinoensis* Koch., Beltrame et al. (2012) encontraram valores semelhantes ao obtidos no presente estudo. Essa variabilidade existente entre as espécies ou indivíduos de

uma mesma espécie, pode ser atribuída a constituição anatômica de cada indivíduo.

Carvalho (1996) considera que uma madeira com valores acima de 1,2 kgm cm⁻¹ g⁻¹ de cota dinâmica são consideradas resilientes. Sendo assim, verifica-se que nenhum dos indivíduos de *E. benthamii*, independentemente do sentido em que foi aplicado o impacto, mostrou-se resiliente, fato esse que acaba por limitar sua utilização na construção civil.

Estudos relacionados ao conhecimento das propriedades tecnológicas da madeira, fornecem subsídios de relevante interesse para a aprimoramento de técnicas que visem um processamento correto e utilização racional e segura da madeira. Por meio do presente estudo foi possível a determinação de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *E. benthamii*, possibilitando assim, inferir sobre algumas possibilidades de utilização dessa madeira.

Na construção civil seu uso é limitado, pois está diretamente atrelado as propriedades físicas e mecânicas, as quais não se apresentam de forma satisfatória acerca da exposição a esforços mecânicos, comprometendo assim a estrutura a qual será empregada. Na indústria moveleira

leva-se em consideração a questão da instabilidade dimensional.

Conforme Alves et al. (2011), uma aplicação bem sucedida para o *E. benthamii* é na indústria de papel e celulose, desde que a mesma sofra um manejo adequado no povoamento. Em comparação com outras espécies do

gênero, a mesma apresenta uma qualidade inferior para a utilização que necessite esforços mecânicos. Mais estudos podem ser realizados acerca de possíveis utilizações como isolante térmico e elétrico, e como fonte de carvão vegetal.

TABELA 5. Valores médios de flexão dinâmica da madeira de *Eucalyptus benthamii*.

Clone	Sentido do impacto					
	Radial			Tangencial		
	W (kgm)	K (kgm cm ⁻²)	CD (kgm cm ⁻¹ g ⁻¹)	W (kgm)	K (kgm cm ⁻²)	CD (kgm cm ⁻¹ g ⁻¹)
1	1,591 a	0,348 a	0,534 a	1,734 a	0,359 a	0,562 a
2	2,203 a	0,464 a	0,733 a	1,510 a	0,316 a	0,564 a
3	2,678 a	0,571 a	0,982 a	1,454 a	0,322 a	0,599 a
4	2,363 a	0,421 a	0,902 a	1,989 a	0,376 a	0,754 a
5	2,066 a	0,414 a	0,719 a	2,346 a	0,456 a	0,881 a
6	2,831 a	0,569 a	0,876 a	1,870 a	0,401 a	0,533 a
Média	2,288	0,465	0,791	1,817	0,372	0,649

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna possuem diferença estatisticamente significativa entre si em nível de 5% de significância, de acordo com o Teste de Scott Knott.

Em que: W: trabalho absorvido; K: coeficiente de resiliência; CD: cota dinâmica.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a madeira de *Eucalyptus benthamii* apresenta uma variabilidade entre os indivíduos de uma mesma espécie, acerca das suas propriedades tecnológicas. Essa diferença entre os indivíduos está relacionada com as características intrínsecas de cada progênie analisada.

AGRADECIMENTOS

Aos diretores e colaboradores da Floresta Nacional de Chapecó, pela ajuda prestada na fase de instalação do experimento, e a permissão e auxílio na retirada das árvores para a execução do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, I.C.N.; GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; SILVA, H.D. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose kraft. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.21, n.1, p.167-174, 2011.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. *Standard test methods for small clear specimens of timber*. ASTM D 143 - 94, Philadelphia, 2000.
- BATISTA, D.C.; KLITZKE, R.J.; SANTOS, C.V.T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, n.4, p.665-674, 2010.
- BELTRAME, R.; MATTOS, B.D.; GATTO, D.A.; LAZAROTTO, M.; HASELEIN, C.R.; SANTINI, E.J. Resistência ao impacto da madeira de noqueira-pecã em diferentes condições de umidade. *Ciência Rural*, Santa Maria, n.9, p.1583-1587, 2012.
- BOTELHO, M.N. *Caracterização das propriedades físicas e mecânicas da madeira de Piptadenia gonoacantha (Mart.) J. F. Macbr.* 2011. 27f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- CARVALHO, A. *Denominações convencionais para propriedades da madeira*. Madeiras Portuguesas, Estrutura Anatómica, Propriedades, Utilizações. Departamento de Engenharia de Madeiras, Escola Superior de Tecnologia de Viseu, 1996. v.1, 5p. Disponível em: <http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/jqomarclo/Tim3/tim3_TP1_Na2.pdf>. Acesso em: 07 set. 2015.

- CASTRO, V.; ARAÚJO, R.D.; PARCHEM, C.; IWAKIRI, S. Avaliação dos efeitos de pré-tratamentos da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage no grau de compatibilidade com cimento Portland. *Árvore*, Viçosa, n.5, p.935-942, 2014.
- DURLO, M.A.; MARCHIORI, J.N.C. *Tecnologia da madeira: retratibilidade*. Santa Maria: CEPEF/FATEC (Série Técnica, 10), Santa Maria, Rio Grande do Sul, 1992. 33p.
- ELOY, E.; CARON, B.O.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SOUZA, V.Q.; SCHMIDT, D. Variação axial e efeito do espaçamento na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii*. *Ciência da Madeira*, Pelotas, n.2, p.215-227, 2013.
- FARIA, W.S.; RESENDE, D.R.; GUIMARÃES, I.L.; PROTÁSIO, T.P.; GUIMARÃES JUNIOR, J.B. Avaliação das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* tratado e não tratado com preservativo. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, n.21, p.287-293, 2015.
- GONÇALEZ, J.C.; BREDA, L.C.S.; BARROS, J.F.M.; MACEDO, D.G.; JANIN, G.; COSTA, A.F.; VALE, A.T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, n.3, p.329-341, 2006.
- GONÇALVES, F.G.; OLIVEIRA, J.T.S.; DELLA LUCIA, R.M.; SARTÓRIO, R.C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. *Árvore*, Viçosa, n.3, p.501-509, 2009.
- HASELEIN, C.R.; BERGER, R.; GOULART, M.; STHAL, J.; TREVISAN, R.; SANTINI, E.J.; LOPES, M.C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. *Ciência Florestal*, Santa Maria, n.2, p.147-152, 2002.
- HIGA, R.C.V.; PEREIRA, J.C.D. *Usos potenciais do Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage*. Colombo: Embrapa Florestas, (Comunicado Técnico, 100), Colombo, Paraná, 2003. 4p.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. *Plano de manejo da Floresta Nacional de Chapecó*. Resumo Executivo, 49f, Florianópolis, 2013. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/flona_chapeco_pm_res_exec.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2016.
- MORAES NETO, S.P.; TELES, R.F.; RODRIGUES, T.O.; VALE, A.T.; SOUZA, M.R. *Propriedades físicas da madeira de cinco*

- procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* implantadas no cerrado do Distrito Federal, DF.** Planaltina: Embrapa Cerrados (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 243), Planaltina, Distrito Federal, 2009. 19p.
- MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira.** Apostila. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. 208p.
- NASSUR, O.A.C. **Variabilidade das propriedades tecnológicas da madeira de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade.** 2010. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G.I.B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Ciência Florestal**, Santa Maria, n.1, p.67-76, 1998.
- OLIVEIRA, J.T.S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N.C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Árvore**, Viçosa, n.5, p.929-936, 2010.
- PALERMO, G.P.M.; LATORRACA, J.V.F.; REZENDE, M.A.; NASCIMENTO, A.M.; SEVERO, E.T.D.; ABREU, H.S. Análise da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade de crescimento. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.10, n.2, p.47-57, 2003.
- SILVA, L.D. **Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas.** 2008. 275f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S.; XAVIER, B.A.; CASTRO, V.R. Variação da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. **Árvore**, Viçosa, n.5, p.803-810, 2006.
- SILVA, J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 181f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- SOUZA, J.T.; FILIPINI, F.R.; BORTOLUZI, R.N.G.; BELTRAME, R.; VIVIAN, M.A.; MENEZES, W.M. Comportamento da flexão dinâmica na madeira de *Patagonula americana* L. e *Ocotea catharinensis* Mez. **Ciência da Madeira**, Pelotas, n.2, p.228-237, 2013.
- TREVISAN, R.; HASELEIN, C.R.; MELO, R.R.; STANGERLIN, D.M.; BELTRAME, R.; GATTO, D.A.; CALEGARI, L. Variação radial da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Floresta**, Curitiba, n.3, p.553-559, 2008.
- XAVIER, R.B.L. **Avaliação da dureza janka, densidade e estabilidade de quatro espécies de *Eucalyptus* implantadas no Estado do Rio de Janeiro.** 2008. 31f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.