

ANATOMIA DA MADEIRA DE *EUCALYPTUS BENTHAMII* MAIDEN & CAMBAGE, ESPÉCIE PROMISSORA PARA O SETOR DE CELULOSE NO SUL DO BRASIL¹

TALITA BALDIN², JOSÉ NEWTON CARDOSO MARCHIORI³, MAIARA TALGATTI⁴

RESUMO

É investigada a anatomia microscópica da madeira de exemplares jovens de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage (Myrtaceae – Leptospermoideae) procedentes do estado do Rio Grande do Sul. Destacam-se os seguintes caracteres anatômicos: madeira composta por fibras, raios, parênquima axial e, em menores porcentagens, elementos vasculares e traqueídes vasculares; vasos quase sempre solitários, numerosos, em arranjo diagonal e porosidade difusa; parênquima paratraqueal vasicêntrico e confluyente; raios unisseriados, homogêneos e heterogêneos; e fibras libriformes. Mesmo sem características singulares em sua estrutura, a presença de elementos vasculares curtos, parênquima paratraqueal e fibras libriformes atestam um caráter relativamente evoluído, comparado às Mirtáceas nativas. Apesar de jovens, as amostras analisadas recomendam a utilização da madeira de *Eucalyptus benthamii* para a indústria de celulose e papel.

Palavras-chave: anatomia da madeira, celulose, *Eucalyptus benthamii*, Myrtaceae, papel.

ABSTRACT

[Wood anatomy of *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage, a promising species for the cellulose sector in southern Brazil].

The microscopic wood anatomy of young specimens of *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage (Myrtaceae – Leptospermoideae) from Rio Grande do Sul State (Brazil) was investigated. The following anatomical characteristics were observed: wood composed by fibers, rays, axial parenchyma and, in smaller percentages, vascular elements and vascular tracheids; diffuse porous wood, with solitary and numerous vessels in diagonal pattern; paratracheal and vasicentric confluent axial parenchyma; unisseriate, both homogeneous and heterogeneous rays; and libriform fibers. Although the described species does not present singular characteristics in its anatomical structure, the presence of short vessels, axial parenchyma and libriform fibers, suggests a relatively evolved character compared to native species of Myrtaceae. The analyzed samples, although young, recommends *Eucalyptus benthamii* wood for cellulose and paper industry.

Keywords: cellulose, Myrtaceae, *Eucalyptus benthamii*, paper, wood anatomy

INTRODUÇÃO

O Brasil experimentou nos últimos anos um formidável crescimento no setor de celulose e papel. Os dados da Indústria Brasileira de Árvores (Ibá, 2015) apontam o país como o quarto produtor mundial de celulose de todos os tipos

e o nono produtor de papel, alcançando 14 e 10 milhões de toneladas, respectivamente. Essa elevada produção demonstra que o setor investiu, fortemente, na seleção de espécies de rápido crescimento e rendimento para a produção de pastas celulósicas de alto valor agregado.

No país, a matéria-prima tradicionalmente empregada na produção de celulose de fibras curtas provém do gênero *Eucalyptus*, cultivado em extensas florestas implantadas nas regiões Sul e Sudeste. Introduzido, inicialmente, como fonte de energia para ferrovias, a utilização da madeira voltou-se à produção de celulose a partir de 1957.

Ao longo dos anos, foram desenvolvidas extensas pesquisas com espécies e híbridos de eucalipto no Brasil, com o intuito de aumentar

Recebido em 10-11-2016 e aceito para publicação em 03-04-2017.

² Engenheira Florestal, MSc, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. talita.baldin@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal, Dr. Bolsista de Produtividade em Pesquisa (CNPq – Brasil). Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria. marchiori@pq.cnpq.br

⁴ Engenheira Florestal, MSc, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. maiara.talgatti@hotmail.com

a produtividade, melhorar a qualidade e aclimatar esse gênero exótico à região, favorecendo o estabelecimento de grandes áreas plantadas, sobretudo com *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e o híbrido *E. urograndis*.

Outra espécie que despertou grande interesse no país, após sua introdução pela Embrapa Florestas em 1998, é *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage devido à sua tolerância a baixas temperaturas, rápido desenvolvimento, aspecto sadio das plantas e elevadas taxas de crescimento, em torno de 45 m³/ha/ano (Higa & Carvalho, 1990; Higa, 1999; Higa & Pereira, 2003; Little & Gardner, 2003; Fao et al., 2004). É com base nestes motivos que Müller et al. (2014) explicam a rápida expansão dos plantios com essa espécie nos últimos anos, em regiões com geadas severas no inverno.

Os indivíduos adultos de *Eucalyptus benthamii* alcançam de 30 a 45 m de altura (Fao et al., 2004). Em sua pátria de origem (Austrália), o florescimento ocorre, principalmente, de abril a maio, encontrando-se botões florais quase o ano inteiro. Frutos maduros são colhidos de abril a junho e de outubro a dezembro. A casca, persistente, fina e compacta, tende a formar pequenas tiras longitudinais. As folhas, opostas e sésseis, são elíptico-ovais nos primeiros dois a quatro pares. A inflorescência, axilar e com 4-7 flores, apresenta pedúnculo de 0,5cm e pedicelos de 0,25cm de comprimento. O fruto, hemisférico até campanulado, é subglauco quando imaturo (Nisgoski et al., 1998).

Apesar de bem conhecido sob o ponto de vista botânico (Pryor, 1981; Nisgoski et al., 1998; Döll-Boscardin et al., 2009), ainda são raros os estudos sobre as características anatômicas, químicas, físicas e mecânicas de sua madeira. Nisgoski et al. (1998) descreveram a anatomia do lenho com base em exemplares de 7 anos de idade. Alves et al. (2011) determinaram a densidade básica da madeira, sua composição química e características dimensionais das fibras em indivíduos com 6 anos de idade. Müller et al. (2014) verificaram a densidade aparente, coeficiente de contração, além de al-

gumas propriedades mecânicas, como módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE), flexão estática, compressão, cisalhamento e dureza, também com base em indivíduos de seis anos de idade, aproximadamente.

O presente estudo visa determinar a estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* em indivíduos de 5 anos de idade, a partir de material procedente do Rio Grande do Sul.

REVISÃO DE LITERATURA

A família Myrtaceae, que apresenta numerosas espécies nativas no sul do Brasil, é mais conhecida no setor florestal pelo gênero exótico *Eucalyptus* L' Her., que tem grande importância madeireira no país. O nome da família deriva do grego “myron”, que significa perfume e se explica pela presença de abundantes células oleíferas, tanto nas folhas como na casca (Landrum & Kawasaki, 1997).

Composto de 700 espécies, aproximadamente, além de numerosas variedades e híbridos, o gênero *Eucalyptus*, com exceção de *E. urophylla*, *E. deglupta* e outras poucas espécies, tem distribuição natural restrita à Austrália (Andrade, 1961).

Entre as características anatômicas mais comuns em madeiras de Mirtáceas, citam-se: vasos de seção circular, exclusiva ou predominantemente solitários, geralmente sem padrão definido de organização; poros pouco numerosos a numerosos, com frequência de 5-100/mm²; placas de perfuração simples, raramente escalariformes; parênquima axial abundante, apotraqueal difuso e difuso-em-agregados; raios com 1-3 células de largura, via de regra heterogêneos e raramente unisseriados; e fibras com pontoações distintamente areoladas, na maioria das espécies (Record & Hess, 1949; Wiedenbrug, 1948; Metcalfe & Chalk, 1972).

Os primeiros registros sobre características das madeiras de eucalipto devem-se a Drew (1914), que analisou aspectos externos e algumas propriedades físicas de espécies da Nova Gales do Sul (Austrália). Mais tarde, Ingle &

TABELA 1: Árvores amostras com os respectivos dados dendrométricos.

Espécie	HT (cm)	DAP (cm)	Vcc (cm ³)
Árvore 1 – <i>Eucalyptus benthamii</i>	19,90	15,95	0,1789
Árvore 2 – <i>Eucalyptus benthamii</i>	14,50	9,36	0,0449
Árvore 3 – <i>Eucalyptus benthamii</i>	19,70	17,70	0,2181

Onde: HT: altura total, DAP: Diâmetro a altura do peito, Vcc: Volume com casca

Dadswell (1953) e Dadswell (1972) registraram diferenças anatômicas do lenho em diversas espécies do gênero. No Brasil, Pereira (1933) descreveu a anatomia da madeira de 11 espécies e Alfonso (1987) caracterizou o lenho dos principais eucaliptos cultivados no país. Na literatura brasileira, salientam-se, ainda, os estudos anatômicos de Barrichelo & Brito (1976), Tomazello Filho (1985, 1985a, 1985b, 1985bc, 1987), Oliveira (1998), Trugilho et al. (2004), Gomide et al. (2005) e Braz et al. (2014).

Dos autores estrangeiros, Wilkes (1988) mencionou, para o gênero, uma estrutura anatômica relativamente simples, com anéis de crescimento geralmente indistintos. Vasos solitários, com diâmetro de 80-100µm e compoendo 10-20% da madeira, foram reportados por Dadswell (1972), Hillis (1972, 1978), Wilkes & Abbou (1983) e Bamber (1985). Wilkes (1988) refere parênquima axial apotraqueal e paratraqueal, não ultrapassando 10% na madeira, raios com uma a três células de largura e cerca de 20 células de altura, compoendo 10-20%, e fibras do tipo fibrotraqueide, compoendo mais de 60% do lenho; traqueídes vasicêntricos foram reportados como de escassa ocorrência, não ultrapassando 2% do volume total da madeira.

No Brasil, os estudos anatômicos concentram-se em espécies comercialmente importantes, como *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e do híbrido *E. urograndis*, carecendo a literatura de pesquisas mais detalhadas com outras espécies, caso de *Eucalyptus benthamii*, espécie de cultivo mais recente no país e que se destaca pela resistência a geadas (Silva et al., 2012). Aliás, é

a escassa literatura disponível sobre essa espécie que justifica a realização da presente pesquisa.

METODOLOGIA

Foram coletados discos de madeira de três exemplares de *Eucalyptus benthamii* com idade de cinco anos, cultivados em plantio experimental da CMPC Celulose Riograndense no município de Encruzilhada do Sul, RS (30°65'26,8" S, 52°46'83,9" W). O material foi extraído à altura do peito (1,3 m) e de indivíduos aleatoriamente sorteados. Os dados dendrométricos mais importantes, mensurados antes do abate das árvores, são apresentados na Tabela 1.

De cada disco de madeira foram retirados corpos de prova de 3x3x3 cm, na região do alburno e devidamente orientados para obtenção de cortes histológicos nos planos transversal (X), longitudinal radial (R) e longitudinal tangencial (T). Para as lâminas de macerado, seguiu-se o método de Franklin modificado (Kraus & Arduin, 1997). No preparo das lâminas histológicas, usou-se coloração com safranina e azul de astra; no caso do macerado, apenas safranina. A montagem das lâminas histológicas seguiu a técnica padrão, recomendada por Burger & Richter (1991).

A descrição microscópica seguiu, basicamente, as recomendações do Iawa Committee (1989). A determinação da percentagem dos distintos tecidos, da altura e largura de raios (inclusive de seu corpo e margens, em número de células), bem como da espessura da parede de

fibras e vasos, aspectos não contemplados na referida norma, seguiu metodologia recomendada por Marchiori (1980). A mensuração dos caracteres anatômicos foi realizada no Laboratório de Anatomia da Madeira da UFSM, usando-se microscópio binocular Carl Zeiss, provido de ocular com escala graduada. As fotomicrografias foram tomadas em microscópio Nikon FXA equipado com câmera digital, no Laboratório de Anatomia da Madeira do Instituto Superior de Agronomia (Lisboa, Portugal). O processamento das imagens foi realizado com o auxílio do programa CorelDRAW X7 (64 Bit).

No texto descritivo, os valores referentes às características anatômicas são apresentadas da seguinte forma: $x \pm s$ (valor mínimo - valor máximo), onde: x = média; s = desvio padrão.

DESCRIÇÃO ANATÔMICA

Anéis de crescimento: indistintos.

Vasos: numerosos (22 ± 5 (15-28) poros/ mm^2), em arranjo diagonal, de seção arredondada ou oval (104 ± 41 (33-175) μm) e paredes espessas ($9 \pm 2,5$ (5-15) μm), perfazendo 16% do volume da madeira. Porosidade difusa, não uniforme, frequentemente em contato com células de raio. Vasos solitários, com escassos múltiplos diagonais de 2-3 unidades (Figura 1A). Elementos vasculares de comprimento médio (374 ± 111 (200-610) μm). Placas de perfuração simples, oblíquas; apêndices de 90 ± 60 (20-260) μm , em ambas ou em apenas uma das extremidades. Pontoações intervasculares pequenas, arredondadas (7 ± 1 (5-9) μm), alternas, com abertura lenticular, horizontal, inclusa. Pontoações raio-vasculares grandes (8 ± 1 (7-10) μm), ovais, com aréola reduzida, sem arranjo definido e, aparentemente, com maior incidência na porção terminal dos raios. Pontoações parênquimo-vasculares semi-areoladas, semelhantes às intervasculares. Tilos, espessamentos helicoidais, estriações e depósitos, ausentes.

Parênquima axial: compoendo 22% do volume total na madeira; paratraqueal vasicêntrico

e confluyente, envolvendo os vasos em faixas unilaterais com mais de 3 células de largura, com raras células em arranjo apotraqueal difuso (Figura 1B). Séries parenquimáticas de 3 ± 1 (2-6) células, com altura de 283 ± 109 (110-510) μm e largura de 17 ± 3 (10-21) μm .

Raios: com abundância de 11 ± 3 (8-17) por mm, compoendo 20% do volume da madeira. Raios homogêneos ou heterogêneos, com células procumbentes, ao centro, e levemente quadradas nas margens (Figura 1C). Raios unisseriados, abundantes (72%); de $186 \pm 71,5$ (80-330) μm de altura, com 7 ± 3 (3-14) células e 13 ± 4 (8-23) μm de largura (Figura 1E). Os multisseriados, exclusivamente bisseriados (28%); de 217 ± 52 (130-300) μm de altura, com 10 ± 2 (6-14) células, e 30 ± 8 (15-50) μm de largura.

Fibras: do tipo libriforme; médias a curtas (904 ± 130 (650-1200) μm) e de paredes delgadas a espessas ($3,4 \pm 1$ (1,2-6,2) μm), compoendo 42% do volume da madeira. Pontoações areoladas, menores de 3 μm , dispostas nas faces radiais e tangenciais da parede. Fibras gelatinosas e espessamentos helicoidais, ausentes.

Outros caracteres: Traqueídes vasculares, presentes (Figura 1F). Depósitos com aspecto de resina, em células de raios. Células oleíferas, escassas. Canais celulares, estrutura estratificada, sílica, floema incluso, células mucilaginosas e máculas medulares, ausentes.

ANÁLISE DE ESTRUTURA ANATÔMICA

A madeira presentemente investigada, à semelhança da maioria das espécies do gênero, não apresenta características singulares na estrutura anatômica, favorecedoras de uma identificação rápida e confiável. Mesmo assim, a estrutura observada corrobora o descrito para Mirtáceas, por Dadswell & Burnell (1932), Record & Hess (1949), Metcalfe & Chalk (1983), Détienne & Jacquet (1983), Vliet & Baas (1984) e Santos et al. (2015).

A presença de elementos vasculares curtos, parênquima paratraqueal e fibras libriformes, atestam um caráter relativamente evoluído à

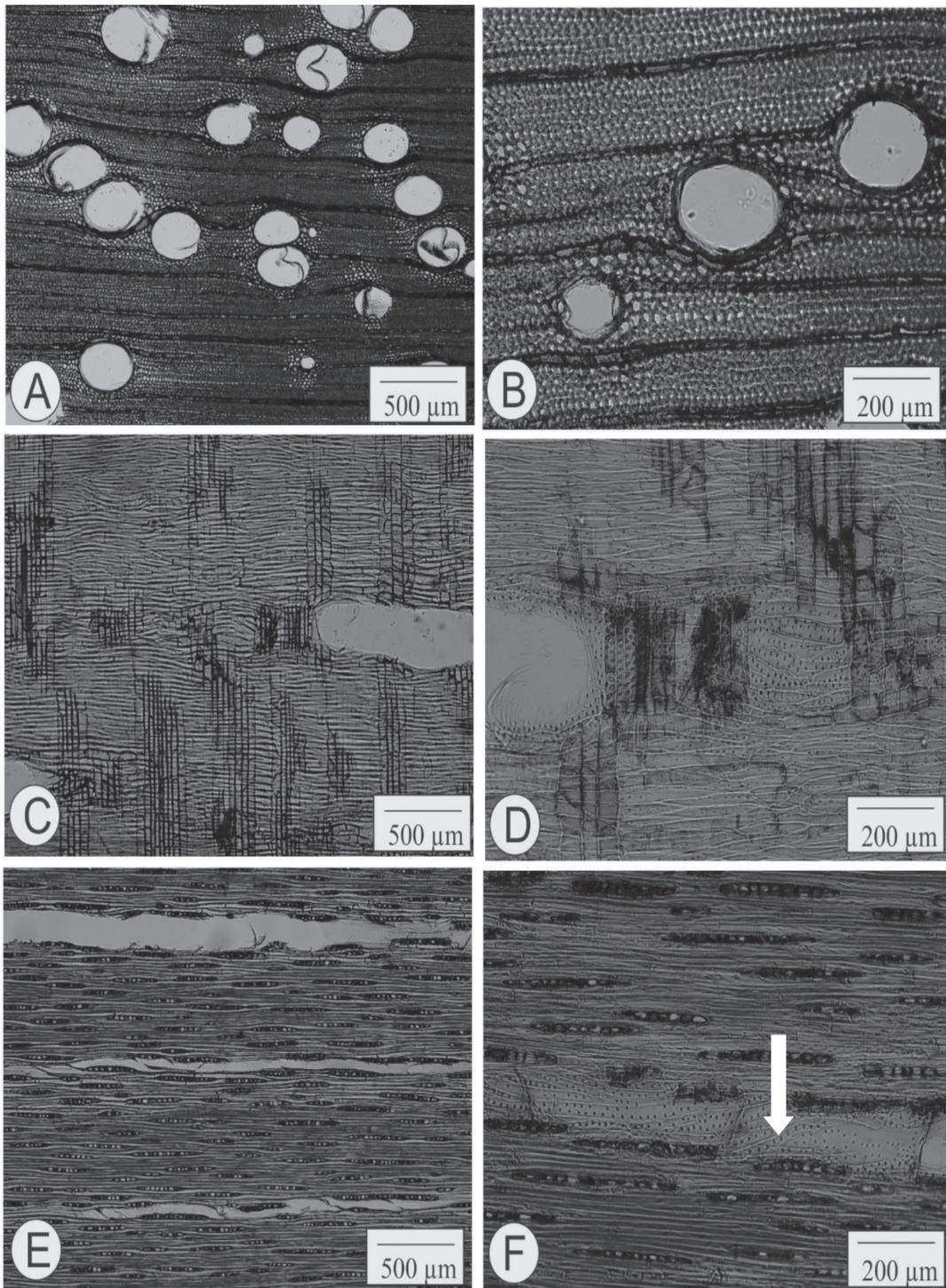


FIGURA 1. Aspectos anatômicos da madeira de *Eucalyptus benthamii*. A – Vasos em porosidade difusa, não uniforme, solitários e em arranjo diagonal. B – Parênquima paratraqueal vasicêntrico-confluente, envolvendo unilateralmente os vasos, em faixas com mais de 3 células de largura. C, D – Raios homogêneos ou heterogêneos, com células procumbentes, ao centro, e levemente quadradas, nas margens. E – Raios predominantemente unisseriados. F – Traqueídes vasculares, presentes (seta).

estrutura anatômica, comparado às Mirtáceas nativas descritas por Santos et al. (2015).

A madeira de *E. benthamii* compõe-se de fibras, raios e, com menores porcentagens, de parênquima axial, elementos vasculares e traqueídes vasculares. A porcentagem elevada de fibras justifica importância de sua madeira para a indústria de celulose e papel, juntamente com aspectos silviculturais favoráveis à implantação de florestas de curta rotação e alto rendimento.

A anatomia, ao investigar a constituição celular das distintas espécies, bem como a variabilidade existente entre indivíduos de uma mesma espécie, auxilia na tomada de decisões sobre melhoramento genético, silvicultura e manejo florestal. Em *Eucalyptus benthamii*, por exemplo, a ocorrência de poros numerosos (60-150 poros/mm²), de secção arredondada ou oval e principalmente solitários, em arranjo diagonal e com placas de perfuração simples ou oblíquas, favorece a penetração e impregnação do licor de cozimento kraft nos cavacos. A abundância de poros, implica em menor densidade da madeira, proporcionando menor rendimento de pasta e maior consumo relativo de produtos químicos (Alves et al., 2011).

O parênquima radial, heterogêneo, reúne células procumbentes ao centro e uma fileira de células quadradas nas margens, ou se mostra homogêneo, de células procumbentes, atestando a variabilidade dessa estrutura no lenho dos eucaliptos. Para o conjunto das Mirtáceas, Record & Hess (1949) destacam a predominância de raios nitidamente heterogêneos, salientando-se, todavia, a ocorrência de raios homogêneos uni a trisseriados e com células apenas procumbentes em algumas espécies do gênero.

Em *Eucalyptus* sp., a constituição dos raios é caráter bastante variável. Alzete (2009), em estudo de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, evidenciou a presença exclusiva de raios homogêneos, compostos inteiramente de células procumbentes. Pirralho et al. (2014) referem raios homogêneos e heterogêneos para *Eucalyptus camaldulensis* Dehn., *E. globulus*

Labill., *E. ovata* Labill., *E. propinqua* Labill. e *E. tereticornis* Sm.

No material em estudo, as fibras, não septadas, médias a curtas, com pontuações menores do que 3µm e abertura em fenda vertical, tanto nas faces radiais como tangenciais da parede, concordam com o descrito por Pirralho et al. (2014) para nove espécies de *Eucalyptus* cultivadas em Portugal.

Fibras curtas e com paredes delgadas a espessas foram igualmente relatadas por Nisgoski et al. (1998) para a espécie em estudo. O comprimento das fibras, reportado pelos mesmo autores, variou de 800 a 850 µm. Para as madeiras de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e do híbrido *E. grandis* x *urophylla*, Brisola & Demarco (2011) encontraram apenas fibras curtas, estreitas a médias e de paredes delgadas a espessas. Fibras de paredes espessas (=5 µm), foram referidas por Pirralho et al. (2014) para *Eucalyptus globulus* e *E. maculata*.

Apesar da variabilidade, a estreita correlação existente entre os valores quantitativos de fibras (comprimento, largura e espessura de parede) e fatores genéticos, ambientais e idade da árvore confere importância à determinação dos referidos caracteres anatômicos, com vistas à formulação de previsões sobre o comportamento da polpa no processo industrial, uma vez que esse tipo celular, por ser o mais abundante em madeiras de *Eucalyptus*, implica, diretamente, no rendimento e qualidade do produto final. Fibras de maiores comprimentos, por exemplo, favorecem a resistência ao rasgo; fibras mais curtas, por sua vez, propiciam melhor formação da folha de papel. Gomide et al. (2005) relatam que fibras com parede celular mais espessa conferem maior opacidade e maciez aos papéis para impressão ou escrita, e papéis “tissue”, respectivamente.

A presença de traqueídes vasculares em *Eucalyptus benthamii* parece constituir novidade, visto que o caráter não foi mencionado por Alves et al. (2011) e Nisgoski et al. (1998).

Cabe ressaltar, por fim, que algumas carac-

terísticas anatômicas, principalmente as quantitativas, podem diferir, sensivelmente, no lenho adulto. Embora juvenil, o lenho de *Eucalyptus benthamii* presentemente investigado mostra-se promissor para uso na indústria de celulose e papel.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Superior de Agronomia (Lisboa) e à CMPC– Celulose Riograndense (Guaíba), pelo apoio na realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSO, V. A. *Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de Eucalyptus L' Herit. cultivadas no Brasil*. São Paulo: Instituto de Biociências/Universidade de São Paulo, 1987. 188 p. Tese de Doutorado.
- ALVES, I.C.; GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; SILVA, E.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.
- ALZETE, B. A. Estrutura anatômica da madeira de clones de *Eucalyptus*. *Revista investigaciones aplicadas*, Medellín, v. 5, p. 1-14, 2009.
- ANDRADE, E.N. *O eucalipto*. Jundiaí, Cia Paulista de Estradas de Ferro. 1961. 667 p.
- BAMBER, R.K. The wood anatomy of *Eucalyptus* and papermaking. *Appita*, v. 38, p. 210-216. 1985.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel. *Série Divulgação PRODEPEF*, Brasília, n. 13, p. 1-145, 1976.
- BRAZ, R.L.; OLIVEIRA, J.T.S.; ROSADO, A.M.; VIDAURRE, G.B.; PAES, J.B.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOIOLA, P.L. Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. *Ciência da Madeira*, v. 5, n. 2, p. 127-137, 2014.
- BRISOLA, S.H.; DEMARCO, D. Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. grandis x urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 317-330, 2011.
- BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. *Anatomia da Madeira*. São Paulo: Ed. Nobel, 1991. 154 p.
- DADSWELL, H.E.; BURNELL, M. Methods for the identification of the coloured woods of the genus *Eucalyptus*. *Council for Scientific and Industrial Research*, Melbourne. Division of Forest Products. Technical Paper 5. 1932.
- DADSWELL, H.E. The anatomy of Eucalypt woods. CSIRO (Aust.), *Div. Appl. Chem. Techno.* Pap. n. 66. 1972.
- DÉTIENNE, P.; JACQUET, P. *Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et des regions voisines*. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, 1983. 640 p.
- DÖLL BOSCARDIN, P. M. *Morfoanatomia, fitoquímica e atividades biológicas de Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage – Myrtaceae*. Paraná: Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 140 p. 2009.
- DREW, P.J. Identification of timbers. *Bulletin NSW*, Sydney, v. 7, p. 1-6, 1914.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forest & Landscape Denmark – FLD. International Plant Genetic Resources Institute – IPGRI. Forest genetic resources conservation and management. Rome: International Plant Genetic Resources Institute; 2004.
- GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; OLIVEIRA, R.C.; SILVA, C.M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.
- HIGA, A.R.; CARVALHO, P.E.R. Sobrevivência e crescimento de doze espécies de eucalipto em Dois Vizinhos, Paraná. In: Anais do VI Congresso Florestal Brasileiro; 1990. Campos do Jordão, São Paulo, 1990. p. 459.
- HIGA, R.C.V. Aspectos ecológicos e silviculturais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. *Boletim de Pesquisa Florestal*, v. 38, p. 121-123, 1999.
- HIGA, R.C.V.; PEREIRA, J.C.D. Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Colombo: *Embrapa Florestas*; 2003.
- HILLIS, W.E. Properties of Eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. *Appita*, v. 26, p. 113-121, 1972.
- HILLIS, W.E. Wood quality and utilisation. In: *Eucalypts for wood production* (eds. W. E. Hillis

- and A.G. Brown): 259-289. *Div. Appl. Chem. Techno.* 1978.
- IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Journal*, v. 10, n. 3, p. 218-359, 1989.
- IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. São Paulo, 2015. 80 p.
- INGLE, H.D.; DADSWELL, H.E. The anatomy of the timbers of the south-west Pacific area. III. Myrtaceae. *Aust. J. Bot.*, v.1, p. 353-401, 1953.
- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198 p.
- LANDRUM, L.R.; KAWASAKI, M.L. The genera of Myrtaceae in Brazil: an illustrated synoptic treatment and identification keys. *Brittonia*, v. 49, n. 4, p. 508-536, 1997.
- LITTLE, K.M.; GARDNER, R.A.W. Coppicing ability of 20 *Eucalyptus* species grown at two high-altitude sites in South Africa. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 33, n. 2, p.181-189, 2003.
- MARCHIORI, J.N.C. *Estudo anatômico do xilema secundário de algumas espécies dos gêneros Acacia e Mimosa, nativas no estado do Rio Grande do Sul*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1980. 186 p. Dissertação de Mestrado.
- METCALFE, C.R.; CHALK, L. *Anatomy of the Dicotyledons*. Oxford: Clarendon Press, 1972, 1500 p.
- METCALFE, C.R.; CHALK, L. *Anatomy of the Dicotyledons*. Wood structure and conclusions of the general introduction. Oxford: Clarendon Press, 1983.
- MÜLLER, B.V.; ROCHA, M.P.; CUNHA, A.B.; KLITZKE, R.J.; NICOLETTI, M.F. Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. *Floresta e Ambiente*, 2014.
- NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G.I.B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 67-76, 1998.
- OLIVEIRA, J.T.S. *Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil*. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1998. 429 p. Tese de Doutorado.
- PEREIRA, J.A. Contribuição para a identificação macrográfica das nossas madeiras. *Anuario da Escola Polytechnica*, São Paulo, 1933. p. 1-165, Boletim n. 9.
- PIRRALHO, M.; FLORES, D.; SOUSA, V.B.; QUILHÓ, T.; KNAPIC, S.; PEREIRA, H. Evaluation on paper making potential of nine *Eucalyptus* species based on wood anatomical features. *Ind. Crops Prod.*, v. 54, p. 327-334, 2014.
- PRYOR, L. D. *Australian endangered species: Eucalyptus*. Canberra: Commonwealth of Australia, 1981.
- RECORD, S.J.; HESS R.W. *Timbers of the New World*. New Haven: Yale Univ. Press, 1949. 640 p.
- SANTOS, S.R. dos.; SIEGLOCH, A.M.; MARCHIORI, J.N.C. Análise de agrupamento de 16 gêneros e 71 espécies de Myrteae, com base em dados da anatomia da madeira. *Balduinia*, Santa Maria, n. 47, p. 24-33, 2015.
- SILVA, L.D.; HIGA, A.R.; SANTOS, G.A. *Silvicultura e melhoramento genético de Eucalyptus benthamii*. Curitiba: FUPEF, 2012. 150 p.
- TOMAZELLO FILHO M. Variação da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmeniodes*. *IPEF*, v. 36, p. 35-42, 1987.
- TOMAZELLO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucaliptos cultivadas no Brasil. *IPEF*, Piracicaba, v. 29, p. 25-36, 1985a.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. *IPEF*, Piracicaba, v. 29, 37-45, 1985b.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus gummifera*, *E. microcorys* e *E. pilularis*. *IPEF*, Piracicaba, v. 30, p. 45-54, 1985c.
- TRUGILHO, P.F. BIANCHI, M.L.; GOMIDE, J.L.; SCHUCHARDT, U. Classificação de clones de *Eucalyptus* sp. visando à produção de polpa celulósica. *Revista Árvore*, v. 28, n. 6, p. 895-899, 2004.
- VLIET, G. J. C. van; BAAS, P. Wood anatomy and classification of the Myrtales. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, n. 71, p. 783-800, 1984.
- WIEDENBRUG, W. Maderas chilenas: contribución a su anatomía e identificación. *Lilloa*, Tucuman, n. 16, p. 263-375, 1948.

WILKES, J. Variations in wood anatomy within species of Eucalyptus. *IAWA Bulletin*, v. 9, n. 1, p.13-23, 1988.

WILKES, J.; D. ABBOTT. Influence of the rate of tree growth on the anatomy of eucalypt species. *Appita*, v. 37, p. 231-232, 1983.