



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MORFOLOGIA DA FIBRA E ÍNDICES DE RESISTÊNCIA DO PAPEL DA ESPÉCIE DE *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch

Helena Cristina Vieira¹
Dianessa Danielli²
Rodrigo Buss³
Deyvis Waltrick Borges³
Talitha Oliveira Rosa³
Carolina Alves Carvalho³
Angela Gaa³
Polliana D'Angelo Rios⁴

¹ UDESC - CAV Departamento de Tecnologia da madeira.

² Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC Departamento Engenharia Florestal

³ Universidade do Estado de Santa Catarina

⁴ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DA MADEIRA E ÍNDICES DE RESISTÊNCIA DO PAPEL DA ESPÉCIE DE *Eucalyptus badjensis*

Resumo: Para competir no mercado internacional, o setor papelero exige o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos de qualidade diferenciada. Isso aumenta cada vez mais a busca por espécies alternativas para suprir as necessidades deste setor. Sendo que os estudos sobre esta espécie ainda são incipientes o objetivo deste trabalho foi avaliar as características das fibras no sentido longitudinal da madeira de *Eucalyptus badjensis* para utilização na fabricação de papel. Para isto os elementos celulares foram individualizados em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio (1:1) e foram mensurados nas fibras o diâmetro do lume, largura da fibra, comprimento da fibra e espessura da parede a partir destas medições foram calculados índices indicativos da qualidade da polpa celulósica: Índice de Runkel, Coeficiente de Flexibilidade, Índice de Enfeltramento e Fração Parede de 3 indivíduos no sentido longitudinal da árvore. A madeira de *Eucalyptus badjensis* demonstrou resultados abaixo do esperado para o Coeficiente de Flexibilidade, o que resulta no aumento da rigidez dificultando a união entre as fibras. Por outro lado, o Índice de Runkel, Fração Parede e o Índice de Enfeltramento apresentaram valores satisfatórios para produção de papel. Conclui-se que os índices obtidos neste estudo apresentaram fibras com características anatômicas desejadas para produção de celulose e papel, no entanto, faz-se necessário a realização de mais estudos para confirmação destas características.

Palavras-chave: Polpa celulósica; *Eucalyptus badjensis*; características das fibras.

ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF WOOD AND RESISTANCE INDICES OF PAPER OF THE SPECIES OF *Eucalyptus badjensis*

Abstract: To compete in the international market, the paper industry requires the development of new technologies and products of differentiated quality. For this, the search for alternative species to meet the needs of this sector is increasing. The *Eucalyptus badjensis* species is a highly potential species due to the high growth rate and high frost resistance. Since the studies on this species are still incipient the objective of this work was to evaluate the characteristics of the fibers in the longitudinal direction of *Eucalyptus badjensis* wood for use in papermaking. For this, the cellular elements were individualized in solution of acetic acid and hydrogen peroxide (1: 1) and the fiber diameter, fiber width, fiber length and wall thickness were measured in the fibers and from these measurements were Calculated indexes of cellulose pulp quality: Runkel Index, Flexibility Coefficient, Envelope Index and Wall Fraction of 3 individuals in the longitudinal direction of the tree. The *Eucalyptus badjensis* wood showed below-expected results for the Flexibility Coefficient that results in increased stiffness, making it difficult to bond between the fibers. On the other hand, the Runkel Index, Wall Fraction and the Envelope Index presented satisfactory values for paper production. Thus, it is concluded that the indexes obtained in this study presented fibers with anatomical characteristics desired for pulp and paper production, however, it is necessary to carry out further studies to confirm these characteristics.

Keywords: Cellulose pulp; *Eucalyptus badjensis*; Characteristics of the fibers.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

Ocupando hoje o quarto lugar no ranking mundial de produção de celulose, o Brasil consolidou sua posição no mercado mundial da *commodity*. Grande parte disso se deve às extensas áreas com árvores plantadas no país. Segundo IBÁ, em 2015, obteve um total de 7,8 milhões de hectares plantados, onde 34% pertencem às empresas do segmento de celulose e papel.

Conforme Faria (2016), sabe-se que grande parte do sucesso brasileiro na produção de polpas branqueadas, em especial às de fibra curta, se deve ao grande avanço tecnológico que se obteve com técnicas visando à melhoria genética de espécies do gênero *Eucalyptus*. De acordo com Gomide et al. (2005), a espécie se destaca por apresentar rápido crescimento (ciclo de corte entre 5 a 7 anos) e alta produtividade (45 m³/ha/ano).

A fibra curta é originada das angiospermas, mais conhecidas como folhosas ou *hardwood*, se destacando o *Eucalyptus*. Já a longa, encontrada nas gimnospermas, também referidas como coníferas ou *softwood*, entre elas o *Pinus*. Cada fibra tem propriedades que a tornam mais adequada à fabricação de determinados tipos de papéis. Geralmente, a celulose de fibra longa confere maior resistência mecânica ao papel, ao passo que a de fibra curta garante maior maciez, absorção e opacidade (VIDAL e HORA, 2014).

Para competir no mercado internacional, o setor papelero exige o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos de qualidade diferenciada aliado à um preço competitivo, que visa suprir as necessidades desse setor. Buscando se destacar nesse setor, na inovação e desenvolvimento de novos produtos, aumenta cada vez mais a busca por espécies alternativas na produção.

Por se tratar de um gênero formado por mais de 600 espécies e sub-espécies (RAPASSI et al., 2008), o *Eucalyptus* tem grande potencial de exploração. No Brasil as espécies mais utilizadas para reflorestamento são *E. viminalis*, *E. benthamii*, *E. badjensis*, *E. dunnii*, *E. deanei*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. pilularis*, *E. robusta* (CASTRO, 2014).

Eucalyptus badjensis Beuzev. & Welch é nativo de uma área restrita ao Sudoeste do estado de Nova Gales do Sul, Austrália (HIGA e ALVES, 2002a). Caracteriza-se por ser uma árvore de tamanho médio alto, com imperfeições nas cascas do tronco, sendo estas mais suaves na parte superior do vegetal. Muito utilizada para sombra e abrigo, possui uma madeira de boa qualidade, de cor pálida e moderadamente durável, frutos e flores geralmente de pequeno tamanho com floração entre fevereiro e março. Mostra-se uma espécie altamente potencial para plantios no sul do Brasil, em função da alta taxa de crescimento e alta resistência a geadas (HIGA e ALVES, 2002b).

Para a avaliação da qualidade de uma determinada madeira como potencial para produção de polpa celulósica, envolve-se estudos sobre a sua constituição química e anatômica, assim como das características tecnológicas da transformação da madeira em polpa celulósica (GOMIDE et al, 2010).

Sabe-se que no Brasil, estudos sobre *Eucalyptus badjensis* ainda são incipientes. Portanto neste trabalho, objetivou-se avaliar as características das fibras no sentido longitudinal da madeira de *Eucalyptus badjensis* para utilização na fabricação de papel.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do presente trabalho foram selecionados aleatoriamente 3 indivíduos da espécie de *Eucalyptus badjensis* Beuzev. com 7 anos de idade, provenientes de povoamentos localizados na região do Salto Caveiras no Município de Lages (27° 48' 58" S, 50° 19' 34" W), Santa Catarina.

A amostragem do material constituiu-se da retirada de discos das alturas 0%, 25%, 50%, 75% e 100% referente à altura comercial das árvores (Figura 1). Cada disco foi cortado em 4 cunhas, de cada cunha foi retirado um corpo de prova devidamente orientado da região intermediária localizada entre a medula e a casca da cunha com dimensões de 2x2x3 cm (Figura 2).

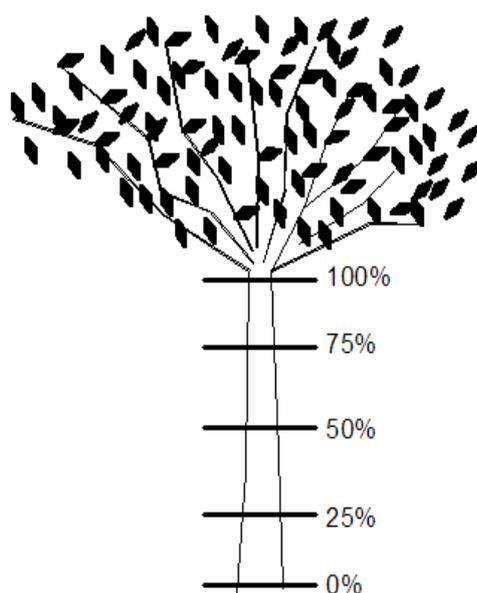


Figura 1. Amostragem dos discos ao longo do fuste.

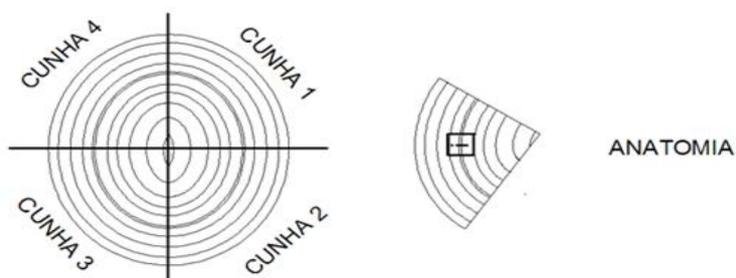


Figura 2. Amostragem dos corpos para a caracterização anatômica (região intermediária das cunhas 2 e 4).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para a mensuração das características das fibras foi utilizado o processo de maceração de acordo com a metodologia descrita por Franklin (1975), utilizando solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético 1:1, permanecendo em estufa a 60°C por 24h.

A mensuração dos elementos anatômicos foi feita utilizando o *Software* Leica Measure V 6.1, onde foram mensurados nas fibras o diâmetro do lume (d), largura da fibra (D), comprimento da fibra (C) e espessura da parede (e). Assim, a partir destas medições foram calculados índices indicativos da qualidade da polpa celulósica a ser produzida (FOELKEL; BARRICHELO, 1975): Índice de Runkel (IR: $2e/d$), Coeficiente de Flexibilidade (CF: $(d/D) \times 100$), Índice de Enfeltramento (IE: C/D) e Fração Parede (FP: $(2e/D) \times 100$).

Para análise estatística foi confirmado a normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e da homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Na análise e avaliação dos resultados foi empregado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

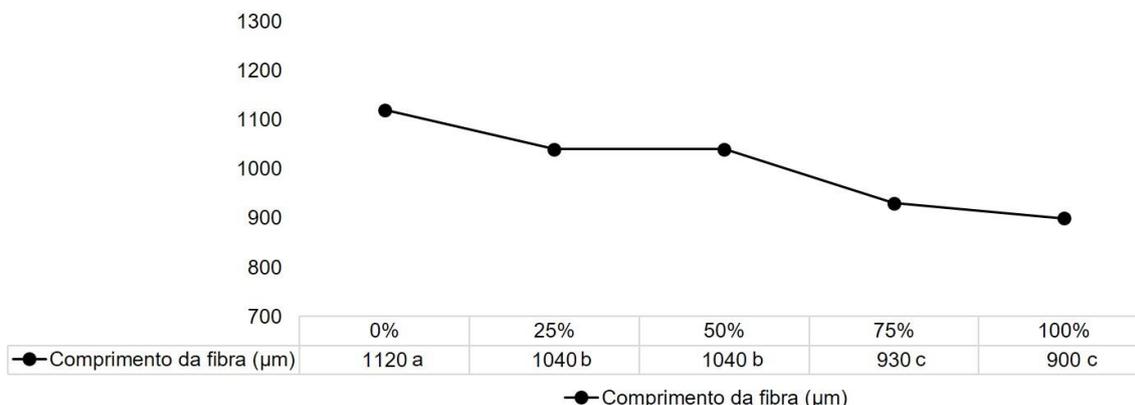
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diâmetro do lume da fibra apresentou redução nas avaliações realizadas no sentido base topo da árvore, com valores decrescentes, variando de 6,7 a 8,7 μm , nas mensurações 0 e 25% da árvore foi obtido os maiores valores, os mesmos não apresentaram diferença estatística entre si, já nas avaliações das secções subseqüentes o diâmetro do lume apresentou valores inferiores, que não diferiram estatisticamente entre si. As mensurações do presente trabalho assemelham-se aos valores encontrados por Barrichelo e Brito (1976), para as espécies de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cloeziana* e *E. torelliana*.

A largura de fibra apresentou valores decrescentes no sentido base topo da árvore, com valores que variaram de 17,08 a 15,08 μm , a largura mais expressiva foi observada na posição de 0% com 17,08 μm .

O comprimento de fibra demonstrou resultados decrescentes no sentido base topo da árvore, os comprimentos variaram de 900 à 1.120 μm , sendo o maior comprimento de fibra encontrado na porção da base da árvore. Os resultados da mensuração do comprimento de fibra podem ser visualizados na Figura 3. Os valores deste trabalho são semelhantes aos encontrados por Alves et al. (2011) em seu estudo com a espécie de *Eucalyptus benthamii*, obtiveram valores médios de 960 μm para comprimento de fibra.

Características Anatômicas do *E. badjensis*



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Características Anatômicas do *E. badjensis*

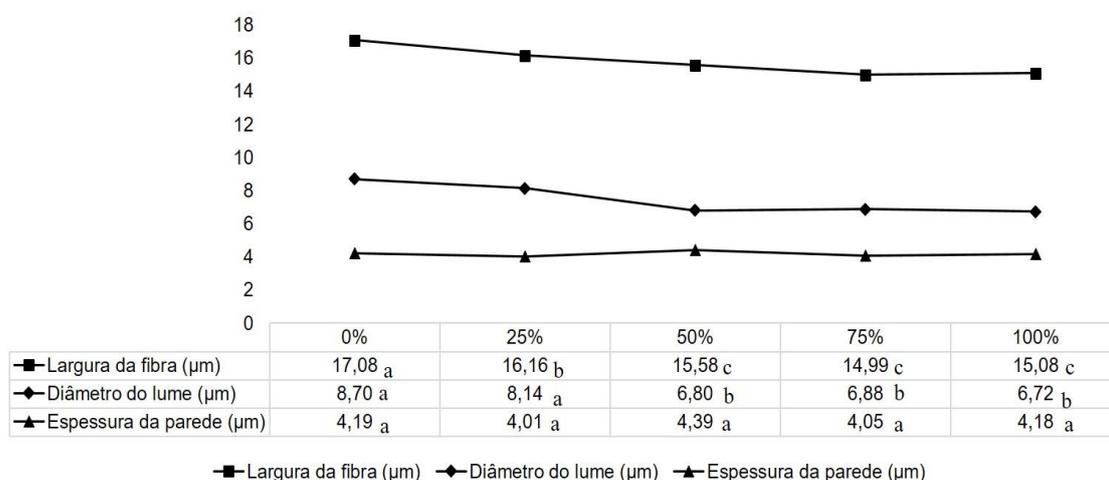


Figura 3. Valores médios das características anatômicas da madeira da espécie de *E. badjensis*. *Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Os valores de Largura de fibra, Diâmetro do lume e Espessura da parede podem ser visualizados na Figura 3. A espessura de parede apresentou valores entre 4,39 e 4,01 µm na seção base topo da árvore, sendo que os valores não diferiram estatisticamente entre si. Os resultados do presente estudo assemelham-se aos encontrados por Barrichelo e Brito (1976), para o *Eucalyptus grandis* e *E. camaldulensis*.

Os valores com o índice de Runkel, Coeficiente de Flexibilidade, Índice de enfeltramento e Fração parede podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de índices de qualidade das fibras para produção de polpa celulósica e papel da espécie *Eucalyptus badjensis*.

Posição no tronco (%)	Índice de Runkel	Coeficiente de Flexibilidade (%)	Índice de Enfeltramento	Fração Parede (%)
0%	1,01 a	49,53 a	67,62 a	48,69 a
25%	1,03 a	48,86 a	65,96 a	48,98 a
50%	1,35 b	42,49 b	68,73 a	55,89 b
75%	1,24 c	44,56 c	65,12 a	53,96 c
100%	1,28 d	43,60 c	61,16 b	55,07 d

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O Coeficiente de Flexibilidade e o índice de Runkel são indicativos da flexibilidade da fibra e da sua capacidade de realizar ligações na rede fibrosa.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

As fibras com índice de Runkel de até 2 são as mais indicadas para formação de papel, conforme Rocha e Potiguara (2007). A eficiência das fibras é reduzida acima desse valor, quando tendem a diminuir sua flexibilidade e gerar menos ligações entre si, o que pode prejudicar as propriedades do papel formado.

Os índices de Runkel obtidos para as diferentes posições do tronco, ficaram entre 1,01 e 1,28, os quais pode-se classificar como de qualidade desejável para produção de papel. Onde nas posições de 0 e 25% não houve diferença estatística.

Quanto maior o Coeficiente de Flexibilidade, mais flexível se torna a fibra, o que contribui para o aumento na resistência ao arrebentamento, uma vez que aumenta o número de ligações entre as fibras (FOELKEL; BARRICHELO, 1975).

Para as posições avaliadas obteve-se um CF maior na posição 0% do tronco que foi de 49,53%, e a menor na posição 100% do tronco de 43,60%. Os resultados encontrados sugerem que há pouca união entre as fibras, com pouca superfície de contato, ocorrendo maior rigidez das fibras.

A média do Índice de Enfeltramento (IE) para a espécie de *Eucalyptus badjensis* foi de 65,72, o maior valor foi encontrado na posição de 50% com valor de 68,73, enquanto o menor foi encontrado na posição de 100% da posição do tronco, com valor de 61,16, os valores encontrados nas posições de 0, 25, 50 e 75% da árvore não diferem estatisticamente entre si. O Índice de Enfeltramento tem relação direta com a resistência ao rasgo e arrebentamento indica que valores acima de 50 apresentam boas características para o papel, quando relacionadas ao rasgo e dobras duplas (BALDI, 2001; MOGOLLÓN; AGUILERA 2002).

Os valores encontrados no presente estudo são superiores aos encontrados por Menegazzo (2012) para as espécies de *E. grandis* e *E. urophylla*, os quais tiveram IE de 49,32 e 45,44 respectivamente. Valores maiores de IE indicam que o papel gerado possuirá maior resistência ao rasgo e arrebentamento ao estouro.

A Fração Parede é o valor que indica a rigidez da fibra, associa-se à facilidade de colapso e à flexibilidade para ligação das fibras. É a razão entre a espessura da parede celular e a metade da largura da fibra. Quanto maior a fração parede mais rígidas são as fibras e menor área de contato entre elas. Os valores médios encontrados para fração parede, estão dentro dos recomendados por Foelkel (1978), que indicou valores inferiores a 60%, considerando que valores superiores a este, tem-se fibras rígidas que não se interligam facilmente, o que afeta a formação da folha e, conseqüentemente, as propriedades físico-mecânicas e ópticas do papel. Com o menor valor encontrado de 48,69% para a posição 0% e o maior valor de 55,89% para a posição de 50%.

4. CONCLUSÃO

A madeira de *Eucalyptus badjensis* demonstrou resultados abaixo do esperado para o Coeficiente de Flexibilidade que resulta no aumentando da rigidez, dificultando a união entre as fibras. Por outro lado, o Índice de Runkel, a Fração parede e o Índice de Enfeltramento apresentaram valores satisfatórios para produção de papel, quando comparado com trabalhos utilizando espécies de *Eucalyptus*.

Os índices obtidos neste estudo com madeira proveniente de plantio experimental de *Eucalyptus badjensis* apresentou fibras com características anatômicas desejadas para produção de celulose e papel, no entanto, faz-se necessário a realização de mais estudos

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

para confirmação destas características, a fim de viabilizar e ensaiar sua utilização na produção de papel em escala industrial e em misturas, além da análise econômica de viabilidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, I. C. N. et al. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose Kraft. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 1, p.167-174, mar. 2011.

BALDI, F. Il Processo di produzione dele paste chimiche e il loro trattamento. In: CORSO DI TECNOLOGIA PER TECNICI CARTARI, 8., 2000, Verona. Anais... Verona: Scuola Grafica Cartaria, 2001. 41p.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para a produção de celulose sulfato branqueada(*). *Ipef*, N.13, P.9-38,, Espírito Santo, n. 13, p.9-38, 1976.

CASTRO, I. A. de. Resíduo de couro “wet blue” após a extração do cromo: uso como fertilizante nitrogenado em plantação de eucalipto. Dissertação Universidade Federal de Lavras, 93 p. 2014.

FARIA, B. D. F. H. D., PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DA POLPA CELULÓSICA E PAPÉIS OBTIDOS DE MISTURAS DAS MADEIRAS DE *Eucalyptus* sp. E *Pinus* sp., Viçosa, MG, 2016.

FOELKEL, C.E.B. Madeira do eucalipto: da floresta ao digestor. *Boletim Informativo IPEF*, v.6, p.72-87, 1978.

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP – Semana do Papel, 8. São Paulo, 1975. Anais São Paulo: ABTCP, 1975. p.40-53.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. DE; SILVA, C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. *Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

GOMIDE, J. L.; FANTUZZI NETO, H.; REGAZZI, A. J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose Kraft. *Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 339-344, 2010.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; ALVES, E. C. Comportamento de Progênies de *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch em Dois Locais da Região Sul do Brasil. *Boletim de Pesquisa Florestal*, n. 45, p. 89--97, 2002b.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; ALVES, E. C. *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch Espécie Potencial para Produção de Madeira e Óleos Essenciais no Sul do Brasil. 2002a.

IBÁ. INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório IBÁ 2015. 2015. São Paulo. Disponível em: Acesso em: 15 abril 2017.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

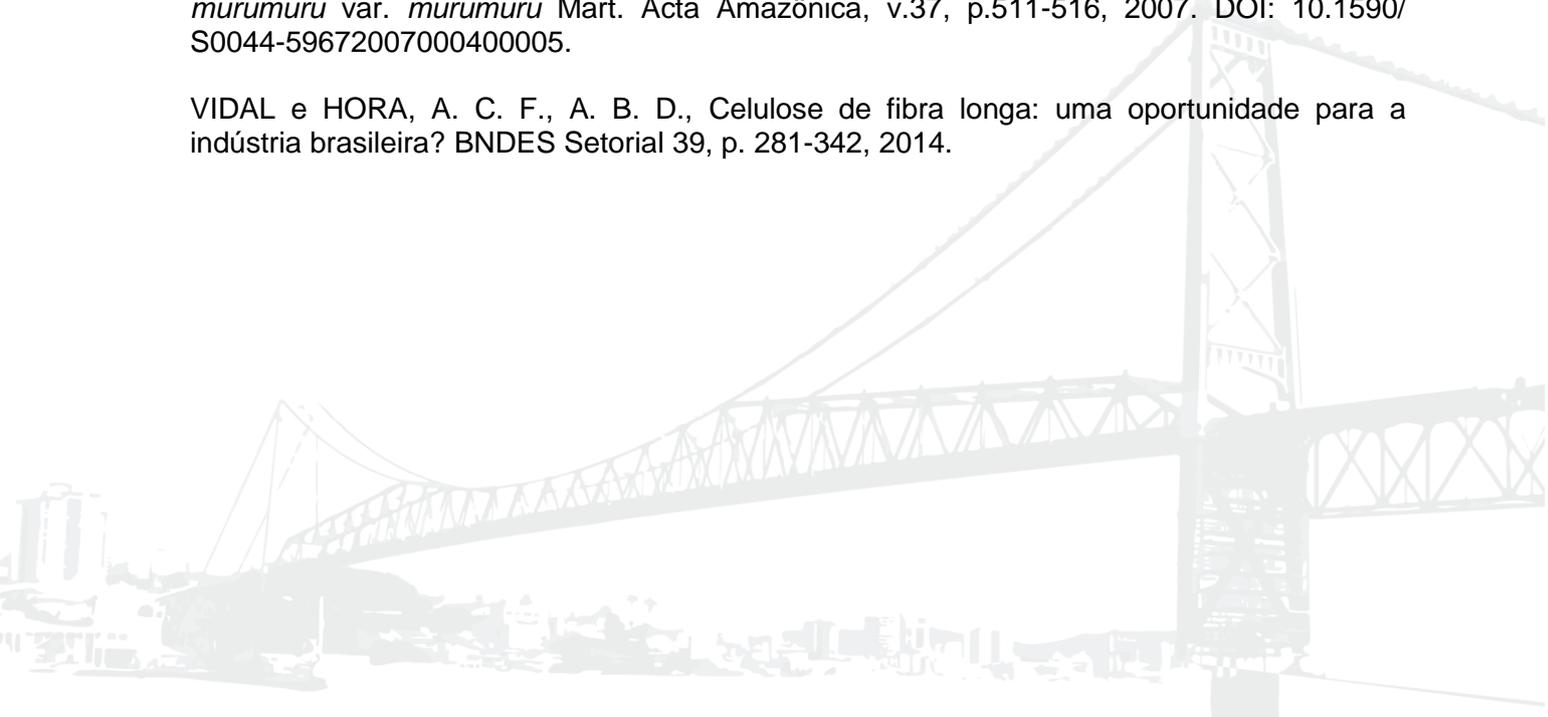
MENEGAZZO, Miguel Lara. Características morfológicas de celuloses branqueadas de pinus e eucaliptos em analisador óptico automático de fibras. Local: Botucatu Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2012. Dissertação de mestrado.

MOGOLLÓN, G.; AGUILERA, A. Guia teórica y práctica de morfología de la fibra. Mérida: Universidad de Los Andes, 2002. 48p.

RAPASSI, R. M. A.; TARSITANO, M. A. A.; PEREIRA, J. C. R.; ARAÚJO, C. A. M. Cultura do eucalipto na região de Suzanópolis, estado de São Paulo: Análise econômica. Inf. Econ., v. 38, p. 7-13, 2008.

ROCHA, C.B.R.; POTIGUARA, R.C. de V. Morfometria das fibras das folhas de *Astrocaryum murumuru* var. *murumuru* Mart. Acta Amazônica, v.37, p.511-516, 2007. DOI: 10.1590/S0044-59672007000400005.

VIDAL e HORA, A. C. F., A. B. D., Celulose de fibra longa: uma oportunidade para a indústria brasileira? BNDES Setorial 39, p. 281-342, 2014.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

