

INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DE CAVACOS DE *EUCALYPTUS* NA PRODUÇÃO DE CELULOSE

Hianka Karolliny dos Santos Dantas Araujo¹; Débora Cristiane Nogueira^{2,4}; Matheus Pereira de Brito Mateus^{3,4*}

¹ Graduanda em Agronomia, Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS; ² Engenheira Agrônoma, Doutora em Sistemas de Produção – UNESP; ³ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Sistemas de Produção – UNESP; ⁴ Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS;

* autor correspondente: matheus.cpcs@gmail.com

RESUMO

As plantações de eucalipto se tornaram um recurso valioso para as indústrias da madeira e das fibras. Com o aumento das exportações da celulose brasileira e incrementação de investimento do setor florestal em pesquisa e desenvolvimento de técnicas de manejo florestal, a qualidade da madeira é um fator muito importante quando o objetivo é a produção de celulose, visando o rendimento industrial, baixo custo e alta qualidade. Há uma forte dependência dos fatores físicos, químicos e anatômicos da matéria-prima fibrosa para a produção de produtos com qualidade. Entre as diversas variáveis que afetam o processo de produção de celulose, destacam-se características físicas, como a densidade e tamanho do cavaco. Conhecendo o processamento de toras de eucalipto para produção de celulose, e a influência da qualidade da madeira como matéria-prima e das dimensões dos cavacos no processo de produção de polpa celulósica. Existem boas razões para relacionar a produtividade com qualidade de cavacos. Levando em consideração as tentativas para melhorar a eficiência da produção de celulose, é importante obter-se conhecimento sobre essas influências. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica e discorrer sobre a influência da dimensão e qualidade dos cavacos na produção de celulose. Para produção de celulose com padrões desejáveis, considerou-se essencial o monitoramento das etapas envolvidas no processamento dos cavacos.

PALAVRAS-CHAVE: eucalipto; celulose; cavaco; produção.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* pertence à família das Mirtáceas, tem grande importância comercial para economia brasileira. O Brasil possui solo e clima favoráveis para a implantação de florestas, e isso influencia diretamente no sucesso dos plantios de eucalipto em território nacional. Outros fatores que colaboram para o destaque desse gênero são as condições de adaptação, crescimento e

diversificação do uso de sua madeira como matéria-prima (EMBRAPA, 2019).

As plantações de eucalipto têm se tornado um recurso valioso para as indústrias da madeira e das fibras. A madeira de eucalipto pode ser potencialmente convertida em grande variedade de produtos de interesse econômico, dando destaque a produção de celulose e papel. Além disso, quando comparado outras espécies de madeira macia, as fibras de eucalipto têm substancialmente

qualidades de resistência mais elevadas (SENG HUA et al., 2022) O eucalipto se tornou a principal matéria-prima dos mais diversos setores industriais de base florestal, e tem sido o principal gênero florestal plantado no Brasil para a produção de madeira destinada à indústria de celulose, para a produção de diversos tipos de papel, tecido sintético e cápsulas de remédios e outros produtos presentes em nosso cotidiano (MOREIRA et al., 2021; QUEIROZ; SILVA, 2016).

Com o aumento das exportações da celulose brasileira e incrementação de investimento do setor florestal em pesquisa e desenvolvimento de técnicas de manejo florestal, a qualidade da madeira é muito importante quando o objetivo é a produção de celulose, visando o rendimento industrial, baixo custo e alta qualidade. Desta forma, muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas de maneira a produzir polpa celulósica de alta qualidade, para maximizar a produção e minimizar custos (JARDIM, 2017).

Há uma forte dependência dos fatores físicos, químicos e anatômicos da matéria-prima fibrosa para a produção de produtos com qualidade. Entre as diversas variáveis que afetam o processo de produção de celulose, destacam-se as características físicas, como a densidade e tamanho do cavaco, e outras características relacionadas à dimensão de fibra, quantidade de lignina, celulose e hemicelulose (DIAS; SIMONELLI, 2013). Conhecendo o processamento de toras de eucalipto para produção de celulose, há boas razões para relacionar a produtividade com qualidade de cavacos. Estes são produzidos depois do processo de picagem, são porções reduzidas obtidas das toras de tronco de árvores sadias (Figura 1). Normalmente, ocorre variações no tamanho dos cavacos e isso dificulta a operacionalização e compromete a qualidade da polpa (CAMARGO et al., 2015).

Trabalhos a respeito da influência da qualidade da madeira e das

dimensões dos cavacos com o processo de produção de polpa celulósica são necessários para futuras melhorias na eficiência da produção de celulose. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é descrever sobre a influência da dimensão e qualidade dos cavacos na produção de celulose, destacando a importância de caracterizar cavacos da madeira para se obter produtos como a celulose com maior qualidade.

2 O EUCALIPTO E O BRASIL

Em meados de 1868, o eucalipto proveniente da Austrália é introduzido no Brasil. Nos anos seguintes, é usado como lenha e dormentes para estradas de ferro da Região Sudeste (CRUZ FILHO, 2016). Em 1904, Edmundo Navarro de Andrade é responsável por instalar os primeiros estudos sobre o gênero no Brasil, com o objetivo voltado para a produção de madeira e lenha para suprir as necessidades das locomotivas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Por iniciativa do engenheiro agrônomo Navarro de Andrade, em 1919, implantam a “Coleção de Eucaliptos” com espécies provenientes de diferentes regiões do mundo. A coleção representa um marco da silvicultura mundial enfatizando a finalidade de mostrar os usos econômicos do eucalipto e divulgar seu valor histórico, técnico e científico (CASTELLANO; CAMARINHO, 2019).

Figura 1. Toras de eucalipto.



Fonte: Extraído de Altivo Floresta, 2020.

A partir de 1945, há uma crescente demanda de madeira voltadas para a produção de celulose e devido à adaptabilidade a diferentes condições climáticas e regionais, gera um aumento significativo nas áreas plantadas com eucalipto de diferentes espécies (CRUZ FILHO, 2016; DIAS; SIMONELLI, 2013).

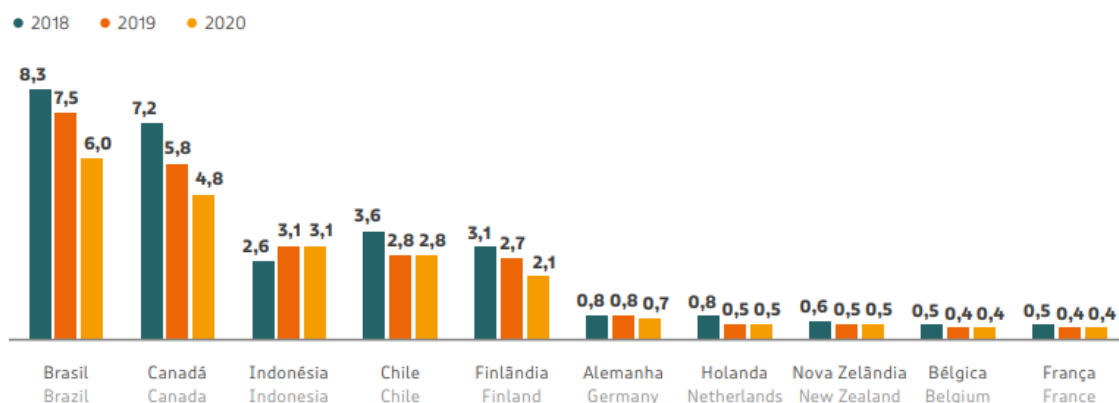
O eucalipto se torna a principal matéria-prima dos mais diversos setores industriais de base florestal, e tem sido o principal gênero florestal plantado no

Brasil para a produção de madeira destinada à indústria de celulose (MOREIRA et al., 2021). Levando-se em consideração as questões silviculturais, ambientais e socioeconômicas e avanços do Setor Florestal Brasileiro, o eucalipto se torna a espécie florestal mais plantada no mundo. Em 2020, a área total de árvores plantadas totaliza 9,55 milhões de hectares, um recuo de 1,4% em relação ao dado revisado de 2019, de 9,69 milhões de hectares (IBÁ, 2021).

Gráfico 1. Principais exportadores mundiais de celulose (US\$ Bilhões).

Leading global pulp exporters (billions of US\$)

Elaboração | Prepared by: FGV, Fonte | Source: FAO & SECEX



Fonte: Extraído do Relatório Anual IBÁ - Indústria brasileira de árvores, 2021.

Segundo o relatório de 2021 da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de celulose proveniente das florestas de eucalipto. É o maior exportador de celulose no mercado mundial, apresenta uma diferença de US\$ 1,2 bilhão a mais do que o Canadá (Gráfico 1). Com exportações de papel somando 2,1 milhões de toneladas, o Brasil está entre os 10 maiores produtores de papel do mundo (IBÁ, 2021).

A madeira do eucalipto é responsável pelo abastecimento da grande parte do setor industrial de base florestal. O sucesso da produção dessa matéria-prima é explicado, principalmente, pelas condições edafoclimáticas favoráveis e pelos investimentos direcionados a pesquisas e desenvolvimento de espécies

mais produtivas ao longo desses últimos anos (BERTOLA, 2014; QUEIROZ; BARRICHELO, 2007). A partir da década de 1990, o aumento da competitividade do setor florestal ocorreu devido o avanço tecnológico, desenvolvimento do processo e capacitação profissional (DIAS; SIMONELLI, 2013).

3 ESPÉCIES DO GÊNERO *EUCALYPTUS* MAIS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE CELULOSE

A grande diversidade de espécies de eucalipto possibilita a adaptação desse gênero às diversas condições de clima e solos brasileiros (BÔAS; MAX; MELO, 2009; FOELKEL et al., 1975;). Entretanto, algumas espécies têm-se destacado na produção de celulose no

Brasil, sendo estas *Eucalyptus alba*, *E. saligna*, *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. globulus* e *E. dunnii*. A utilização de espécies híbridas se tornou importante para silvicultura, pois proporcionam árvores com rápido crescimento, resistentes a pragas e doenças e com madeira de alta qualidade. A espécie híbrida mais utilizada hoje, (*E. grandis* x *E. urophylla*) conhecida como *E. urograndis* (Figura 2), apresenta o conjunto de características de seus progenitores, um bom crescimento (característica do *E. grandis*) com maior densidade da madeira, melhorando o rendimento e propriedades físicas da celulose (características do *E. urophylla*). A escolha da espécie ou tipo de espécies de eucalipto, é realizada em função do tipo de celulose que se pretende produzir (SEGUNDINHO et al., 2021; GONÇALEZ et al., 2014; PAIVA et al., 2013).

Figura 2. Plantio *Eucalyptus urograndis*.



Fonte: Extraído de Farias, 2013.

Para a produção de celulose, estudos afirmam que madeiras que apresentem densidade entre 0,40 e 0,58 g/cm³, alto teor de celulose e baixo teor de lignina são as melhores. Além desses fatores, a coloração mais clara pode facilitar o processo de branqueamento da celulose (PAIVA et al., 2013).

4 PRODUÇÃO DE CAVACOS

O setor de produção de papel e celulose tem investido em inovações

tecnológicas que promovem aumento na produtividade florestal e desempenho industrial; a primeira etapa é a picagem da madeira em cavacos. Estes são cruciais para todo o processo de produção de celulose e devem ser homogêneos. A utilização de máquinas picadoras para produção de cavacos possibilita a padronização de tamanho e permitir a adequação destes produtos na indústria (ARAÚJO, 2019; PEREIRA, 2017; CAMARGO, SILVA; COSTA, 2015; CERAIGIOLI, 2013).

Os cavacos são produzidos pela trituração/picagem por picadores industriais que possuem um disco rotativo de aço, munido com facas (lâminas de corte) distribuídas na área de uma de suas faces (ARAÚJO, 2019). Entretanto, não são capazes de produzir cavacos com dimensões repetidamente constantes (GRANDE, 2012).

Figura 3. Picador de madeira.



Fonte: Extraído de Soares, 2016.

A ação mecânica do equipamento gera impacto intenso sobre a madeira e pode causar microfissuras e microfraturas nas paredes e entre as células da madeira, desestabilização da tora e alteração da geometria do corte, com consequente aumento das frações indesejáveis de cavacos (FOELKEL, 2009). A picagem de toras de madeira deve manter distribuição granulométrica uniforme para facilitar a etapa de impregnação

dos cavacos com licor, no processo de cozimento de polpa para obtenção de celulose (HELLSTROM, 2008 apud SOPRANI, 2016).

4.1 Classificação dos cavacos

O levantamento de informações a respeito das principais características da madeira de eucalipto para a produção de celulose e papel é uma tarefa importante para este setor, tendo em vista a relação da qualidade de cavaco com a produção de celulose. A qualidade dos cavacos tem grande efeito na qualidade da polpa, no rendimento dos digestores, no consumo de químicos e energia, e por fim, na eficiência de produção (ARAÚJO, 2019; GRANDE, 2012; STEIN, 2010). Diante disso, como parte da caracterização da madeira proveniente do eucalipto, fatores como diâmetro da tora, teor de umidade e densidade básica da madeira são importantes, pois, contribuem para um

máximo de aproveitamento e uma melhor utilização para determinado fim (CAMARGO; SILVA; COSTA, 2015; GRANDE 2012; DEMUNER, 2011).

Estudos demonstram que o tamanho do cavaco interfere diretamente na qualidade da polpa celulósica e rendimento total. Devido a morfologia da madeira e configurações dos picadores industriais, cavacos com tamanhos variados são comumente produzidos (ARAÚJO, 2019; CERAGIOLI, 2013; GRANDE 2012). A classificação dos cavacos geralmente é feita a partir de um conjunto de peneiras com malhas diferentes sobrepostas, onde acontece a separação dos cavacos maiores dos menores. O material retido é representado por casca ou por grandes partículas de madeira com casca que passou pela peneira de retenção do picador. E assim, selecionando tamanhos ideais para determinado objetivo (NOGUEIRA, 2019).

Figura 4. Tipos de cavacos retidos em cada peneira do separador de partículas. Malhas das peneiras (mm).



Fonte: Extraído de Nogueira, 2019.

4.2 Dimensões dos cavacos

As três dimensões básicas medidas nos cavacos são: comprimento, largura e espessura. Sendo a espessura o

parâmetro mais importante, pois tem efeito direto no cozimento e rendimento, determinando a qualidade do cavaco. Porém, as três são importantes por

influenciarem na impregnação dos agentes químicos de polpação no interior da madeira. Os requisitos dimensionais dos cavacos dependem do processo empregado e das características de madeira (NOGUEIRA, 2019; GRANDE, 2012; FOELKEL, 2009).

São considerados cavacos desejáveis, aqueles que apresentam poucas variações nas características físicas e químicas, baixo percentual de finos, palitos, pouca variação de espessura e comprimento, isentos de contaminantes, densidade uniforme, impregnação homogênea, baixa degradação de polissacarídeos e alto rendimento (SOPRANI, 2016; GRANDE, 2012). Para garantir maior qualidade no processo de cozimento, cavacos com alta qualidade granulométrica, devem medir entre 15 a 25 mm de comprimento e espessura de 2 a 8 mm (FOELKEL, 2009 apud GRANDE, 2012).

Figura 5. Cavacos aceites. Cavacos com 13mm e espessuras menos que 8mm. Considerados aceites, dimensões desejáveis para o processo.



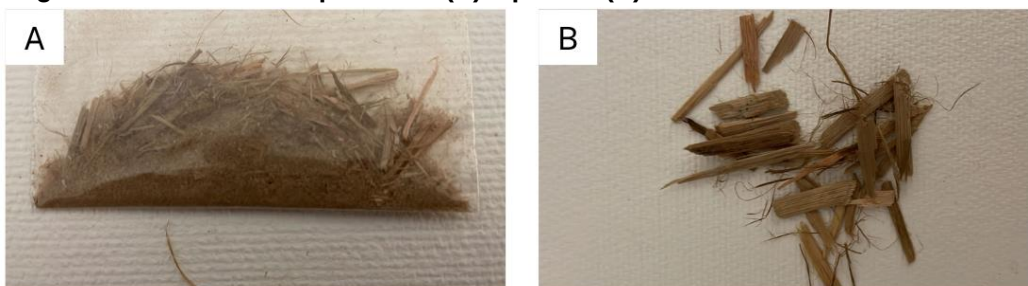
Fonte: Elaborado pelos autores (fotografia).

As dimensões dos cavacos formados na etapa de picagem devem seguir uma uniformidade para que ocorra uma impregnação homogênea e eficaz dos químicos na madeira, assim as reações necessárias durante a polpação serão mais eficientes demandando menor consumo de químicos e agredindo menos a fibra celulósica e, conseqüentemente, aumentando o rendimento da polpa (GOUVÊA et al., 2009; MOKFIENSKI, 2004).

4.3 Qualidade dos cavacos

A qualidade dos cavacos segundo Smook (2002) é definida pela uniformidade das dimensões (comprimento, espessura e espessura) e pela ausência de contaminantes (cavacos com dimensões não uniformes, contaminações de galhos finos, folhas, terra, areia, cascas, pedras etc.). A madeira com nó produz cavacos com dimensões desuniformes, mais densos. Por serem considerados rígidos e difíceis de serem reduzidos, a presença de nós aumenta perdas de rendimento na depuração da polpa. Problemas de circulação do sistema, rejeitos na polpação e desperdício de reagentes são causados por cavacos acima do tamanho desejável, por isso são redirecionados para serem reprocessados novamente ou queimados na caldeira de biomassa para a geração de energia (PEREIRA, 2009). Porém, palitos e finos (Figura 6) são considerados matéria prima perdida, uma vez que não podem ser recuperados através da repicagem (CAMARGO; SILVA; COSTA, 2015).

Figura 6. Cavacos dos tipos finos (A) e palitos (B).

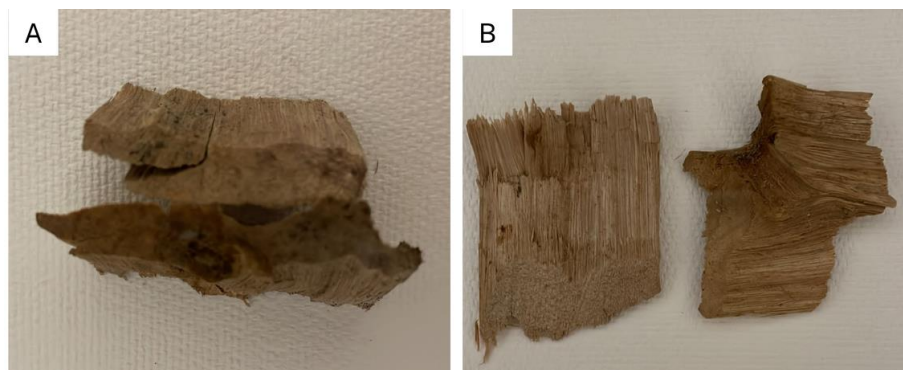


Fonte: Elaborado pelos autores (fotografia).

Cavacos muito espessos (*oversize*) (Figura 7) podem gerar polpas heterogêneas, em razão da impregnação do licor

nos cavacos de maneira desigual, comprometendo o cozimento e rendimento da produção (NOGUEIRA, 2019).

Figura 7. Cavacos *oversize* (muito espessos). Cavacos com espessuras acima de 8 mm (A) e (B).



Fonte: Elaborado pelos autores (fotografia).

5 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CELULOSE

O processo de produção de celulose sofre influência direta da qualidade da madeira utilizada, onde influenciam diretamente no rendimento da polpa (DEMUNER, 2011). Como já citado anteriormente, na etapa de picagem, as toras de madeiras são reduzidas a fragmentos, denominados cavacos, cujo tamanho influencia em todo processo, desde o manuseio até a penetração do licor de cozimento, solução aquosa de substâncias orgânicas. Após esta etapa, são aquecidos no digestor a fim de efetuar o cozimento para que ocorra a deslignificação (STEIN, 2010).

A obtenção de celulose, através destes processos, é feita em digestores nos quais a madeira, na forma de cavacos, passa por processos químicos que tem como objetivo a remoção parcial da lignina, permitindo a separação ou individualização das fibras juntamente com soluções de produtos químicos. Os cavacos são impregnados com licor de cozimento e para facilitar a ação do agente de deslignificação geralmente se empregam altas temperaturas e pressões (BARRICHELO; BRITO, 2008).

5.1 Impregnação

A adição do licor de cozimento aos cavacos já selecionados inicia o processo de impregnação dos cavacos. O cavaco é impregnado com o chamado licor branco – solução aquosa alcalina que contém reagentes como hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S). O objetivo da impregnação é distribuir o licor de cozimento uniformemente dentro dos cavacos, de maneira a efetuar o cozimento da madeira, em uma etapa conhecida como desfibramento ou deslignificação (DIAS; SIMONELLI, 2013). A impregnação ocorre em meio alcalino (pH = 12,5 a 14,0) (GRANDE, 2012).

Cavacos muito grandes são mais difíceis de serem penetrados pelo licor de cozimento e gera aumento de rejeitos e lignina residual na polpa celulósica. Cavacos muito pequenos, cozinham muito, resultam na diminuição do rendimento da polpa e resistências físico-mecânicas da celulose. A impregnação homogênea dos cavacos “aceitos” garante a eficiência do processo de cozimento (FROSSARD, 2010).

5.2 Cozimento

A polpação é um complexo de reações físico-química e a difusão dos

reagentes dentro dos cavacos é de grande importância na uniformidade da polpa. No cozimento os cavacos são impregnados com uma solução de reagentes, denominada licor branco, que degrada a lignina e liberando as fibras (GRANDE, 2012; FOELKEL, 2009). Sendo assim, ocorre a dissolução da lignina a partir da reação do licor branco com a madeira, transformando os cavacos em celulose marrom. A penetração homogênea do licor de cozimento na madeira aumenta a taxa de deslignificação e minimiza o teor de rejeitos. O licor de cozimento deve penetrar e alcançar o centro do cavaco simultaneamente nas três dimensões, caso esse fenômeno não ocorra, os cavacos não serão suficientemente impregnados pelo licor, e consequentemente a região central ficará mal-cozida, ou seja, grande parte da lignina continuará nas fibras e essa parte será separada e perdida como rejeito (FOELKEL, 2009; BARRICHELO; BRITO, 2008).

Através da adequada impregnação dos cavacos, os reagentes alcalinos entram de maneira mais uniforme na matriz lignocelulósica. A distribuição uniforme de reagentes químicos na estrutura da madeira é de fundamental importância para qualidade das polpas. Após o licor branco reagir com o cavaco, ocorre uma reação da lignina com o licor, produzindo o licor negro, onde se concentram, além da própria lignina, substâncias e impurezas presentes no cavaco. Este produto chamado de licor negro é recuperado em um ciclo fechado. Após o cozimento, a polpa celulósica é encaminhada para o processo de lavagem e branqueamento (DIAS; SIMONELLI, 2013; FROSSARD, 2010).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para produção de celulose com padrões desejáveis considera-se essencial o monitoramento da etapa de picagem da madeira, a fim de produzir cavacos

com dimensões adequadas e menos perdas durante o processo. O tamanho adequado dos cavacos e uniformidade garantem uma boa impregnação do licor branco, promovendo maior eficiência no processo de cozimento.

Sendo assim, a caracterização de cavacos se faz necessária, por gerar dados que influenciam na produção de polpa celulósica, em razão da interdependência entre as todas as etapas envolvidas no processo de transformação da madeira de eucalipto em celulose.

REFERÊNCIAS

ALTIVO FLORESTA. Disponível em: <<https://altivofloresta.com/site/produto/toras-de-eucalipto-para-serraria/>>. Acesso em: 20 set. 2022.

ANDRADE, E. N. O eucalipto. Cia Paulista, 1961. Disponível em <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3558>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

ANDRADE, E. N. The Eucalyptus in Brazil. Journal of Heredity (Organ of the American Genetic Association), Washington, D. C., v. 32, n. 7, p 210-240, 1941.

ARAÚJO, A. R. C. Avaliação das perdas de madeira no processo de produção de cavacos para obtenção da polpa celulósica. O papel [S.l.: s.n] v. 80, n. 12, p. 74-81, dez. 2019.

BARBOSA, M. Morfoanatomia e composição química de *Eucalyptus Urograndis*, cultivado na região de Gampo Grande – MS. Conic-Semesp, São Paulo, 2018. Disponível em: < <https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2014/1000018712.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2022.

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, 1976.

BERTOLA, A. Eucalipto - 100 Anos de Brasil – “Falem mal, mas continuem falando de mim”. 2014. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Eucalipto_100%20anos%20de%20Brasil_Alexandre_Bertola.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2022.

BRISOLA, S; 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. Set 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/16386>>. Acesso em: 10 set. 2022.

CAMARGO, S. K. C. A. et al. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 813-820, dez. 2015.

CASTELLANO, G.; CAMARINHO, R. Coleção centenária de eucaliptos na Floresta Estadual "Edmundo Navarro de Andrade". [S.l.: s:n], 2019.

CERAGIOLI, N. S. Qualidade de cavacos produzidos em sistemas florestais de curta rotação de eucalipto para fins energéticos. 2013. 47 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90647>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

CRUZ FILHO, I. J. da. Separação dos principais componentes do cavaco de eucalipto, hidrólise enzimática da celulose e caracterização das frações obtidas. 2016. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) – Universidade Federal do Pernambuco, Pernambuco.

Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17763>>
Acesso em: 11 ago. 2022.

DEMUNER, W. P. Predição do impacto da madeira em fábrica kraft de eucalipto. 2011. Monografia (Departamento de Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.

DIAS, O. A.; SIMONELLI, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. 2013. Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/MULTIDISCIPLINAR/qualidade%20da%20madeira.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2022.

EMBRAPA FLORESTAS. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto>>. Acesso em: 10 set 2022.

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÔNOMICAS DE BOTUCATU, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90647>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

FARIA, J. R. et al. Desenvolvimento de *Eucalyptus urograndis* no município de Corumbá-GO. Ensaios E Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde. v. 17, n. 2, p. 09-27, 2013.

FOELKEL, C. E. B. As fibras dos eucaliptos e as qualidades requeridas na celulose Kraft para a fabricação de papel. Grau Celsius, 2009. Disponível em: <https://www.eucalyptus.com.br/artigos/news52_Eucalyptus_tissue.pdf>. Acesso em: 17 set. 2022.

FOELKEL, C. E. B. O processo de impregnação dos cavacos de madeira de eucalipto pelo licor Kraft de cozimento. Grau Celsius, 2009. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT15_ImpregnaçãoCavacos.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

FROSSARD, V. A. Pré-impregnação de cavacos de eucalipto com efluentes setoriais na polpação kraft. 2010. 55 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2010.

GONÇALEZ, J. C. et al. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. Sci. For., Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 81-89, mar. 2014.

GOUVÊA, A. F. G. et al. Avaliação da madeira e da polpação kraft em clones de eucaliptos. Revista Árvore [online] v. 33, n. 6, p. 1175-1185, 2009. <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000600020>>.

GRANDE, J. P. Dimensões de cavacos industriais de eucalipto e relações com polpação, resistência e morfologia de fibras na polpa. 2012. Dissertação (Mestrado Ciência Florestal) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Câmpus de Botucatu. Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho". Botucatu, São Paulo. 2012.

HELLSTROM L. M. Paper IV in On the Wood Chipping Process – A study on basic mechanisms in order to optimize chip properties for pulping, Mid Sweden University; 2010.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. Indústria Brasileira de Árvores: relatório 2021 Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2021.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2022.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. Indústria Brasileira de Árvores: 2018. Dados do Relatório Ibá 2018: ano-base 2017. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digitalsumarioexecutivo->

2018.pdf>. Acesso em: 6 set. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da extração vegetal e da silvicultura (PEVS). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/291>>. Acesso em: 9 jul. 2022.

IBPBB. INSTITUTO BRASILEIRO PEL-LETS BIOMASSA BRIQUETES. Disponível em: <<https://abibbrasil.wix-site.com/institutobrpelletslcor-negro>>. Acesso em: 06 set. 2022.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Annual Report 2019. Brasília: IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores, 2019. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

INMET. National Institute of Meteorology. Climatologic Database. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dados-historicos>>. Acesso em: 19 set. 2022.

JARDIM, J. M. et al. Avaliação da qualidade e desempenho de Clones de eucalipto na produção de celulose. O Papel, v. 78, n. 11, p. 122-129, nov. 2017.

MOKFIENSKI, A. Importância relativa da densidade básica e da constituição química de madeira de *Eucalyptus spp.* No rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa kraft. 2004. Tese. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2004.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; SIMIONI, F. J.; BUSCHINELLI, C. C. de A. A viabilização econômica da cultura do eucalipto. O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, cap. 25. p. 907-939, 2021.

MOURA, H. N. D. A. Impacto da utilização de diferentes clones de eucalipto na

produção de celulose. Centro De Ciências Exatas E Tecnologia Da Universidade Federal Do Maranhão. 2021.

NOGUEIRA, D. F. B. Tempo de secagem de árvores de *Eucalyptus dunnii* e ajustes das facas do picador na qualidade de cavacos para fins energéticos. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais) Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro. 2019.

PAIVA, H. N. P., et al. Cultivo de Eucalipto Implantação e Manejo 2º edição – Ed. Aprenda Fácil. Viçosa, Minas Gerais, 2013.

PEREIRA, M. P. De C. F. Decomposição Térmica E Biológica De Cavacos De *Eucalyptus Urophylla*. Dissertação (Ciências Florestal) Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, MG. 2009.

QUEIROZ, L. R. D. S.; BARRICHELO, L. E. G. O Eucalipto: um século no Brasil. (The Eucalypt: a century in Brazil). Edição Duratex [S.l.: s.n], 2007.

SEGUNDINHO, P. G. D. A. et al. Avaliação da madeira do híbrido de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* para utilização em madeira lamelada colada. Matéria (Rio de Janeiro) [online], v. 26, n. 03, 2021.
<[https://doi.org/10.1590/S1517-](https://doi.org/10.1590/S1517-707620210003.13030)

707620210003.13030>.

SENG HUA, L. et al. Engineering Wood Products from *Eucalyptus spp.* 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/357838619_Engineering_Wood_Products_from_Eucalyptus_spp_A_Review>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SMOOK, G. A. Handbook for pulp & paper technologists. 2 ed. Vancouver. Angus Wilde, 1997.

SOARES, J. M. Avaliação da qualidade de três diferentes tipos de cavacos de madeira do híbrido *Eucalyptus urophylla* × *grandis*. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. 2016.

SOPRANI, C. R. Impacto da qualidade dos cavacos gerados na fibra unidade aracruz no processo de polpação kraft. O Papel vol. 77, n. 7, p. 72-77, jul. 2016.

STEIN, F. da R. Modelagem de produção industrial de celulose kraft com modelos aditivos generalizados e redes neurais. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.

VILAS BÔAS, O.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília, SP. Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 21, n. 1, p. 63-72, jun. 2009.