

## Fibras vegetais para produção de polpa celulósica

### Vegetable fibers for cellulosic pulp production

DOI:10.34117/bjdv7n11-017

Recebimento dos originais: 12/10/2021

Aceitação para publicação: 03/11/2021

#### **Nadine Ramos Cunico**

Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Universidade Federal de Mato Grosso

Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: nadineramoscunico@gmail.com

#### **Ana Cláudia da Silva Olímpio**

Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Universidade Federal de Mato Grosso

Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: ana-claudia000@hotmail.com

#### **Geovani Toledo Queiroz**

Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Universidade Federal de Mato Grosso

Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: queirozg1997@gmail.com

#### **Záira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza**

Doutora em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

Universidade Federal de Mato Grosso

Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: zaira@ufmt.br

#### **Pedro Hurtado de Mendoza Borges**

Doutor em Máquinas Agrícolas pela Universidade de Rostock, Alemanha.

Universidade Federal de Mato Grosso

Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: pborges@ufmt.br

### **RESUMO**

O Brasil se destaca como sendo o segundo maior produtor mundial de polpa celulósica de todos os tipos, ficando atrás somente dos Estados Unidos. Apesar de ter uma riquíssima flora, o nosso país tem como base florestal para suprir o setor de polpa, apenas dois gêneros exóticos que são o *Eucalyptus* spp. e o *Pinus* spp. Tendo como primícias, que qualquer matéria-prima fibrosa é passível de ser utilizada na produção de polpa celulósica do ponto de vista tecnológico, a busca por fibras vegetais advindas de não madeira, é uma

alternativa que deve ser pesquisada para contribuir em algumas demandas específicas deste setor. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi apresentar, com base em literatura sobre o assunto, alguns aspectos tecnológicos relevantes e que estão relacionados ao uso de fibras vegetais provenientes de madeira e de não madeira, para fins de produção de polpa celulósica e papel. Na análise final deste trabalho foi possível concluir que o Brasil tem uma dependência muito grande de dois gêneros exóticos de madeira para suprir o setor de polpa celulósica e papel, que são o pinus e o eucalipto, sendo este último a espécie mais plantada para atender toda a produção. Desta forma as fibras vegetais não-madeira, se despontam como uma alternativa favorável para esse setor, uma vez que as suas características tecnológicas se assemelham, ou até superam as das fibras derivadas de madeiras tradicionalmente empregadas. Além disso, elas podem ser provenientes de resíduos agrícolas, ou de vegetais os quais ocupam pouco espaço para plantio e requerem um custo baixo para seu cultivo, o que favorece economicamente e ambientalmente o uso desses materiais.

**Palavras-chave:** Bambu, Cana-de-açúcar, Eucalipto, Pinus.

### **ABSTRACT**

Brazil stands out as the world's second largest producer of cellulosic pulp of all types, second only to the United States. Despite having a very rich flora, our country has as a forest base to supply the pulp sector, only two exotic genus that are *Eucalyptus* spp. and *Pinus* spp. Considering that any fibrous raw material can be used in the production of cellulosic pulp from a technological point of view, the search for vegetable fibers from non-wood is an alternative that should be researched to contribute to some specific demands of this sector. Given the above, the objective of this work was to present, based on the literature on the subject, some relevant technological aspects that are related to the use of wood and non-wood fibers for the production of cellulosic pulp and paper. In the final analysis of this work, it was possible to conclude that Brazil has a very high dependence on two exotic types of wood to supply the pulp and paper sector, which are pine and eucalyptus, the latter being the most planted species to supply the whole the production. Thus, non-wood fibers stand out as a favorable alternative for this sector, since their technological characteristics resemble or even surpass those of fibers derived from traditional wood used. In addition, they can come from agricultural residues, or from vegetables, which occupy little space for planting and require a low cost for their cultivation, which economically and environmentally favors the use of these materials.

**Keywords:** Bamboo, Sugar cane, Eucalyptus, Pine.

## **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de polpa celulósica de todos os tipos, atrás somente dos Estados Unidos. Em se tratando de polpa celulósica de fibras curtas proveniente de eucalipto, o nosso país detém o primeiro lugar. Já para a produção de papel nós ocupamos uma posição mais tímida, ficando em décimo lugar entre os dez maiores produtores.

Para suprir toda a demanda industrial do setor de polpa celulósica, nosso país tem como base florestal, apenas dois gêneros exóticos que são o *Eucalyptus* spp e o *Pinus* spp. Nacionalmente o *Eucalyptus* é o mais plantado, devido à sua resiliência, alta capacidade de produção, rápido crescimento, boa capacidade de adaptação a diferentes regiões, potencial econômico e uso diversificado da madeira. Até o momento, toda a linha de fibra curta dentro das fábricas nacionais é suprida por eucalipto. Em contrapartida, a produção de fibra longa, advinda de coníferas, basicamente pinus, mostra-se ainda insuficiente.

Tendo como primícias que qualquer matéria-prima fibrosa é passível de ser utilizada na produção de polpa celulósica do ponto de vista tecnológico, a busca por fibras lenhosas provenientes de não madeira, é uma alternativa que deve ser pesquisada para contribuir com algumas demandas específicas deste setor e até mesmo com o meio ambiente, pois esses materiais são renováveis, biodegradáveis e de baixo custo.

Na atualidade, as fibras vegetais não madeira, são pouco exploradas pela indústria papelreira ao redor do mundo, apesar desta indústria ter nascido exatamente deste tipo de matéria-prima. Dentre as fibras não madeira que mais são mencionadas dentro do setor, seja em pesquisa ou em inovação, cita-se os resíduos agrícolas (palha de arroz e trigo, bagaço de cana-de-açúcar, linter de algodão), bambu, kenaf, sisal, linho, cânhamo, abacá, juta, dentre outras.

A China e a Índia são exemplos de países que se destacam no uso deste tipo de fibra, e na América do Norte elas despontam como uma fonte promissora para tal fim. No Brasil já houve algumas tentativas para seu uso industrial, mas atualmente elas estão restritas ao nível de pesquisa, onde o bambu e o bagaço de cana-de-açúcar são os maiores destaques.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi apresentar, com base em literatura sobre o assunto, alguns aspectos tecnológicos relevantes e que estão relacionados ao uso de fibras vegetais provenientes de madeira e de não madeira, para fins de produção de polpa celulósica e papel.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO E ANÁLISE

### 2.1 FIBRAS DE VEGETAIS MADEIREIROS

O Brasil é destaque mundial no setor de polpa celulósica, ocupando no momento atual, o segundo lugar em produção de polpa de fibra curta (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ, 2020). Grande parte da polpa produzida nacionalmente abastece o mercado externo, e o sucesso do setor se justifica, em parte, pela matéria-prima ser

proveniente de florestas plantadas, extensão territorial, mão-de-obra treinada, investimento fabril, condições favoráveis de clima e solo.

Nosso país possui aproximadamente 9,6 milhões de hectares plantados com florestas, sendo em torno de 7,3 milhões de eucalipto, 1,8 milhões de pinus e 0,3 milhões de outras espécies (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2020). O Eucalipto e o Pinus são duas espécies madeireiras amplamente usadas no setor de polpa, sendo o eucalipto majoritariamente o mais consumido. Dentro das empresas, devido ao tamanho menor de suas fibras, o eucalipto recebe o nome de madeira de fibra curta – MFC e o pinus, por ter fibras maiores (traqueoides axiais), recebe a denominação de madeira de fibra longa - MFL (FOELKEL, 2015).

Na análise de uma espécie para produção de polpa, além do aspecto econômico, alguns fatores devem ser levados em consideração, tais como: a percentagem de fibras; características anatômicas, físicas e químicas; disponibilidade da matéria-prima; aspectos silviculturais e mercado consumidor para o tipo de celulose produzida (BARRICHELO e BRITO, 1979).

Segundo Vivian et al. (2015), para a produção de polpa e papel o conhecimento das características tecnológicas da matéria-prima, tais como caracteres morfológicos das fibras, composição química e densidade básica da madeira fornecem parâmetros de qualidade importantes no produto final que é o papel.

Gomide et al., (2005) informam que, quando se trata de matéria-prima para polpação, a dimensão e morfologia das fibras das madeiras são parâmetros de qualidade que devem ser sempre avaliados. Os autores esclarecem que a fibra longa provém de árvores de madeira macia, denominadas de coníferas tais como os pinus, e seu comprimento varia de 3 a 5 mm, resultando em polpa e papel mais resistentes. Por outro lado, a fibra curta corresponde a árvores de madeira dura denominadas de folhosas, como por exemplo o eucalipto, e seu comprimento tem variação entre 0,75 até em torno de 2,5 mm. As polpas proveniente de fibras de eucalipto fornecem papéis com menor resistência mecânica, porém, mais macios e mais absorventes.

Mendoza et al. (2021), relatam que para a análise das características morfométricas das fibras, são computadas as seguintes dimensões celulares: comprimento médio das fibras (C), espessura da parede celular (E), largura do lúmen (L) e largura das fibras (D). O comprimento das fibras é medido em milímetros (mm) e as outras dimensões se medem em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ).

De acordo com Barrichello e Brito (1979), a partir dos valores dimensionais das fibras são obtidos alguns índices de qualidade que irão orientar o uso dos papéis advindos dessas fibras. Os principais índices pesquisados nas fibras produtoras de polpa são o índice de feltragem, coeficiente de flexibilidade, fração parede e índice de Runkel. O índice de feltragem é a relação entre o comprimento e a largura da fibra, ele mede a resistência dos papéis ao rasgo. O coeficiente de flexibilidade é a relação entre a largura do lúmen e a largura da fibra, serve para indicar o grau de flexibilidade e a probabilidade de ligação entre as fibras. A fração parede é a relação entre duas vezes a espessura da parede e a largura da fibra, sendo usada para indicar o grau de rigidez e a probabilidade de ruptura das fibras, os quais são inversamente proporcionais. O índice de Runkel é a relação entre duas vezes a espessura da parede e a largura do lúmen. Este índice mostra de forma indireta, o grau de ligação entre as fibras durante a formação dos papéis, indicando, com precisão, a resistência deles.

O conhecimento das propriedades químicas de uma madeira fornecedora de fibras, auxilia na determinação do seu uso e nesse quesito, a celulose, hemiceluloses, lignina e extrativos são de grande interesse para a produção de polpa e papel (RODRIGUES et al., 2009).

A celulose é um homopolímero de estrutura linear formado basicamente por glucose. Ela tem alto peso molecular e está em quantidade majoritária na parede celular. As hemiceluloses são componentes de baixo peso molecular, formadas por açúcar de cinco e seis carbonos, e também por ácidos urônicos. Ela é solúvel e ocorre em menor quantidade na parede celular, sendo inclusive um elo de ligação entre a celulose e a lignina. Junto com a celulose, as hemiceluloses constituem a porção polissacarídica da parede chamada de holocelulose. A lignina é insolúvel e não pertence aos polissacarídeos da parede celular, pois sua unidade repetidora é o fenil propano. Os extrativos não fazem parte da parede celular e se referem a um vasto número de componentes químicos, os quais são solúveis em solventes orgânicos neutros e água (ROWELL, 2013).

Na análise da composição química da madeira, a celulose é o produto final mais desejável de uma fábrica de polpa celulósica, portanto se faz necessário a sua caracterização e análise para que ela permaneça na polpa. Por outro lado, a lignina é, a priori, o composto indesejável. Nos processos fabris ela é retirada ou alterada na parede celular da madeira, em uma etapa chamada de polpação ou deslignificação, que pode ser química ou mecânica. Os extrativos também prejudicam a produção de polpa, mas eles são eliminados, com mais facilidade, pelos solventes químicos do próprio processo.

Eventualmente, dependendo de sua quantidade na madeira, estes compostos podem causar inibição da reação de deslignificação, porque dificultam a impregnação do licor de cozimento, consequentemente, afetam a retirada da lignina e o rendimento em polpa (CARVALHO et al, 2010).

Em se tratando de coníferas e folhosas, as madeiras apresentam composição química variável. Geralmente, o teor de celulose não varia muito e para as duas fica em torno de 45%. Contudo, as hemiceluloses e a lignina não são uniformes, tanto em quantidade como em composição. Via de regra, as coníferas tem maior teor de lignina do que as folhosas e por causa disso, Rodrigues et al. (2009) alertam que madeiras de pinus (conífera) necessitam de condições mais drásticas de cozimento, quando utilizadas para produção de polpa.

Um outro parâmetro muito usado como índice de qualidade de madeira é a massa específica ou densidade, a qual indica o teor de matéria seca contida em um determinado volume. É importante ressaltar que há variação de densidade entre espécies, gêneros, e dentro da própria árvore, e este índice está intimamente relacionado com as características anatômicas. Pego et al. (2019), relatam que a densidade é um parâmetro de qualidade importante e que impacta em todo o processo da fábrica, porque afeta diretamente o carregamento do digestor já que, quanto maior a quantidade de massa para um mesmo volume, maior o rendimento.

Para a indústria de polpa a preferência é para madeiras que possuam média densidade, ou seja, uma variação entre 0,40 – 0,55 g/cm<sup>3</sup>, pois, madeiras com densidade menor que 0,40 g/cm<sup>3</sup> terá um baixo rendimento, consumo elevado de reagentes, e maior quantidade de rejeitos. Por outro lado, madeiras com densidades maiores que 0,55 g/cm<sup>3</sup> tem maior resistência no picador e portanto, pode gerar cavacos mais desuniformes e muitas vezes com dimensões acima do recomendado, o que dificultaria a impregnação do licor de cozimento, gerando uma alta formação de rejeitos e uma baixa produção em polpa, impactando o processo produtivo (GOMIDE et al., 2005).

Kollmann e Côté (1984) descrevem que ao longo de todo o seu ciclo, a árvore utiliza água para sobreviver. Essa água se encontra na madeira de três formas, água capilar (está no estado líquido e fica dentro dos espaços vazios, por ação de forças capilares), água de adesão (está ligada quimicamente aos componentes da parede celular) e água de constituição (faz parte da constituição dos compostos químicos da madeira). A água capilar sai naturalmente, a água de adesão é retirada por meio de processos artificiais e a água de constituição só vai ser removida, com a degradação térmica da madeira.

O teor de umidade também é uma característica física analisada com cautela nas madeiras que irão gerar as fibras para a indústria de polpa, pois ela proporciona qualidades físicas para a pasta celulósica, e ainda favorece o descascamento das toras. Para a indústria de polpa, 40% é a umidade mínima ideal, abaixo de 30% diminui a qualidade da pasta e a resistência da madeira poderá ser afetada (FOELKEL, 1975).

## 2.2 FIBRAS DE VEGETAIS NÃO MADEIREIROS

As fibras não-madeira são derivadas de plantas mono ou dicotiledônea que não apresentam crescimento secundário, bem como de resíduos gerados durante a produção de outros produtos. Os materiais não lenhosos mais utilizados pela indústria papelreira são palha, bagaço de cana, bambu, cânhamo, kenaf, juta, sisal, abacá, junco e *linters* de algodão (fibras curtas que permanecem após o descaroçamento do algodão). A maioria das plantas não lenhosas são anuais e atingem seu potencial fibroso máximo em uma determinada estação (PANDE, 2005). Considerando o modelo tecnológico atual adotado pela humanidade, o qual tem impulsionado o emprego de recursos causadores de danos irreparáveis para o planeta, a utilização de fibras não-madeira se torna uma alternativa ambientalmente correta, por ser um material renovável, biodegradável e de baixo custo.

Em escala mundial, a indústria de polpa celulósica utiliza tradicionalmente espécies madeireiras para suprimento de fibras. Porém, aos poucos esse setor vem redirecionando suas pesquisas para o uso alternativo de matéria-prima vegetal não-madeira, devido em parte, à disponibilidade e custo da terra para a implantação de grandes áreas de reflorestamento. As fibras não madeira tem potencial de uso, sendo inclusive uma opção de matéria-prima para fábricas de polpa na China, Índia, Paquistão, Egito e Colômbia, porque estes países não cultivam árvores para este fim. Além disso, elas podem ser usadas de forma conjugada com as fibras de madeira (LIU et al., 2018).

Dentre os materiais vegetais para suprimento de fibras não madeiras destaca-se o bambu (*Bambusa vulgaris*). Essa espécie é uma gramínea que possui caules lenhosos utilizados em diferentes aplicações, como na construção civil, fonte energética, pisos, carvão, painéis e polpa celulósica. Ele tem grande potencial agrícola e econômico, pois possui ciclos curtos de produção, fácil manejo, reprodução assexuada, alta produtividade. Suas fibras apresentam excelentes propriedades físico-químicas e elevada resistência mecânica (SANTI, 2015). Montalvão Filho et al. (1984), relataram que as fibras do bambu são classificadas de acordo com a COPANT (1974) como de tamanho intermediário (2,80 mm), quando comparadas ao eucalipto (0,8 mm) e ao pinus (3,5 mm).

Borges et al. (2018), ao estudarem o bambu para produção de polpa, verificaram que as suas fibras apresentaram características morfológicas que permitem obter propriedades físico-mecânicas próximas à madeira de pinus e superiores à madeira de eucalipto, inclusive de outros materiais lignocelulósicos fibrosos. Em relação à composição química, os autores observaram que o teor de carboidratos e de lignina favorecem o uso das fibras de bambu para o obtenção de polpa. Entretanto, eles esclarecem que o tipo de lignina predominante é a p-hidroxifenila, uma lignina que é típica de gramíneas e que se condensa com facilidade, dificultando sua retirada durante o processo. Para os autores, o baixo uso do bambu para o processo de polpação é devido ao seu alto teor de sílica, mas que isso poderia ser compensado com o tipo de polpa obtida e também com a produtividade da espécie por unidade de área, em comparação com as madeiras convencionais. Kleine (2004) corrobora com essa linha de pensamento e relata que a celulose kraft de bambu pode ser deslignificada com oxigênio e branqueada a níveis de alvuras excelentes, estando apta para a produção de papéis brancos e até mesmo para venda como polpa branqueada de mercado.

Nosso país já usou fibras de bambu, em escala industrial para produção de polpa celulósica, visando a obtenção de papel cartão. Contudo, o empreendimento foi desativado devido à inviabilidade econômica e estratégica dentro da fábrica. Diferente do Brasil, a China utiliza tradicionalmente as fibras de bambu e tem aproveitado ao máximo o potencial industrial dele, sendo mundialmente o país com maior plantação, maior volume processado e o maior número de produtos gerados (WANG et al. 2019).

Outra fonte de matéria-prima não madeira, com aptidão de uso em território brasileiro é o bagaço da cana-de-açúcar, um subproduto abundante, resultante do processamento industrial da cana, produto agrícola em que o Brasil figura como primeiro produtor mundial. De acordo com os dados da COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB (2021), a produção de cana-de-açúcar para a safra de 2020/21, foi de 654,5 milhões de toneladas. Para cada tonelada de cana-de-açúcar processada, são produzidos em torno de 280 quilos de bagaço, que é um dos mais importantes subprodutos da indústria sucroalcooleira, portanto, é muito resíduo para ser utilizado. Nos últimos anos, algumas pesquisas nacionais já foram feitas com o uso do bagaço para a produção de polpa kraft e mais recentemente, estão sendo desenvolvidos estudos dentro da área de biorrefinaria, os quais investigam a viabilidade do uso da palha da cana-de-açúcar como matéria-prima para a obtenção de nanocristais de celulose (BILATTO et al., 2020).



Pego et al. (2019), ao estudarem as fibras de bambu e do bagaço de cana-de-açúcar, concluíram que ambos os materiais apresentaram fibras longas, e a análise das suas propriedades tecnológicas permitiu concluir que eles têm potencial para serem utilizados como matéria-prima nas indústrias de papel e celulose do nosso país. Eles ressaltaram ainda, que um dos grandes problemas ao estudarem as fibras do bagaço de cana para polpação, foi o seu alto teor de extrativos totais, quando comparado com outras espécies, a saber: bagaço de cana (12,81%) bambu (7,71%), eucalipto (2-6%), pinus (3-5%). Os autores mencionaram que esses teores de extrativos elevados são indesejáveis no processo de produção de polpa celulósica, porque causam danos nos maquinários, redução na produção, gastos na manutenção e comprometimento no produto final.

Bonfatti Júnior et al. (2019), ao efetuarem um estudo comparativo entre *Bambusa vulgaris*, *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp., concluíram que o bambu, foi a espécie que apresentou a maior densidade básica, e que suas fibras mostraram comprimento e espessura de parede com valores intermediários em relação às outras duas espécies, sendo portanto, adequado para a produção de papéis para fins de embalagem ou de higiene.

Com tantos apontamentos favoráveis quanto ao uso das fibras não-madeira para polpação, seria interessante aprofundar os conhecimentos sobre as propriedades desses materiais e como elas influenciam no processo produtivo e no produto final. Além disso, considerando as potencialidades do bagaço de cana e do bambu para a produção de polpa e papel, existem poucos estudos pilotos que mostram a utilização viável, desses materiais em escala industrial no Brasil.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mundialmente o seguimento de polpa celulósica e papel tem como pilar, somente duas espécies arbóreas que são o eucalipto e o pinus. No caso especial do Brasil, nós somos altamente dependentes do eucalipto, por sermos o maior produtor mundial de polpa celulósica de fibra curta. Porém, o suprimento de matéria-prima para essas indústrias é uma preocupação global, visto que o principal produto obtido das polpas é o papel, cujos tipos e variações fazem parte do cotidiano diário da humanidade, e seu consumo vem aumentando de acordo com os hábitos da civilização moderna.

Diante desta expectativa, as fibras vegetais não-madeira, se despontam como uma opção favorável para esse setor, uma vez que as suas características tecnológicas se assemelham, ou até superam as das fibras derivadas de madeiras tradicionalmente empregadas. Além disso, elas podem ser provenientes de resíduos agrícolas, ou de

vegetais os quais ocupam pouco espaço para plantio e requerem um custo baixo para seu cultivo, o que favorece economicamente e ambientalmente o uso desses materiais.

## REFERÊNCIAS

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Variabilidade radial de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF)**, n. 18, p. 81-102, 1979.

BILATTO, S.; MARCONCINI, J. M.; MATTOSO, L. H. C. FARINAS; C. S. Nanocristais de lignocelulose de palha de cana-de-açúcar. **Industrial Crops and Products** (Elsevier), v. 157, dezembro, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112938>

BONFATTI JÚNIOR, E. A.; LENGOWSKI, E. C.; ANDRADE, A. S.; VENSON, I.; KLOCK, U.; JÚNIOR, F. G. S.; GONÇALEZ, J.C.; MUNIZ, G. I. B. Bamboo kraft pulping. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.6, n.4,p.791-796, 2019.

DOI: <https://doi.org/10.34062/afs.v6i4.8361>

BORGES, F. P.; COLODETTE, J. L.; GOMES, F. J. B. Utilização do bambu como matéria-prima na obtenção de polpa celulósica voltada à fabricação de papel de embalagem sackraft. **The journal of engineering and exact sciences**, Viçosa, v. 4, n. 4, p. 1-7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18540/jcecv14iss4pp0405-0411>

CARVALHO, M. A., DANTAS, R. A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUZA, J. P.; FONSECA, O. P.; GUIMARAES JUNIOR, R. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no cerrado. **EMBRAPA CERRADOS**. Planaltina, p. 15, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – **CONAB**. Série Histórica das Safras. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas. **COPANT**, La Paz, v. 30, p. 1-19, 1974.

FOELKEL, C. E.; BARRICHELO, L. E. G. Utilização de madeiras de essências florestais nativas na obtenção de celulose: bracatinga (*Mimosa bracatinga*), embaúba (*Cecropia* sp.), caixeta (*Tabebuia cassinoides*) e boleira (*Joannesia princeps*). **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF)**, n.10, p. 43-56, 1975

FOELKEL C. E. B. Qualidade da madeira do eucalipto: reflexões acerca da utilização da densidade básica como indicador de qualidade da madeira no setor de base florestal. Porto Alegre: Celsius Degree/Grau Celsius, 2015. Disponível em: [http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41\\_Densidade\\_Basica\\_Madeira.pdf](http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf)

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**, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000100014>

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório 2020. 80 p. Disponível em: <https://iba.org.com.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura em 2020. Rio de Janeiro. IBGE, 2021.

Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=resultados>

KLEINE, H. J. Bambu - uma fibra excepcional. **O Papel** – Notas técnicas, p. 52-54, julho 2004. Disponível em: [http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/03-%20Kleine\\_bambu%20fibra%20excepcional.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/03-%20Kleine_bambu%20fibra%20excepcional.pdf)

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. Principles of wood science and technology. New York: Springer-Verlag, 1984, v. 1, 592p.

LIU, Z.; WANG, H.; HUI, L. Pulping and papermaking of non-wood fibers. In: KAZI, S. N. (ed.). Pulp and paper processing. London: **Intech Open**, 2018. 31p.

DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.79017>

MENDOZA, Z. S. H.; OLIVEIRA, J. K.; BORGES, P. H. M.; MORAIS, P. H. M. Índices de qualidade das fibras de *Tectona grandis* Linn. F. em função da sua massa específica básica. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.6, p. 55535-55553, jun. 2021.

DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-116>

MONTALVÃO FILHO, A.; GOMIDE, J. L.; CONDÉ, A. R. Variabilidade da constituição química e das características dimensionais das fibras do *Bambusa vulgaris*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.8, n. 1, p. 12-27, 1984.

PANDE, H. Fibras no leñosas y suministro mundial de fibras. Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion, Roma (Italia). EN: **Unasylva** (Italia). v. 49, n.193, p.44-50. 1998/2.

PEGO, M. F. F.; BIANCHI, M.L.; VEIGA, T. R. L. A. Avaliação das propriedades do bagaço de cana e bambu para produção de celulose e papel. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, p. 1-11, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2019.3158>

RODRIGUES, C. K.; HILLIG, E.; MACHADO, G. O. Análise química da madeira de *Pinus oocarpa*. **Anais. SIEPE - Sistema de Integração, Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2009.

ROWELL, R. M. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, 2ª ed., CRC Press, 703 p., 2013. ISBN 9781439853801

SANTI, T. O potencial do bambu. **O Papel**, São Paulo, ano 76, n. 4, p. 23-34, 2015.

VIVIAN, M. A.; SEGURA, T. E. S.; JÚNIOR BONFATTI, E. A.; SARTO, C.; SCHMIDT, F.; JUNIOR SILVA, F. G.; GABOV, K.; FARDIM, P.; Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica Kraft. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 183-191, 2015.

WANG, Z.; WINESTRAND, S.; GILLGREN, T; JÖNSSON, L. F. Chemical and structural factors influencing enzymatic saccharification of wood from aspen, birch and spruce. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 109, p. 125-134, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.12.020>