



## Potencial tecnológico da madeira de amescla para produção de polpa celulósica

Maryella Júnna Ferreira e SILVA<sup>1\*</sup>, Diego Martins STANGERLIN<sup>1</sup>, Elisangela PARIZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

\* E-mail: maryellajunna@gmail.com

Recebido em outubro/2015; Aceito em janeiro/2016.

**RESUMO:** O objetivo desse estudo foi avaliar o potencial tecnológico da madeira de *Trattinnickia rhoifolia* (amescla) para produção de polpa celulósica. Para tanto, inicialmente determinou-se a massa específica básica e a composição química (teor de cinzas, extrativos, lignina e holocelulose) da madeira de amescla. O processo de polpação química dos cavacos de amescla foi realizado pelo método Soda, sendo avaliadas quatro concentrações de hidróxido de sódio (10, 14, 18 e 22%), como licor de cozimento. Posteriormente, a pasta celulósica obtida pelo método Soda foi submetida ao branqueamento pelo método de cloração ao empregar solução de hipoclorito de sódio e ácido acético. Em cada processo foram avaliados o rendimento bruto em pasta celulósica (não branqueada e branqueada), pH do licor de cozimento e análise colorimétrica da pasta celulósica (não branqueada e branqueada). A madeira de amescla apresentou características físicas e químicas satisfatórias para produção de polpa celulósica, tendo em vista a alta porosidade e os baixos teores de lignina e extrativos. A concentração do licor de cozimento (NaOH) não influenciou nos parâmetros pH do licor negro, rendimento bruto e parâmetros colorimétricos das polpas celulósicas não branqueada e branqueada.

**Palavras-chave:** polpação química, processo Soda, química da madeira, qualidade da madeira.

### Technological potential of amescla wood for pulp production

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the technological potential of *Trattinnickia rhoifolia* (amescla) wood for producing cellulosic pulp. For this purpose, we have initially determined the specific basic mass and the chemical composition (amount of ashes, extractives, lignin and holocellulose) of amescla wood. The process of chemical pulping of amescla wood chips was held by Soda method, where four concentrations of sodium hydroxide (10, 14, 18 and 22%) were evaluated, as cooking liquor. Subsequently, the cellulosic pulp obtained by Soda method was submitted to bleaching through chlorination method by using a solution of sodium hypochlorite and acetic acid. In each process, gross yield in cellulosic pulp (unbleached and bleached), cooking liquor pH level and colorimetric analysis of cellulosic pulp (unbleached and bleached) were evaluated. Amescla wood showed satisfactory physical and chemical characteristics for producing cellulosic pulp, given the high porosity and the low amounts of lignin and extractives. The concentration of cooking liquor (NaOH) did not influence the parameters of black liquor pH level, gross yield and colorimetric parameters of unbleached and bleached cellulosic pulps.

**Keywords:** chemical pulping, Soda process, wood chemistry, wood quality.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de celulose, apresentando anualmente crescimento em sua produção. No ano de 2014 o país produziu 16,465 milhões de toneladas de celulose, de modo a apresentar um crescimento superior a 8% em relação ao ano de 2013 (IBÁ, 2014).

O destaque do Brasil no mercado de celulose está relacionado ao fato do país apresentar a maior produção mundial de celulose de fibra curta. De acordo com Gomide et al. (2005), a principal matéria-prima utilizada no país é a madeira do gênero *Eucalyptus*, a qual se destaca por apresentar rápido crescimento (ciclo de corte entre 5 a 7 anos) e alta produtividade (45 m<sup>3</sup>/ha/ano).

Apesar do mercado brasileiro de celulose de fibra curta estar restrito a uma única espécie, qualquer matéria-prima

vegetal pode ser utilizada para esse fim, desde que apresente propriedades tecnológicas satisfatórias. De acordo com Walker (2006) a compreensão das características tecnológicas de uma determinada espécie florestal, torna-se crucial para possíveis otimizações nos processos de polpação e branqueamento e consequente melhoria da qualidade do produto final.

Segundo Gomide et al. (2010) a avaliação da qualidade de uma determinada madeira para produção de polpa celulósica deve envolver estudos sobre a sua constituição química e anatômica, bem como das características tecnológicas da transformação da madeira em polpa celulósica.

Em relação ao emprego de madeiras amazônicas para produção de celulose, Tenutti (2011), Silva et al. (2013) e Heckler et al. (2014) destacaram que são escassos os estudos, tendo em vista a diversidade de espécies florestais na Região Amazônica. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar

o potencial tecnológico da madeira de *Trattinnickia rhoifolia* (amescla) para produção de polpa celulósica.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Coleta e preparo dos corpos de prova

Em diferentes estabelecimentos madeireiros no município de Sinop, Mato Grosso, foram selecionadas toras de *Trattinnickia rhoifolia* (amescla) as quais foram submetidas ao desdobro para obtenção de 5 tábuas tangenciais com dimensões nominais de 2,5 x 30 x 300 cm, espessura, largura e comprimento, respectivamente. Após o desdobro, as tábuas de amescla foram submetidas à secagem ao ar livre até obtenção de umidade equilíbrio, aproximadamente 15%. A partir das tábuas secas foram confeccionadas as amostras para caracterização físico-química da madeira e realização da polpação Soda.

As amostras para caracterização da massa específica básica e porosidade da madeira foram preparadas com dimensões nominais de 2 x 2 x 10 cm (maior dimensão no sentido axial), sendo obtidas 10 amostras de amescla. Para a avaliação da composição química, seções da madeira de amescla foram convertidas em palitos, que por sua vez tiveram suas dimensões reduzidas em serragem, por meio do emprego de um moinho de facas do tipo Willey. O material moído na forma de serragem foi classificado, com auxílio de peneiras e agitador, em três frações granulométricas, 40, 60 e 80 mesh, sendo reservado o material de granulometria de 60 mesh para as análises químicas, conforme recomendações da Norma Brasileira Reguladora - NBR 14660 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003a). Em relação à polpação Soda, foram preparados cavacos com dimensões aproximadas de 0,5 x 2 x 2 cm, espessura, largura e comprimento, respectivamente.

### 2.2. Determinação da massa específica básica, porosidade e composição química da madeira

A massa específica básica foi determinada de acordo com os procedimentos descritos na NBR 11941 da ABNT (2003b). Por sua vez, a porosidade foi determinada de modo indireto, mediante relação entre a massa específica básica de cada amostra e a massa específica básica da parede celular, considerando um valor teórico de 1,54 g.cm<sup>-3</sup>. As análises químicas foram realizadas em duplicata, sendo determinados os teores de extrativos, cinzas e lignina, de acordo com as NBR 14853, NBR 13999 e NBR 7989 da ABNT (2002, 2003c, 2003d), respectivamente. O teor de holocelulose foi definido entre a diferença da composição química total (100%) e o somatório entre os teores de extrativos, cinzas e lignina (composição da fração não-carboidrato).

### 2.3. Polpação Soda

Para a polpação Soda foram avaliadas quatro concentrações de hidróxido de sódio (10, 14, 18 e 22%), como licor de cozimento, sendo realizadas três repetições para cada concentração. Os cozimentos foram realizados em autoclave vertical de aço inoxidável, aquecido através de resistência elétrica e dotado de instrumentos de controle de temperatura (termômetro) e pressão (manômetro).

Em cada uma das repetições, 70 g de cavacos foram adicionados em erlenmeyers de 1000 mL contendo 500 mL de licor de cozimento, para cada concentração de hidróxido de sódio. Posteriormente, os erlenmeyers contendo os cavacos e o

licor foram vedados com papel filtro e borracha elástica, sendo submetidos ao cozimento em autoclave nas seguintes condições: a) tempo de cozimento de 120 minutos; b) pressão de 1,2 Kgf/cm<sup>2</sup>; c) temperatura de 123°C.

Após o cozimento, os cavacos foram desfibrados em triturador, e o licor negro coletado para determinação do pH do mesmo, por meio de um pHmetro digital. As fibras foram lavadas em água corrente, com auxílio de uma peneira de 200 mesh, e posteriormente submetidas a secagem em temperatura ambiente por 24 h e na sequência em estufa de circulação forçada à 50°C, até obtenção de massa constante.

Por meio da relação percentual entre a massa de polpa celulósica produzida e a massa de cavacos absolutamente seca utilizada em cada cozimento obteve-se o rendimento bruto em celulose não branqueada.

### 2.4. Branqueamento da polpa celulósica

Para o branqueamento, 2 gramas de polpa celulósica não branqueada foram adicionados em béqueres de 250 mL contendo 30 ml de água destilada, 30 ml de hipoclorito de sódio a 5% e 5 mL de ácido acético concentrado, sendo esse procedimento realizado para cada uma das repetições de polpa celulósica não branqueada produzida. Os béqueres com a polpa celulósica e os reagentes adicionados foram mantidos em banho-maria à 80°C durante 1 h, sendo o material filtrado em bomba de vácuo, após esse período. O processo de branqueamento foi repetido três vezes, após a última filtragem a polpa celulósica foi submetida à secagem para posterior determinação do rendimento bruto em celulose branqueada.

### 2.5. Análise colorimétrica da polpa celulósica

A caracterização colorimétrica das polpas celulósicas não branqueadas e branqueadas foi realizada mediante emprego de um espectrofotocolorímetro com resolução de 3 nm e dotado de uma esfera integradora de refletância difusa. Para tanto, utilizou-se iluminante D65, composto de uma lâmpada de xenônio, o qual simula a radiação solar diurna, com um ângulo de observação de 10° em temperatura ambiente. Os parâmetros colorimétricos L\* (luminosidade), a\* (coordenada verde-vermelho) e b\* (coordenada amarelo-azul) foram obtidos ao empregar o sistema CIELab, sendo realizada a média de três leituras para cada amostra de polpa celulósica não branqueada e branqueada.

### 2.6. Análise estatística

Para a análise dos resultados de pH do licor de cozimento, rendimento bruto e parâmetros colorimétricos da celulose não branqueada e branqueada realizou-se análise de variância seguida de teste de médias de DMS (diferença mínima significativa) de Fischer (5% de probabilidade de erro).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A madeira de amescla apresentou baixa massa específica básica (Tabela 1) e consequente elevada porosidade. Para a indústria de celulose e papel, uma avaliação adequada da massa específica básica fornece indicações importantes em relação à impregnação dos cavacos e rendimento do processo de polpação (QUEIROZ et al., 2004).

De modo geral, madeiras de baixa massa específica, como no caso da amescla, apresentam melhor impregnação do licor de

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas da madeira de amescla

Propriedades físicas	Médias
Massa Específica Básica	0,34 g.cm <sup>-3</sup>
Porosidade	77,92%
Propriedades químicas	
Cinzas	0,58%
Extrativos	2,94%
Lignina	25,18%
Holocelulose	71,30%

cozimento e conseqüentemente mais homogêneo é o processo de polpação (FOELKEL, 2009). Por outro lado, deve-se destacar que quanto menor a densidade do material maior será o consumo específico de madeira para produção de polpa celulósica.

Em relação à composição química (Tabela 1), os valores obtidos são similares aos descritos por Santana; Okino (2007), sendo esses de 0,40, 2,30, 28,20, 17,50 e 54,30 %, para cinzas, extrativos, lignina, polioses e celulose, respectivamente. De acordo com Gomide et al. (2005), elevados teores de extrativos e de lignina presentes na madeira são indesejáveis para produção de polpa celulósica, tendo em vista a necessidade de maior consumo de reagentes de deslignificação e branqueamento. Nesse sentido destaca-se que a madeira de amescla apresentou valores que podem ser considerados satisfatórios, uma vez que Santana; Okino (2007) apresentaram teores de lignina e de extrativos variando entre 28,00 a 37,10 % e 0,60 a 17,30 %, respectivamente, para 36 espécies amazônicas.

Os valores de pH do licor negro não diferiram estatisticamente ao comparar as quatro concentrações do hidróxido de sódio utilizadas para os cozimentos (Tabela 2). Valores elevados do pH do licor negro é importante no processo de polpação, uma vez que evita a reprecipitação da lignina dissolvida na superfície das fibras, facilitando o branqueamento da celulose. De modo geral, quanto maior a carga alcalina empregada no cozimento maior será o pH do licor negro residual (SANTOS, 2005), o que não pode ser observado no presente estudo. Em complemento, Foelkel (2009) mencionou que o elevado pH do licor favorece o inchamento do cavaco de madeira, e conseqüentemente as velocidades de penetração e difusão do licor durante a polpação, sendo que valores de pH entre 13 e 14 são considerados satisfatórios, como verificado no presente estudo.

Na Tabela 3 observa-se que a concentração do NaOH não influenciou estatisticamente no rendimento em polpa

Tabela 2. Comparação das médias de pH do licor negro obtidos nos processos de polpação com diferentes cargas alcalinas

Concentração de NaOH (%)	pH
10	13,53 ± 0,20 a*
14	13,37 ± 0,24 a
18	12,98 ± 0,41 a
22	13,06 ± 0,33 a

Em que: \*= médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 3. Comparação das médias de rendimento bruto em polpa celulósica não branqueada e branqueada obtidas nos processos de polpação com diferentes cargas alcalinas

Concentração de NaOH (%)	RB-PNB (%)	RB-PB (%)
10	80,63 ± 7,37 a B*	43,36 ± 3,97 a A
14	78,83 ± 11,15 a B	41,53 ± 5,35 a A
18	77,63 ± 4,62 a B	39,54 ± 1,23 a A
22	72,46 ± 3,26 a B	36,56 ± 2,72 a A

Em que: RB-PNB= rendimento bruto em polpa celulósica não branqueada; RB-PB= rendimento bruto em polpa celulósica branqueada. \*= médias seguidas por letras minúsculas (na vertical) ou maiúsculas (na horizontal) iguais não diferem estatisticamente entre si.

celulósica não branqueada e branqueada. No entanto, as médias apresentaram uma tendência de redução com o acréscimo na carga alcalina. De acordo com Sixta (2006) a concentração do licor de cozimento é o principal fator de influência na velocidade das reações de deslignificação. Em complemento, deve-se destacar que na polpação Soda o grupo hidroxílico do NaOH é o agente que proporciona as reações de deslignificação, porém não é um agente seletivo, ou seja, pode oxidar tanto a lignina quanto os polissacarídeos, em especial hemiceluloses. Nesse sentido, quanto maior a concentração do NaOH maior será a deslignificação dos cavacos no processo de polpação.

Os valores de rendimento bruto da polpa celulósica não branqueada foram similares ao verificado para a madeira de *Eucalyptus saligna* (73,80%), por outro lado ficaram acima do constatado para *Ochroma pyramidale* (62,00%), conforme estudo de Tenutti (2011). A polpa celulósica após ser submetida ao procedimento de branqueamento apresentou maiores valores de L\* e redução das coordenadas a\* e b\*, diferindo estatisticamente dos valores obtidos para a polpa não branqueada (Tabela 4). Resultado similar foi obtido por Chen et al. (2012) ao avaliarem a polpa quimiotermomecânica (CTMP) de *Eucalyptus camaldulensis* antes e após a realização de diferentes processos de branqueamento. O decréscimo nos parâmetros a\* e b\* pode ser atribuído à degradação total e parcial das estruturas quinoidais e dos grupos carbonílicos, respectivamente.

Tabela 4. Comparação das médias dos parâmetros colorimétricos da polpa celulósica não branqueada e branqueada obtidas nos processos de polpação com diferentes cargas alcalinas

% NaOH	PNB	PB	
		L*	a*
10	61,18 a A	88,41 a B	
14	59,41 a A	89,64 a B	
18	57,52 a A	90,16 a B	
22	57,88 a A	89,83 a B	
10	6,36 a A	1,22 a B	
14	6,41 a A	0,46 a B	
18	6,58 a A	0,22 a B	
22	6,52 a A	0,13 a B	
10	19,63 a A	14,55 a B	
14	19,43 a A	13,16 a B	
18	19,07 a A	13,13 a B	
22	19,32 a A	13,42 a B	

\*= médias seguidas por letras minúsculas (na vertical) ou maiúsculas (na horizontal) iguais não diferem estatisticamente entre si.

#### 4. CONCLUSÕES

A madeira de amescla apresentou características físicas e químicas satisfatórias para produção de polpa celulósica. A concentração do licor de cozimento (NaOH) não influenciou nos parâmetros pH do licor negro, rendimento bruto e parâmetros colorimétricos das polpas celulósicas não branqueada e branqueada.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14853**: Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano. Rio de Janeiro: ABNT, 2002, 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14660**: Madeira – Amostragem e preparação para análise. Rio de Janeiro: ABNT, 2003a, 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11941**: Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b, 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13999**: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira - Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525 °C. Rio de Janeiro: ABNT, 2003c, 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7989**: Pastas celulósicas e madeira - Determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro: ABNT, 2003d, 5 p.
- CHEN, Y.; FAN, Y.; TSHABALALA, M. A.; STARK, N. M.; GAO, J.; LIU, R. Optical property analysis of thermally and photolytically aged *Eucalyptus camaldulensis* chemithermomechanical pulp (CTMP). *Bioresources*, Raleigh, v. 7, n. 2, p. 1474-1487, 2012. <http://dx.doi.org/10.15376/biores.7.2.1474-1487>
- FOELKEL, C. E. B. **O Processo de impregnação dos cavacos de madeira de eucalipto pelo licor Kraft de cozimentos**. Porto Alegre: Eucaliptus Online Book, 2009, 97 p.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200017>
- HECKLER, C.; SANSÍGOLO, C. A.; MANENTE, F. G.; BASSO, S. Densidade básica da madeira de *Cecropia* sp. (embaúba) e sua influência na produção de celulose Kraft. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, Garça, v. 23, n. 1, p. 11-19, 2014.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Estatística da indústria de árvores**. Brasília: Cenários Ibá, 2014. 7 p.
- QUEIROZ, S. C. S.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. DE. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa Kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 901-909, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000600016>
- SANTANA, M. A. E.; OKINO, E. Y. A. Chemical composition of 36 Brazilian Amazon forest wood species. *Holzforschung*, Berlin, v. 61, n. 5, p. 469-477, 2007. <http://dx.doi.org/10.1515/hf.2007.084>
- SANTOS, S. R. **Influência da qualidade da madeira de híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada**. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- SILVA, J. J. N.; CARDOSO, G. V.; SILVA JÚNIOR, F. G. DA; STANGERLIN, D. M. Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium amazonicum* para a produção de celulose Kraft. *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 33-45, 2013. <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830.v04n01a03>
- SIXTA, H. **Handbook of paper and board**. Weinheim: Wiley-VCH, 2006. 1352 p.
- TENUTTI, J. **Potencial técnico da madeira de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. com vista à produção de celulose**. 2011. 31 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2011.
- WALKER, J. C. F. Pulp and paper manufacture. In: WALKER, J. C. F. **Primary wood processing**. Dordrecht: Springer, 2006. 2 ed., p. 477-534. [http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4393-7\\_13](http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4393-7_13)