



## DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Cecropia* sp (EMBAÚBA) E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT

HECKLER, Camyla<sup>1</sup>; SANSÍGOLO, Cláudio Angeli<sup>2</sup>;

MANENTE, Felipe Garcia<sup>1</sup>; BASSO, Sueza<sup>3</sup>

**RESUMO** – (DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Cecropia* sp (EMBAÚBA) E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT) A densidade básica é considerada um dos parâmetros mais importantes para determinar a qualidade da madeira para produção de papel e celulose. Este estudo teve como objetivo conhecer a densidade básica da madeira nativa da Amazônia *Cecropia* sp. (Embaúba), e sua influência na produção de papel e celulose, apresentando as vantagens e desvantagens no processo. Foram amostradas 9 árvores, retiradas de forma aleatória em área nativa de propriedade particular, no município de Peixoto de Azevedo, localizada no Estado do Mato Grosso. Para determinação da densidade básica, foi utilizado o método da balança hidrostática, seguindo-se o prescrito na Norma ABTCP M14/70. A espécie apresentou densidade básica de 0,388 g/cm<sup>3</sup>, considerada moderadamente leve segundo a classificação adotada pelo Forest Products Laboratory. Ao comparar a densidade básica da *Cecropia* sp. com a de *Eucalyptus* que tem em média 0,493g/cm<sup>3</sup>, percebe-se que a Embaúba tem uma densidade mais inferior. A densidade moderadamente leve trás vantagens e desvantagens no processo de produção, influenciando desde o processo de picagem dos cavacos até a qualidade do produto final. Esta é vantajosa no processo de produção favorecendo a picagem dos toretes, a deslignificação e qualidade do papel, porém traz suas desvantagens como no rendimento e consumo específico de madeira.

**Palavras-chave:** papel e celulose, deslignificação, fibras.

**ABSTRACT** – (BASIC DENSITY WOOD *Cecropia* sp. (EMBAÚBA) AND ITS INFLUENCE ON PRODUCTION OF KRAFT PULP) Basic density is considered one of the most important parameters to determine the quality of wood for pulp and paper production. This study aimed to know the basic density of wood native Amazon *Cecropia* sp. (Embaúba), and its influence on the production of pulp and paper, the advantages and disadvantages in the process. were sampled 9 trees, taken at random in the native area of private property in the municipality of Peixoto de Azevedo, in the State of Mato Grosso. For determination of the density, was used the method of hydrostatic balance, followed by prescribed in Rule ABTCP M14/70. The species showed a basic density of 0.388 g/cm<sup>3</sup>, considered moderately light according to the classification adopted by the Forest Products Laboratory. When comparing the basic density of *Cecropia* sp. with *Eucalyptus* has on average 0.493 g / cm<sup>3</sup>, it is clear that the Embaúba has a lower density. The density moderately light back advantages and disadvantages in the production process, influencing from the process of chopping the wood to the quality of the final product. This is advantageous in favoring the production process of chopping wood pieces, delignification and the quality of the paper, but brings disadvantages as the yield and the specific consumption of wood.

**Keywords:** pulp and paper, delignification, fiber.

<sup>1</sup> Pós-graduação em Ciência Florestal – Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP

<sup>2</sup> Depto. Ciência Florestal – Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Mato Grosso – UNEMAT

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de papel ao longo dos anos levou a procura de novas fontes de fibras vegetais, encontrando-se na madeira uma excelente matéria-prima (KUAN *et al.*, 1988). Porém, não apenas o processo de obtenção da celulose é fundamental, mas também a união entre processo industrial e matéria-prima, buscando relações de qualidade entre matéria-prima fibrosa e produto final (ROSA, 2003).

São várias as características da madeira que afetam a produção de celulose. Na prática estas características interferem, simultaneamente, e de maneira complexa, no processo de polpação, o que dificulta a previsão do desempenho final da madeira (FANTUZZI NETO, 2012).

Dentre os parâmetros considerados importantes para se estabelecer a qualidade da madeira com vista à sua utilização para celulose e papel destaca-se a sua densidade básica. O custo da madeira produzida, o rendimento do processo industrial e a qualidade da polpa são influenciados pela densidade básica da madeira (SANSÍGOLO, 2004).

A densidade básica pode ser considerada como um índice universal para avaliar a qualidade da madeira por causa

da sua facilidade de determinação e pelas excelentes relações com as utilizações da madeira (SANTOS, 2007). Por isso, é uma das propriedades físicas mais estudadas no mundo (PANSHIN E ZEEUW, 1970).

De acordo com Oliveira (1997) citado em Dias (2000), a densidade básica é a relação entre a massa da madeira completamente seca em estufa, com o seu respectivo volume saturado, ou seja, acima do ponto de saturação das fibras (PSF).

Para a indústria de celulose e papel, uma avaliação adequada da densidade básica fornece indicações bastante precisas acerca da impregnação dos cavacos e rendimento do processo e geralmente está associada às características de qualidade e de resistências físico-mecânicas da polpa (QUEIROZ *et al.*, 2004).

Entre os processos de obtenção de celulose, o processo Kraft é o mais difundido mundialmente pelas características de boa qualidade das fibras obtidas, por sua versatilidade em termos de matéria-prima e principalmente pela possibilidade de recuperação dos reagentes utilizados (FRINHANI, 2012).

De acordo com Fonseca *et al.* (1996), o rendimento da deslignificação e a densidade básica da árvore são características principais quanto à seleção da matéria-prima para produção de polpa,

no que diz respeito à capacidade e ao custo de produção de uma planta.

Madeiras de baixa densidade, ou seja, com mais espaços vazios na sua estrutura, necessitam carga de álcali menor, para um determinado grau de deslignificação pré-estabelecido, em determinada temperatura e tempo de cozimento. Uma carga de álcali mais baixa proporciona, nas mesmas condições de fator H, uma menor solubilização dos carboidratos da madeira, resultando em maior rendimento. Como regra geral, madeiras de densidade mais elevadas requerem condições mais drásticas de carga de álcali e, ou, de temperatura para se atingir o mesmo número Kappa (FANTUZZI NETO, 2012).

Segundo Wehr e Barrichelo (1993), citado em Fantuzzi Neto (2012), a densidade da madeira para produção de celulose e papel geralmente varia de 450 a 550 kg/m<sup>3</sup>.

As *Cecropia* sp. é caracterizada por ter coloração clara e por ser muito leve, que são características excelentes quando se fala em produção de papel e celulose. De acordo com Lorenzi (2009), a densidade básica da espécie *Cecropia glaziovii* é de 0,41g/cm<sup>3</sup>, macia ao corte, uniforme, de tronco ereto, cilíndrico e sem ramificações.

Válio e Joly (1979), *apud* Silva (1980), afirmam que a *Cecropia* sp. é popularmente conhecida como embaúba ou imbaúba, uma planta típica e freqüente em vegetação secundária, sendo uma das primeiras espécies arbóreas a estabelecer-se tanto em clareiras naturais, como em áreas alteradas pela atividade humana.

São poucos os estudos realizados sobre o gênero *Cecropia* sp., principalmente no que se refere a produção de papel e celulose. Um estudo realizado por Overbeck (1968) *apud* Barrichelo e Foelkel (1975), em trabalho sobre a obtenção de pastas celulósicas de madeiras da Amazônia, os autores observaram que a madeira de embaúba fornecia celulose de boa resistência e fácil branqueabilidade.

Sendo assim, visando maior conhecimento da espécie nativa da Amazônia, este estudo teve como objetivo apresentar a densidade básica da madeira de *Cecropia* sp. e sua influência para produção de celulose Kraff, apresentando as vantagens e desvantagens desta no processo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Material

O material consiste em 9 árvores de *Cecropia* sp. retiradas de forma aleatória em uma propriedade particular no

município de Peixoto de Azevedo localizado no extremo norte do Estado do Mato Grosso, nas coordenadas 54°19'15,89"W e 10°21'30,701"S.

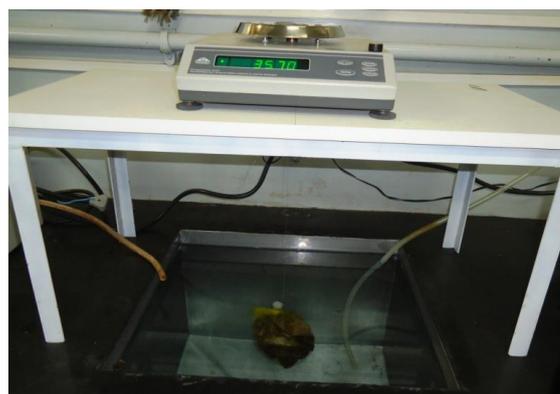
## Métodos

### Amostragem das árvores

Cada árvore abatida foi medida as alturas total, comercial e DAP com casca. Foram retirados discos de aproximadamente 3 cm de espessura na base, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial considerada no diâmetro mínimo de 8 cm com casca.

### Densidade básica da madeira

Nos discos coletados foram efetuadas as medições dos diâmetros com casca e sem casca. Posteriormente, os discos foram cortados em quatro cunhas com ângulo de 90°. Onde apenas uma das partes da cunha foi utilizada para densidade básica. A determinação da densidade básica da cunha foi efetuada através do método da balança hidrostática, de acordo com a Norma ABTCP M14/70. Os discos foram deixados imersos em água até atingirem o ponto de saturação das fibras, posteriormente as cunhas saturadas foram pesadas na balança hidrostática, onde se mediu o peso ao ar e o peso imerso, figura 1.



**Figura 1.** Método de Balança Hidrostática

Feito as medições das cunhas ao ar e imerso, estas foram levadas a secar em estufa a  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$  até massa constante (Norma ABTCP M14/70).

A densidade básica média de cada árvore foi determinada através da densidade básica de cada cunha e respectivo diâmetro sem casca através da seguinte expressão:

$$d_a = \frac{1}{2} \frac{(D^2_B + D^2_{25})(d_B + d_{25}) + \dots + (D^2_{75} + D^2_{100})(d_{75} + d_{100})}{D^2_B + D^2_{100} + 2(D^2_{25} + \dots + D^2_{75})}$$

Onde:

$d_a$  = densidade básica média da árvore,  $\text{g/cm}^3$

$D$  = diâmetro dos discos sem casca a diferentes alturas da árvore, cm

$d$  = densidade básica das cunhas a diferentes alturas da árvore,  $\text{g/cm}^3$

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela abaixo apresenta a densidade básica de cada disco na altura da

base, 25, 50, 75 e 100% da árvore e seus respectivos diâmetros sem cascas que foram utilizados para o cálculo da densidade média da árvore.

**Tabela 1.** Densidade básica de cada disco, diâmetro dos discos sem casca e média da densidade básica da árvore

Árvore	Densidade Básica dos Discos					Diâmetro dos discos sem casca					Db, g/cm <sup>3</sup>
	Base	25%	50%	75%	100%	Base	25%	50%	75%	100%	
1	0,29	0,292	0,257	0,268	0,27	17,8	17,6	16,5	16,3	14,9	0,275
2	0,344	0,323	0,315	0,397	0,428	20,8	18,7	17,6	15,3	10,3	0,346
3	0,35	0,399	0,451	0,309	0,736	15,8	11,9	10,5	9,5	7,7	0,411
4	0,383	0,374	0,402	0,444	0,447	18,3	15,4	14,1	12,9	11,9	0,403
5	0,394	0,426	0,451	0,503	0,498	16,9	13,4	12,7	10,7	8,9	0,446
6	0,302	0,258	0,347	0,416	0,45	16	14,5	12,6	10,6	7,4	0,328
7	0,31	0,392	0,448	0,487	0,53	19,4	17,4	13,9	13,5	9,5	0,417
8	0,421	0,371	0,496	0,48	0,491	17,9	14,6	11,6	9,6	8,7	0,434
9	0,419	0,428	0,434	0,496	0,409	15,9	12,1	10	8	4,2	0,436
<b>Média =</b>											<b>0,388</b>

Como se observa, a espécie apresentou densidade básica de 0,388 g/cm<sup>3</sup>, considerada moderadamente leve segundo a classificação adotada pelo Forest Products Laboratory.

Ao comparar a densidade básica da *Cecropia* sp. com a de *Eucalyptus*, que atualmente é uma espécie referência na produção de papel e celulose, observa-se que a *Cecropia* apresentou densidade inferior. Fantuzzi Neto (2012), em um estudo sobre a qualidade da madeira de Eucalipto para produção de celulose Kraft, encontrou uma densidade média de 0,493g/cm, que segundo a classificação adotada pelo Forest Products Laboratory, esta é considerada moderadamente pesada.

Outros estudos mostram o elevado valor da densidade básica do *Eucalyptus*. Pacini (1978) apud Olivetti Neto (2002) verificou valores entre 0,40 e 0,55g/cm<sup>3</sup> para *Eucalyptus grandis* e *saligna* e considerou esta faixa bastante adequada para produção de celulose de boa qualidade.

Em um estudo de dez clones de *Eucalyptus* do Brasil utilizados por indústrias de celulose e papel, Gomide et, al. (2005) verificou que as empresas nacionais de celulose têm priorizado, na seleção de clones, densidades básicas próximas a 500 kg/m<sup>3</sup>, com tendência para densidades ligeiramente inferiores. Pode-se observar que a densidade básica do *Eucalyptus* encontrado em vários

estudos variou entre 400 a 550 kg/m<sup>3</sup>, sendo o tipo de densidade ideal procurado pelas indústrias. Madeiras de baixa densidade como *Cecropia* sp. e madeiras de mais elevada densidade como *Eucalyptos* tem suas vantagens e desvantagem no processo de polpação. A densidade da madeira influencia diretamente sobre a qualidade da celulose.

A qualidade da polpa e operações posteriores ao cozimento são também afetadas pela densidade básica da madeira. Fibras com paredes grossas deformam-se menos quando sujeitas a vácuo ou prensagem do que as fibras de menor espessura de parede, o que favorece a drenabilidade, podendo ser observadas altas taxas de drenagem. Fibras com paredes finas, provenientes de madeiras de baixa densidade, dão uma celulose e um papel com maior resistência à tração, pela flexibilidade das mesmas, bem como pelo colapsamento das fibras quando expostas a vácuo, com maior interligação entre fibras por maior superfície de contato (OLIVETTI NETO, 2002).

Fantuzzi Neto (2012) observou uma boa correlação entre a densidade e o consumo específico da madeira, demonstrando a importância da densidade no processo de produção de celulose, uma vez que madeiras mais densas proporcionam menor consumo de madeira

(m<sup>3</sup>/ton celulose), o que favorece a produção de celulose no digestor e a manutenção de volume da pilha de cavacos nas fábricas.

Queiroz et al., (2004) em estudo sobre a influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa Kraft de clones híbridos de eucalyptus, precisou usar carga álcali superior na madeira de alta densidade, substancialmente mais elevada que na madeira de baixa densidade. De acordo com os autores houve uma diferença de 1,9% de carga álcali para obter o mesmo número Kappa, esta poderia ser explicada pela diferença de densidade entre as duas espécies de Eucaliptos. Segundo os mesmos, a densidade básica mais alta proporciona maior resistência ao corte e resulta em maior espessura dos cavacos, as medições de espessura dos cavacos das duas madeiras utilizadas neste estudo evidenciaram que os cavacos da madeira de densidade mais alta eram 13% mais espessos que os da madeira de menor densidade (3,53 e 3,12 mm, respectivamente). A maior espessura dos cavacos certamente dificulta a impregnação pelo licor de cozimento, sendo necessário utilizar concentração de álcali mais elevada para conseguir a mesma deslignificação, no mesmo tempo e

temperatura, que a alcançada nos cavacos de menor densidade e menor espessura.

Santos (2007) observou que a madeira do clone de *Eucalyptus* de menor densidade apresentou valores superiores de extrativos totais (+0,6%), lignina total (+1,9%), lignina insolúvel (+1,2%), lignina solúvel (+0,8%) e menor teor de holocelulose (-2,5%), assim como, menor número de revoluções no moinho PFI para atingir o índice de tração de 70 N.m/g, menor grau Schopper Riegler para atingir esse nível de tração e produziu folhas com valores mais elevados de volume específico e opacidade quando comparada com a madeira do clone de maior densidade. Devido a essas características o autor pôde concluir que a polpa do clone de menor densidade foi mais indicada para a fabricação de papéis de imprimir e escrever.

A baixa densidade da *Cecropia* sp. é vantajosa fornecendo maior facilidade de deslignificação, menor custo na picagem dos toretes, maior peso específico aparente da folha de celulose e maiores resistências que dependem da ligação entre fibras (tração e estouro da celulose). E as desvantagens são que madeiras de baixa densidade proporcionam menores rendimentos volumétricos do digester devido à menor densidade aparente dos cavacos, maior consumo específico de

madeira ( $m^3$  de madeira/tonelada de celulose), e menor resistência ao rasgo da celulose.

De acordo com Barrichelo e Foelkel (1975) em termos de propriedades físico-mecânicas a celulose de embaúba mostrou-se inferior à de eucalipto, entretanto suas resistências à tração e ao rasgo, bem como seu rendimento foram bastante satisfatórios. Por outro lado a celulose de embaúba é rapidamente refinada, o que significa economia no consumo de energia para a obtenção de um pré-estabelecido grau de moagem. Os autores concluem que *Cecropia* sp. fornece celulose sulfato de razoável qualidade, podendo ser cogitada sua utilização para fabricação de papéis, principalmente dos tipos para escrita e impressão.

#### 4. CONCLUSÃO

A madeira de *Cecropia* sp. foi considerada moderadamente leve, sendo esta inferior a do *Eucalyptus* e a baixo do que as indústrias de produção normalmente procuram. A densidade moderadamente leve da embaúba influencia diretamente tanto positiva como negativamente na produção de celulose e papel, afetando desde a picagem dos cavacos até a qualidade final da polpa. Esta é vantajosa no processo de produção favorecendo a

picagem dos toretes, a deslignificação e qualidade do papel, porém traz suas desvantagens como no rendimento e consumo específico de madeira.

## 5. REFERÊNCIAS

- ABCP M14/70.** Densidade básica da madeira - Associação Brasileira de Celulose e Papel. 1970.
- BARRICHELO, L. E. G.; FOELKEL, C. E. B. **Utilização de Madeiras de Essências Florestais Nativas Na Obtenção de Celulose:** Bracatinga (*Mimosa Bracatinga*), Embaúba (*Cecropia Sp*), Caixeta (*Tabebuia Cassinoides*) e Boleira (*Joannesia princeps*). Departamento de Silvicultura ESALQ/USP. IPEF n.10, p.43-56, 1975.
- DIAS, F.M. **A densidade aparente como estimador de propriedades de resistência e rigidez da madeira.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos. 146p. 2000.
- FANTUZZI NETO, H. **Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose Kraft.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa – MG. 119p. 2012.
- FRINHANI, E. M. D.; DALTOÉ, R. Comparação das propriedades físico-mecânicas de polpas celulósicas Kappa 45 e Kappa 100 destinada à fabricação de papéis para embalagens rígidas. **Unoesc & Ciência** – ACET, Joaçaba, v. 3, n. 1, p. 65-74. 2012.
- FONSECA, S.M.; OLIVEIRA, R.C.; SILVEIRA, P.N. Seleção da árvore industrial. **Revista Árvore**, v.20, n.1, p.69-85, jan. 1996.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY – Standard terms for describing wood. *USDA. Forest Service. Forest Products Laboratory research Paper*, Madison, (0171): 1-10, 1973.
- GOMIDE, J. L.; VIVONE, R. R.; MARQUES, A. R. Utilização do processo soda/antraquinona para produção de celulose branqueável de *Eucalyptus sp.* In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP. São Paulo. **Anais.** 1987.
- KUAN, G.S.S.; BENAZZI, R.C.; BERGMAN, S. Celulose e papel: **tecnologia de fabricação do papel.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, v.2, p.757-796, 1988.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** São Paulo: Instituto Plantarum, vol. 3, 384 p. 2009.
- OLIVETTI NETO, A. Qualidade de cavacos de Eucalipto para obtenção de celulose Kraft. Congresso Iberoamericano de investigación en celulosa y papel. 18p. 2002
- PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** 3.ed. New York: McGraw-Hill, 705p. 1970.
- ROSA, C. A. B. da. **Influência do teor de lignina da madeira de *Eucalyptus globulus* na produção e na qualidade da celulose Kraft.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria – RS. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. 149p. 2003.

SANSÍGOLO, C. A.; BARREIROS, R. M.  
**Estudo comparativo das madeiras de  
Pinus caribaea var. hondurensis e Pinus  
oocarpa para produção de celulose  
Kraft.** In: III Congreso Iberoamericano en  
Celulosa y Papel 2004, Cordoba-Espanha,  
2004.

SANTOS, S. R. ; SANSÍGOLO, C. A. .  
Influência da densidade básica da madeira  
de clones de *eucalyptus grandis* x  
*eucalyptus urophylla* na qualidade da polpa  
branqueada. **Ciência Florestal**, v. 17, p.  
53-63, 2007.

SILVA, W. R. Notas sobre o  
comportamento alimentar de três espécies  
de Traupídeos (Passeriformes: Thraupidae)  
em *Cecropia* concolor na região de  
Manaus. Universidade Estadual de  
Campinas, SP. **Acta Amazonica**, v.10, n.2,  
1980.

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.  
Blake1. **Revista Árvore**, Viçosa-MG,  
v.28, n.6, p.901-909, 2004.