

## POTENCIAL DA MADEIRA DE ACÁCIA PARA A PRODUÇÃO DE POLPA CELULÓSICA KRAFT

**Tiago E. S. Segura**\*<sup>1</sup>, **Marina Zanão**<sup>2</sup>, **Francides G. Da Silva Jr.**<sup>3</sup>

Laboratório de Química, Celulose e Energia - Departamento de Ciências Florestais, Universidade de São Paulo

Av. Pádua Dias 11, CP 09, CEP 13418-900, Piracicaba, Brasil

Tel.: 055 19 2105 8665, Fax: 055 19 2105 8666

<sup>1</sup>Mestrando em Recursos Florestais – tiago.segura@usp.br

<sup>2</sup>Aluna de graduação em Engenharia Florestal – marina.zanao@usp.br

<sup>3</sup>Professor do Depto. de Ciências Florestais – fjr@usp.br

### SUMÁRIO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de três materiais distintos de *Acacia* com idade de 6 anos para a produção de celulose kraft: *Acacia crassicarpa* e *Acacia mangium*, plantadas na Indonésia, e *Acacia mearnsii*, plantada no Brasil. Foram analisados parâmetros relacionados à qualidade da madeira, como densidade básica e composição química, bem como o processo de polpação, considerando rendimentos e qualidade das polpas produzidas. As madeiras das três espécies foram submetidas ao processo kraft de polpação, onde foram aplicados oito níveis de álcali ativo, entre 10 e 24%. As outras variáveis do cozimento foram mantidas constantes: sulfidez de 25%, 90 minutos de aquecimento, 60 minutos de cozimento e temperatura de 166°C.

Os resultados obtidos mostram que a madeira de *A. crassicarpa* é a mais densa dentre as analisadas, seguida por *A. mangium* e *A. mearnsii*. A composição química mostrou que a espécie *A. mearnsii* é a que possui menor teor de lignina e maior teor de holocelulose. Após a polpação kraft, verificou-se um maior rendimento bruto para a espécie *A. crassicarpa*, enquanto que *A. mearnsii* foi a que apresentou maiores rendimentos depurados e menor teor de ácidos hexenurônicos para um mesmo grau de deslignificação, além de licor negro com menor quantidade de lignina.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Acacia crassicarpa*, *Acacia mangium*, *Acacia mearnsii*, curva alcalina, polpação kraft.

### SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the potential of three *Acacia* materials with 6 years for the kraft pulp production: *Acacia crassicarpa* and *Acacia mangium*, planted in Indonesia, and *Acacia mearnsii*, planted in Brazil. Some factors related with wood quality, such as basic density and chemical composition were evaluated. For the pulping process, the parameters analyzed were yield and pulp quality. The wood of the three species underwent the kraft pulping process considering eight levels of active alkalis: 10 to 24%, keeping constant all the other cooking variables: sulfidity (25%), heating time (90 minutes), cooking time (60 minutes) and temperature (166°C).

The results shows that *A. crassicarpa* wood is the densest material analyzed followed by *A. mangium* and *A. mearnsii*. In the chemical characterization it was possible to see that *A. mearnsii* is the material with the lowest proportion of lignin and the highest proportion of hemicelluloses and cellulose. On the kraft pulping, *A. crassicarpa* had the highest total yield, while *A. mearnsii*'s wood resulted in pulp with the highest screened yield, the lowest quantity of hexenuronic acids for the same delignification level and black liquor with low concentration of dissolved lignin.

**KEY-WORDS:** *Acacia crassicarpa*, *Acacia mangium*, *Acacia mearnsii*, alkaline curve, kraft pulping.

## INTRODUÇÃO

A demanda por diferentes tipos de polpa celulósica no mercado mundial de celulose de fibra curta vem estimulando o estudo de novas espécies como fonte de matéria prima para esta indústria. No Brasil, maior produtor de celulose de fibra curta, espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais utilizadas. Porém, ao redor do mundo, outros gêneros são bastante empregados, como *Acacia*, *Betula* e *Populus*. Dentre esses, o gênero *Acacia* tem se destacado como importante fonte de matéria-prima para a produção de celulose na Ásia, apresentando boa aceitação no mercado global. Além de resultar em polpa celulósica com boas características, o gênero *Acacia* possui também vantagens silviculturais, como o fato de seu ciclo de crescimento ser curto e de fixar nitrogênio no solo. As espécies deste gênero são provenientes da região costeira da Austrália, Papua Nova Guiné, Ilhas de Java e Molucas e têm seus plantios e usos difundidos em todo o mundo, onde estima-se que haja cerca de 2 milhões de hectares de área plantada, principalmente em países da África, Ásia e América do Sul.

Apesar de possuírem capacidade de adaptação às características edáfico-climáticas brasileiras, bons níveis de crescimento e características tecnológicas favoráveis à indústria de celulose e papel, a utilização das espécies do gênero *Acacia* no Brasil para este fim ainda é bastante restrito, sendo poucos os estudos sobre a potencialidade deste uso. Atualmente, no país, as espécies de *Acacia* são utilizadas na recuperação de áreas degradadas, principalmente *A. mangium*, e para a produção de tanino na região sul, destacando-se *A. mearnsii*.

Estudos sobre a qualidade da madeira de *A. mearnsii* para a produção de celulose kraft demonstram que sua utilização é viável, sendo a espécie rica em hemiceluloses, com alto teor de extrativos, baixo teor de lignina e densidade básica maior se comparada às outras madeiras comerciais [1-2]. A madeira de acácia pode também ser empregada em misturas com eucalipto. No caso da mistura de madeiras de *A. mearnsii* e *Eucalyptus saligna* na polpação kraft, é relatado um aumento gradativo nos rendimentos na medida em que a proporção de madeira de *A. mearnsii* é aumentada [2].

Dentre as espécies de acácia, *A. mangium* se destaca como uma das mais utilizadas. A indústria asiática de celulose de fibra curta utiliza largamente a madeira desta espécie, que possui altos teores de extrativos e lignina [3]. A espécie *A. mangium* tem seus plantios difundidos também na África e América do Sul e se destaca por apresentar rápido crescimento e tolerância a solos ácidos e pobres em nutrientes [4].

Outra espécie utilizada na Ásia para a produção de polpa celulósica é *A. crassicarpa*, cuja madeira possui alta densidade básica e alto teor de lignina, características que dificultam a deslignificação, resultando em polpas com menores rendimentos e viscosidade. Nos anos 1980, esta espécie possuía pouca importância comercial, fato que mudou nos últimos anos, quando *A. crassicarpa* passou a ser uma das espécies mais plantadas pela indústria de celulose no sudeste asiático [4].

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de três materiais genéticos de *Acacia* para a produção de celulose kraft, sendo dois plantados na Indonésia (*A. mangium* e *A. crassicarpa*) e um plantado no Brasil (*A. mearnsii*). Foram avaliados fatores relacionados à qualidade da madeira, ao processo de polpação e às características da polpa produzida.

## PARTE EXPERIMENTAL

### *Material utilizado*

Para a realização deste trabalho foram utilizados cavacos de três materiais distintos de *Acacia* com idade de 6 anos: *Acacia crassicarpa* e *Acacia mangium*, plantadas na Indonésia, e *Acacia mearnsii*, plantada no Brasil.

### *Parâmetros determinados na madeira*

Os parâmetros determinados nas madeiras utilizadas neste trabalho foram densidade básica [5], teor de extrativos totais [6], teor de lignina [6] e holocelulose (por diferença). Tais parâmetros foram analisados estatisticamente através de Análise de Variância (ANOVA). Quando esta análise detectou

diferença estatística a 5%, realizou-se o Teste de Tukey.

### **Polpação**

Os cozimentos foram realizados em autoclave rotativa com capacidade de 20 litros, contendo 8 cápsulas de aço inoxidável individualizadas com capacidade para 70g de cavacos absolutamente seco cada. A carga alcalina aplicada variou entre 10 e 24% em intervalos de 2 pontos percentuais, sendo a sulfidez de 25%, 90 minutos de aquecimento e 60 minutos de cozimento. A temperatura de cozimento foi de 166°C, sendo o fator H aplicado de 780 e a relação licor/madeira de 4.

### **Parâmetros determinados na polpa e licor negro**

Os parâmetros determinados na polpa foram rendimento bruto e depurado, número kappa [6] e ácidos hexenurônicos [7], enquanto que no licor negro determinou-se a quantidade de lignina dissolvida [8].

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A densidade básica é um importante parâmetro na avaliação da qualidade da madeira para a produção de polpa celulósica, fornecendo indicações bastante precisas sobre a impregnação dos cavacos e do rendimento do processo. Geralmente, esta característica da madeira está associada às características de qualidade e de resistência físico-mecânica da polpa [9]. Dentre os materiais avaliados neste trabalho, a espécie *A. crassicarpa* apresentou maior densidade básica quando comparada às outras espécies, sendo observada diferença estatística (5%) (Tabela 1).

**Tabela 1: Densidade básica dos materiais analisados**

Espécie	Densidade Básica (g/cm <sup>3</sup> )
<i>A. crassicarpa</i>	0.569 a
<i>A. mangium</i>	0.522 b
<i>A. mearnsii</i>	0.516 b

Outra característica da madeira que exerce influência sobre o processo de polpação é a composição química. Mesmo não sendo suficientes para avaliar o comportamento da madeira frente ao processo, os teores de lignina, holocelulose e extrativos podem auxiliar na interpretação de resultados.

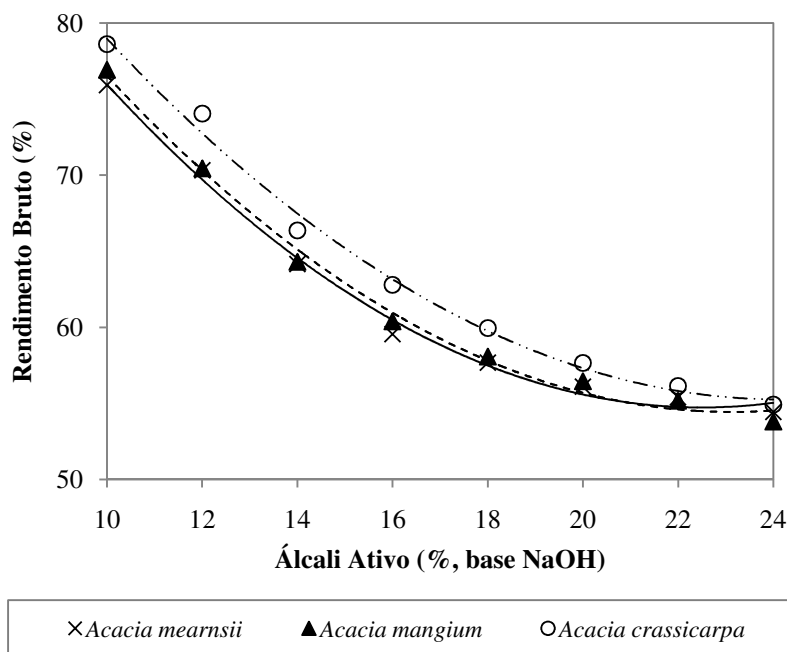
Sendo a deslignificação o principal objetivo dos processos de polpação, madeiras com baixos teores de lignina requerem condições mais brandas para atingirem determinado número kappa. Por consumirem álcali e causarem incrustações nos equipamentos, os extrativos também são prejudiciais ao processo [10]. O teor de holocelulose é a somatória dos carboidratos presentes na madeira e, desta forma, sua quantidade está relacionada ao rendimento do processo.

Dentre os materiais aqui analisados, a madeira de *A. crassicarpa* apresentou maior proporção de lignina, seguida por *A. mangium* e *A. mearnsii*. Todos os valores foram diferentes estatisticamente. Já o teor de holocelulose foi maior na madeira de *A. mearnsii*, enquanto que não houve diferença estatística para os valores de extrativos (Tabela 2).

**Tabela 2: Composição química dos materiais analisados**

Espécie	Lignina total	Holocelulose	Extrativos
	----- (%)		
<i>A. crassicarpa</i>	29.44 a	66.49 b	4.06 a
<i>A. mangium</i>	28.01 b	66.77 b	5.13 a
<i>A. mearnsii</i>	23.48 c	72.26 a	4.25 a

Os resultados do processo de polpação mostram diminuição do rendimento bruto com o aumento da carga alcalina. Isto se deve ao fato de haver um aumento na dissolução dos componentes da madeira com o aumento do álcali do licor de cozimento. É possível observar rendimentos brutos ligeiramente maiores para a madeira de *A. crassicarpa*, fato que pode ser explicado pela sua maior densidade básica. Os rendimentos brutos variaram entre 78.6 e 54.9% para *A. crassicarpa*, 76.9 e 53.8% no caso de *A. mangium* e 75.9 e 54.4% para a madeira de *A. mearnsii* (Figura 1).

**Figura 1: Rendimento bruto em função do álcali ativo aplicado**

A espécie *A. mearnsii* apresentou maiores rendimentos depurados, sobretudo em cargas alcalinas mais baixas. A principal explicação para este fato é a menor quantidade de lignina presente na madeira desta espécie associada à sua maior proporção de holocelulose e à densidade básica mais baixa que das outras espécies, o que facilita a impregnação durante o cozimento, diminuindo o teor de rejeitos. A madeira de *A. mangium* foi a que apresentou o maior teor de rejeitos em cargas alcalinas baixas, o que faz com que tal espécie tenha menores rendimentos depurados nestas condições. O maior rendimento depurado de *A. mearnsii* foi encontrado em uma carga de álcali ativo de 12%, enquanto que para *A. mangium* e *A. crassicarpa* a cargas alcalinas que resultaram em maiores rendimentos depurados foram 14 e 16%, respectivamente (Figura 2).

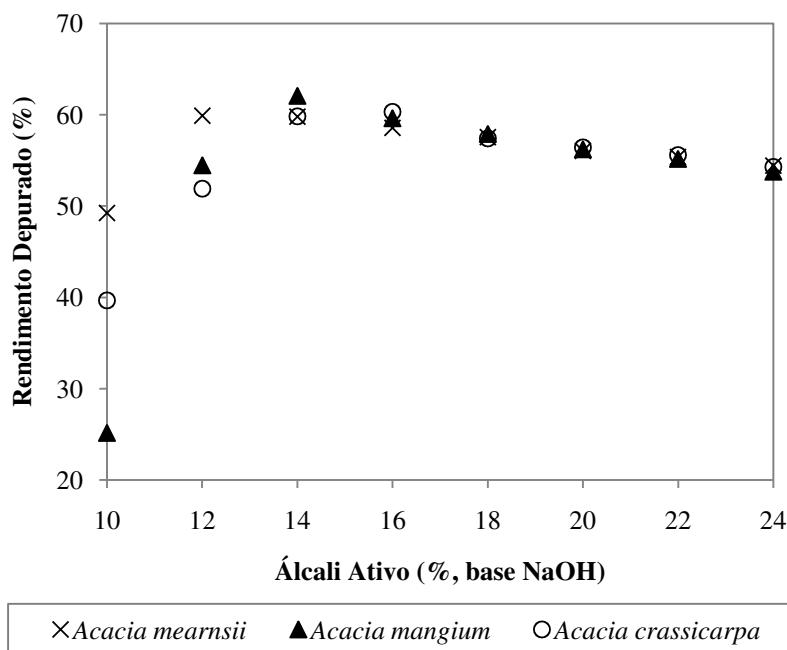


Figura 2: Rendimento depurado em função do álcali ativo aplicado

A análise do número kappa indica o grau de deslignificação da polpa celulósica, sendo fundamental na estimativa de consumo de reagentes no processo de branqueamento e nas avaliações da qualidade da madeira e do processo de polpação. No presente estudo, as polpas produzidas a partir da madeira de *A. mearnsii* apresentaram melhor deslignificação, sendo que o número kappa das polpas variou de 121 a 13 (*A. mearnsii*), 143 a 20 (*A. mangium*) e 144 a 21 (*A. crassicarpa*). Para um mesmo grau de deslignificação, *A. mearnsii* apresenta maiores rendimentos depurados em relação às outras madeiras (Figura 3), sendo sua melhor deslignificação explicada pela menor proporção de lignina na madeira desta espécie.

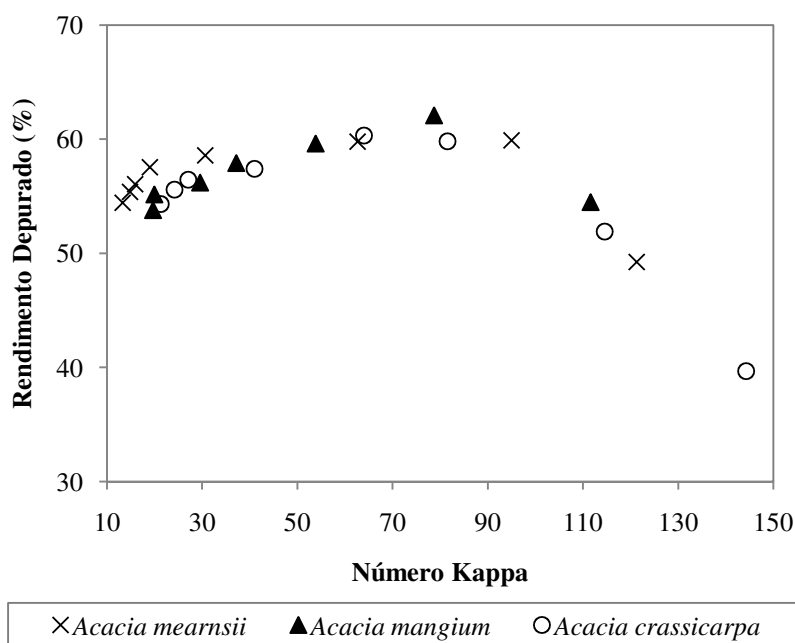
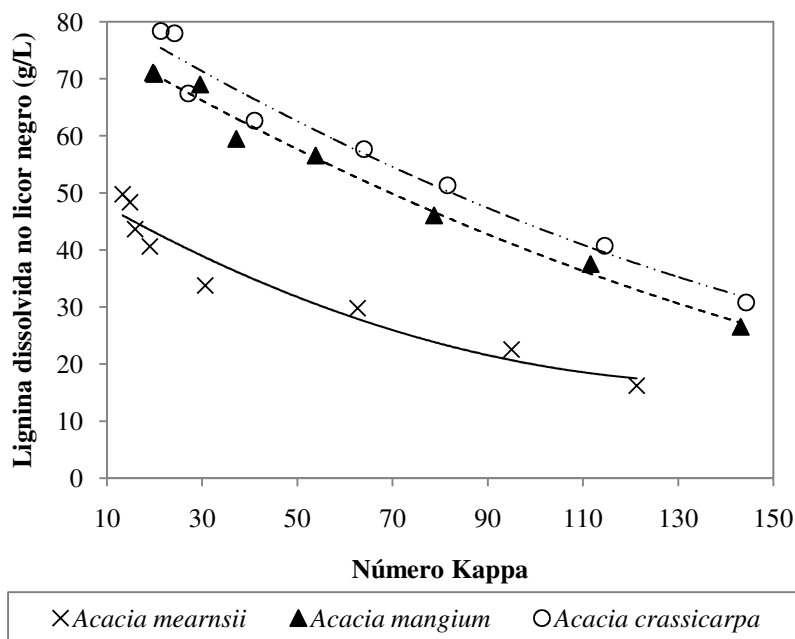


Figura 3: Rendimento depurado em função do número kappa das polpas

A análise da quantidade de lignina dissolvida no licor negro mostrou relação direta deste parâmetro com a proporção de lignina na madeira. A composição química indicou uma menor proporção de lignina na madeira de *A. mearnsii* quando comparada às outras espécies, fato que também foi observado na análise de lignina dissolvida no licor negro proveniente do cozimento desta espécie. A madeira de *A. crassicarpa* é a que possui maior proporção de lignina na madeira e no licor negro (Figura 4).



**Figura 4: Lignina dissolvida no licor negro em função do número kappa das polpas**

Os ácidos hexenurônicos são formados durante a polpação alcalina pela modificação de ácidos 4-O metilglicurônicos, presentes nas xilanas, sendo influenciados pelas condições de cozimento, notadamente álcali ativo, sulfidez e temperatura. Estes compostos protegem as xilanas contra a despolimerização terminal, preservando o rendimento do processo de polpação. Porém, a presença deles na polpa prejudica o processo de branqueamento, formando ligações covalentes com a lignina e consumindo reagentes [11].

O processo de polpação da madeira de *A. mearnsii* formou menor quantidade de ácidos hexenurônicos quando comparado à polpação das outras madeiras, sobretudo nos níveis mais baixos de carga alcalina aplicada, onde o número kappa da polpa é maior. Observa-se uma tendência de aumento no teor de ácidos hexenurônicos com o aumento da carga alcalina e consequente diminuição do número kappa no caso de *A. mearnsii*. Por outro lado, no processo de polpação das madeiras de *A. mangium* e *A. crassicarpa*, a maior quantidade de ácidos hexenurônicos é encontrada em polpas com kappa de aproximadamente 40 e álcali ativo aplicado de 18% (Figura 5). Tal fato pode ser explicado pela degradação destes compostos em condições de alta carga alcalina [12]. Assim, com o aumento do álcali, apesar de haver maior formação de ácidos hexenurônicos, o aumento de sua degradação faz com que seu teor na polpa celulósica nem sempre seja proporcional à carga alcalina.

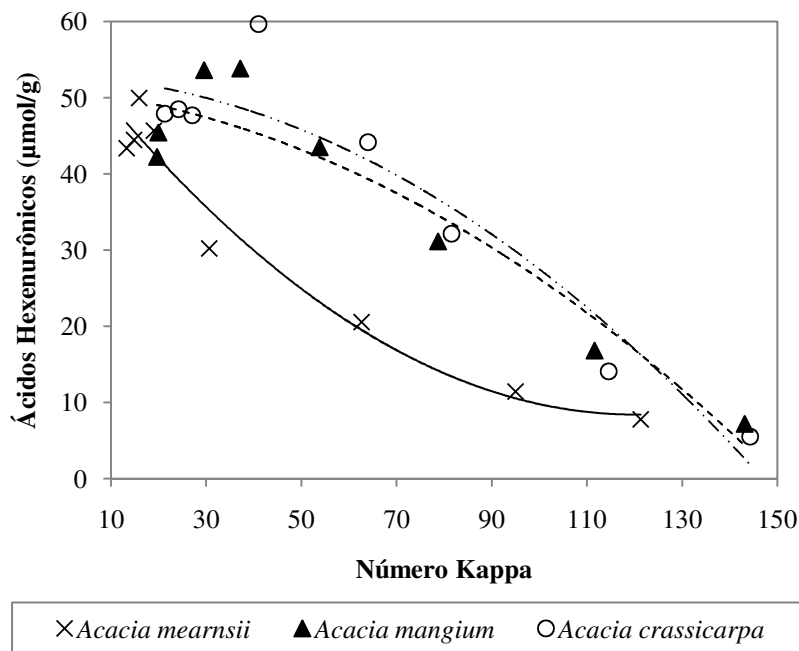


Figura 5: Ácidos hexenurônicos em função do número kappa das polpas

## CONCLUSÕES

O presente trabalho permite concluir que:

- Dentre as espécies avaliadas, *A. crassicarpa* é a que possui madeira com maior densidade básica e maior proporção de lignina, enquanto que a madeira de *A. mearnsii* é a que possui maior proporção de holocelulose e menor teor de lignina;
- A madeira de *A. crassicarpa* foi a que apresentou maiores rendimentos brutos, enquanto que os rendimentos depurados foram maiores para a madeira de *A. mearnsii*;
- A espécie *A. mearnsii* apresentou melhor deslignificação que as demais, o que pode ser explicado pela menor proporção de lignina em sua madeira. Para um mesmo grau de deslignificação, as polpas desta espécie apresentam maior rendimento depurado;
- O licor negro proveniente da polpação de *A. mearnsii* é o que possui menor teor de lignina dissolvida, o que também está relacionado com a menor quantidade deste componente na madeira desta espécie;
- As polpas provenientes da polpação da madeira de *A. mearnsii* foram as que apresentaram menores teores de ácidos hexenurônicos se comparadas às polpas das outras madeiras avaliadas.

Desta forma, pode-se afirmar que as espécies do gênero *Acacia* avaliadas neste trabalho são adequadas para a produção de polpa celulósica, sendo que as características da madeira e os resultados de polpação permitem destacar a espécie *A. mearnsii* plantada no Brasil.

## REFERÊNCIAS

1. C.A. Sansigolo, C.A. Busnardo, J.V. Gonzaga, Qualidade de madeira e polpa de árvores jovens e adultas de *Acacia mearnsii*, *Congresso Anual da ABTCP*, **volume 19**: 51-77 (1986).
2. A.W. Petrik, C.A. Busnardo, J.V. Gonzaga, A.F. Milanez, Produção de celulose kraft a partir de misturas de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii*, *Congresso Anual da ABTCP*, **volume 17**: 297-324 (1984).
3. P.C. Pinto, D.V. Evtuguin e C.P. Neto, Chemical Composition and Structural Features of the Macromolecular Components of Plantation *Acacia mangium* Wood, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **volume 53** : 7856-7862 (2005).
4. S.J. Midgley, J.W. Turnbull, Domestication and use of Australian acacias: case studies of five important species, *Australian Systematic Botany*, **volume 16**: 89-102 (2003).
5. C.E.B. Foelkel, M.A.M. Brasil, L.E.G. Barrichelo, Método para determinação da densidade básica para folhosas e coníferas, *O Papel*, **volume 33**: 57-61 (1972).
6. Technical Association of Pulp and Paper Industry, Test methods. Atlanta: Tappi Press (1998).
7. X.S. Chai, J.Y. Zhu, J. Li, A simple and rapid method to determinate hexenuronic acid groups in chemical pulp, *Journal of Pulp and Paper Science*, **volume 27**: 165-169 (2001).
8. F.A. Gomes, Avaliação dos processos kraft convencional e Lo-Solids® para madeira de *Pinus taeda*, *Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz) Universidade de São Paulo*, 99 p. (2009).
9. S.T. Blake, S.C.S. Queiroz, J.L. Gomide, J.L. Colodette, R.C. Oliveira, Influência da densidade básica da madeira na qualidade da popa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla*, *Revista Árvore*, **volume 28**: 901-909 (2004).
10. F.S. Almeida, Influência da carga alcalina no processo de polpação Lo-Solids® para madeiras de eucalipto, *Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz) Universidade de São Paulo*, 115p. (2003).
11. M.M. Costa, A.H. Mounteer, J.L. Colodette, Ácidos Hexenurônicos parte I: origem, quantificação, reatividade e comportamento durante a polpação kraft, *O Papel*, **volume 57**: 75-85 (2001).
12. C. Foelkel, Individualização das Fibras da Madeira do Eucalipto para a Produção de Celulose kraft, *Eucalyptus Online Book & Newsletter*, 107 p. (2009).