
PRODUÇÃO DE CELULOSE E DE PAPEL KRAFT DA MADEIRA DE BARU (*Dipteryx alata* Vog.)

AZARIAS MACHADO DE ANDRADE
Dr., Prof. Adjunto, DPF-IF-UFRRJ

CLEVER JOSÉ DE CARVALHO
Eng^o Florestal, DEF-ICA-UNIFENAS

RESUMO

O presente estudo foi realizado com o propósito de se avaliar a qualidade da madeira de Barú (*Dipteryx alata* Vog.), para a produção de polpa celulósica e de papel Kraft. Após o cozimento Kraft, sob condições apropriadas, a celulose e o papel da madeira de Barú foram analisados, sendo comparados com os mesmos produtos derivados da madeira de Eucalipto (*Eucalyptus grandis*). A madeira de Barú mostrou-se inferior à madeira de Eucalipto, exceto em relação às resistências do papel à tração, em metros, e ao esticamento, em milímetros. Recomenda-se a utilização da celulose de Barú, de forma isolada ou consorciada à celulose de Eucalipto, para a confecção de papéis de impressão rápida e para a produção de papéis de embrulho e de embalagens.

Palavras-chave: celulose, papel, *Dipteryx alata* Vog., Barú.

ABSTRACT

Pulp and paper Kraft production of wood of Barú (*Dipteryx alata* Vog.)

The present work was developed with the purpose of evaluate the quality of wood of Barú (*Dipteryx alata* Vog.) for pulp and paper Kraft production. After Kraft cooking, under suitable conditions, the pulp and the paper of wood of Barú were evaluate and compared with the same products from wood of Eucalipto (*Eucalyptus grandis*). The wood of Barú showed considerable inferiority when compared with the wood of Eucalipto, except in relation to the paper traction, in meters, and paper stretchement, in millimeters. As result, the pulp of Barú can be used alone or associate with pulp of Eucalipto, to the production of fast printed papers and package papers.

Key words: pulp, paper, *Dipteryx alata* Vog., Barú.

INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos e, com a finalidade de representar objetos inanimados ou em movimento, o homem vem desenhando nas superfícies dos mais diferentes materiais. A princípio, os povos primitivos utilizavam as superfícies que a natureza lhes oferecia praticamente prontas para o uso, tais como as paredes das cavernas, as pedras, os ossos, as folhas carnosas de certas plantas, a madeira, dentre outras.

Com o desenvolvimento da inteligência humana, as representações gráficas foram se tornando cada vez mais necessárias e complexas, passando a significar idéias e fatos, muitas vezes transmitidos para outras regiões, o que levou o homem a desenvolver suportes mais adequados, que pudessem ser transportados (EBELING, 1991). A história registra o uso de peças de barro cozido, de tecidos e de fibras diversas, de papiros (3000 a. C.), de pergaminhos (2000 a. C.), de tecidos de seda pura (300 a. C.) e, finalmente, de papel (105 d. C.). O papiro era preparado a partir de fibras extraídas do caule de uma planta (*Cyperus papyrus*) encontrada às margens do Rio Nilo, no Egito, enquanto o pergaminho, cujo nome deriva da cidade romana de Pergamon, local onde foi produzido pela primeira vez, originava-se de peles de animais, principalmente de carneiro e de ovelha. Os romanos e os gregos também usavam a madeira, na forma de tábuas, para fixarem os seus pensamentos.

A partir da invenção do papel pelo chinês Ts'ai Lum, um dos ministros do Imperador Ho, inúmeros materiais foram usados para a sua fabricação, sendo que muitas dessas matérias-primas foram abandonadas, quer pela exaustão de suas reservas, quer pela impossibilidade do atendimento da demanda crescente da indústria, sobretudo após a invenção da imprensa por Gutenberg, em 1440, na Alemanha. A partir de então, os livros, que eram escritos a mão, sendo privilégio das classes mais abastadas, se tornaram acessíveis a um público maior, exigindo assim maiores quantidades de papel. Inicialmente, a preferência recaía sobre as fibras vegetais arbustivas, como o papiro, o linho e a amoreira. Posteriormente, passaram a ser utilizadas as palhas de gramíneas, o bambu e as fibras de algodão para, finalmente, há pouco mais de um século, adotar-se em definitivo a madeira como principal fonte de matéria-prima fibrosa.

As matérias-primas para a fabricação de papel devem ser de fácil armazenamento e disponíveis durante todo o ano, ou seja, não são recomendados os materiais fibrosos que sejam sazonais. A madeira, tanto de coníferas como de folhosas, atende, de forma satisfatória, essas exigências. Em 1995, cerca de 90% da polpa celulósica brasileira proveio de madeira, destacando-se as folhosas, mais especificamente aquelas do gênero *Eucalyptus*.

No Brasil, a produção de celulose para a fabricação de papel baseia-se na utilização da madeira de algumas espécies exóticas, de dois gêneros principais, o *Eucalyptus* e o *Pinus*, introduzidos no País a partir do início deste século, em decorrência da diminuição das áreas cobertas com espécies nativas. Há poucas informações sobre outras espécies florestais, principalmente de essências florestais nativas, que forneçam pastas celulósicas de boa qualidade (FOELKEL e BARRICHELO, 1977; FOELKEL et al., 1978; BNDES, 1991).

A nossa flora é bastante diversificada, sendo o Brasil possuidor do maior número de espécies tropicais do planeta. Sabe-se que muitas dessas espécies estão em vias de extinção, enquanto outras carecem de estudos, como é o caso do Baru ou Cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.), uma essência florestal nativa, muito comum nos campos secos e nos cerrados da região oeste do Estado de Minas Gerais e centro sul dos Estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. É a espécie responsável pela quase totalidade das "favas de cumaru", exportadas por terem as suas sementes perfumadas e ricas em cumarina (MAINIERI e CHIMELO, 1989).

Para a produção de polpa celulósica e de papéis Kraft, especificamente, nenhuma informação técnica é encontrada na literatura vigente, tratando da madeira do Baru (*Dipteryx alata*). Sabe-se apenas que a sua densidade básica situa-se ao redor de 0,85 g/cm³ (FIGUEIRAS e SILVA, 1975), sendo considerada alta para a produção de celulose. Em relação às demais características físicas, químicas, mecânicas e anatômicas da madeira dessa espécie, observa-se uma grande carência de informações.

O presente estudo foi realizado com o propósito de se avaliar a qualidade da madeira de Baru (*Dipteryx alata* Vog.), para a produção de polpa celulósica e de papel Kraft.

MATERIAL E MÉTODOS

A madeira de Baru (*Dipteryx alata* Vog.), utilizada neste trabalho, foi obtida de cinco árvores dispersas no campo, com aproximadamente 18 anos de idade, procedentes da região de Itumbiara, no Estado de Goiás. As porções dos fustes, devidamente identificadas, foram conduzidas ao Laboratório de Celulose e Papel, do Departamento de Engenharia Florestal-DEF, da Universidade de Alfenas-UNIFENAS, no município de Alfenas, no Estado de Minas Gerais. Utilizou-se como testemunha o Eucalipto (*Eucalyptus grandis*), cujos cavacos, com dimensões industriais, foram doados pela Champion Papel e Celulose Ltda., provenientes de seus plantios puros, no município de Mogi-Guaçu, no Estado de São Paulo.

Procedeu-se ao cavaqueamento manual dos toletes de Baru, obtendo-se cavacos com dimensões médias próximas às industriais, de 2,5 cm (comprimento) x 1,5 cm (largura) x 1,5 a 5,0 mm (espessura).

Determinou-se o teor de umidade dos cavacos, adotando-se a norma ABCP M2/71. O cozimento Kraft dos cavacos foi efetuado em um digestor elétrico rotativo (2 a 3 rpm), descontinuo, com a capacidade volumétrica de

20 litros, dotado de um termômetro e de um manômetro. A temperatura de cozimento foi controlada em função do tempo transcorrido, obedecendo-se a uma tabela de cozimento para folhosas. A pressão média, durante o cozimento, foi mantida ao redor de 8 kgf/cm². As condições de cozimento dos cavacos das duas espécies são apresentadas na Tabela 1.

Terminado o cozimento, o digestor era descarregado, sendo os cavacos amolecidos recebidos em uma peneira de aço inoxidável com tela de malha fina. A seguir, os cavacos cozidos foram desfibrados, utilizando-se um refinador de discos (tipo Bauer), por um período de 15 minutos, para a individualização das fibras. Posteriormente, as pastas obtidas foram depuradas, utilizando-se, para tanto, duas peneiras de aço inoxidável sobrepostas, com aberturas de 0,9 e 0,3 mm, respectivamente. Forçou-se a passagem das fibras pela peneira de maior abertura, através da utilização de possantes jatos d'água, ficando os rejeitos retidos na peneira superior e a celulose depurada na peneira inferior. Foram calculados os rendimentos em celulose depurada e bruta, bem como os teores de rejeitos, para o Baru (*Dipteryx alata*) e para a testemunha (*Eucalyptus grandis*), utilizando-se as fórmulas apresentadas a seguir:

$$\text{Rendimento Depurado (\%)} = \frac{\text{Celulose Depurada (g)} \cdot 100}{\text{Madeira Cozida (g)}}$$

$$\text{Rendimento Bruto (\%)} = \frac{\text{Celulose Depurada (g)} + \text{Rejeitos (g)} \cdot 100}{\text{Madeira Cozida (g)}}$$

$$\text{Teor de Rejeitos (\%)} = \frac{\text{Rejeitos (g)}}{\text{Madeira Cozida (g)}} \cdot 100$$

TABELA 1 - Condições estabelecidas para o cozimento Kraft do Baru (*Dipteryx alata*) e da testemunha (*Eucalyptus grandis*)*

Espécies	Massa Cozida (g)	AA (%)	S (%)	RLM	TEMP (°C)	TAM (min)	TNM (min)
<i>Dipteryx alata</i>	1000	15	25	9:2	170	90	60
<i>Eucalyptus grandis</i>	1000	15	25	9:2	170	90	60

*AA=Álcali-Ativo; S=Sulfidez; RLM=Relação Licor/Madeira; Temp= temperatura máxima de cozimento; TAM= Tempo até ser atingida a temperatura máxima de cozimento; e, TNM = Tempo na temperatura máxima de cozimento.

A polpa celulósica depurada permaneceu acondicionada por 10 minutos no interior do recipiente de um desintegrador modelo D-3000, para a completa desagregação da suspensão de fibras.

A formação das folhas foi efetuada numa formadora Köthen-Rapid, dotada de dois secadores. Durante o processo de formação das folhas de papel, a suspensão de fibras ficou acondicionada no recipiente de um distribuidor modelo D-150, com a capacidade volumétrica de oito litros. Sete litros dessa suspensão foram utilizados para se produzir sete folhas circulares, com 2 gramas a. s. de fibras cada (a. s. = absolutamente secos), diâmetro de 20, 1 cm e gramatura média de, aproximadamente, 63 g/m². Adotou-se o número de 5 repetições, o que totalizou 35 folhas de papel por tratamento.

Para o controle da refinação da pasta celulósica, utilizou-se um litro da suspensão de fibras do distribuidor para a determinação do grau de moagem da celulose, também conhecido como Grau de Schopper-Riegler. O grau de moagem foi obtido no Aparelho de Schopper-Riegler, recomendado pela ABCP, pela DIN, pela SCAN e pela ISO.

As folhas produzidas foram conduzidas à uma sala climatizada, onde permaneceram por um período mínimo de 24 horas, presas a um varal, para a completa estabilização com o meio, num ambiente com a temperatura de 20 ± 2°C e a umidade relativa de 65 ± 2%.

Determinou-se a espessura média das folhas produzidas, em micras, utilizando-se um micrômetro. Como praticamente todas as propriedades do papel dependem da sua gramatura (g/m²), a mesma foi monitorada a partir da utilização de uma balança analítica, de uma estufa e de corpos-de-prova com áreas pré-determinadas. Os valores observados foram lançados na fórmula apresentada a seguir:

$$G = \frac{PSM}{S}, \text{ onde:}$$

G = Gramatura do papel (g/m²)

PSM = Peso seco médio do corpo-de-prova (g)

S = Área do corpo-de-prova (m²) *

A área do corpo-de-prova (m²) foi calculada com base na fórmula apresentada a seguir:

$$S = \frac{3,1416}{40000} \cdot (D)^2, \text{ onde:}$$

S = Área do corpo-de-prova (m²)

D = Diâmetro do corpo-de-prova (cm)

As resistências do papel à tração e ao esticamento (km e mm, respectivamente), foram determinadas num dinamômetro de duas escalas, para ensaios de papéis e similares, modelo DI-500, utilizando-se a fórmula apresentada a seguir para a determinação do coeficiente de auto-ruptura do papel:

$$CR = \frac{P \cdot 106}{G \cdot L} \text{ onde:}$$

CR = Coeficiente de auto-ruptura do papel (metros ou km)

P = Leitura média efetuada no dinamômetro

G = Gramatura do papel (g/m²)

L = Largura do corpo-de-prova (15 mm)

A resistência do papel ao rasgo (adimensional) foi determinada num aparelho de Elmendorf, modelo ED-1600, com base nas normas ISO 1974/74, TAPPI T 414, DIN 53128, ABCP P9 e ASTM D 687. O índice de rasgo do papel foi calculado utilizando-se a fórmula apresentada a seguir:

$$IR = \frac{L \cdot 100,16}{G \cdot N}, \text{ onde:}$$

IR = Índice de rasgo do papel (adimensional)

L = Leitura média efetuada no aparelho de Elmendorf

G = Gramatura do papel (g/m²)

N = Número de corpos-de-prova testados simultaneamente

O peso específico aparente do papel, em g/cm³, foi calculado a partir da utilização da fórmula apresentada a seguir:

$$PEA = \frac{G}{E} \cdot 10^3, \text{ onde:}$$

PEA = Peso específico aparente do papel (g/cm³)

G = Gramatura do papel (g/m²)

E = Espessura média do papel (micras)

O volume específico aparente do papel, em cm³/g, foi calculado a partir da utilização da fórmula apresentada a seguir:

$$VEA = \frac{1}{PEA} \text{ onde:}$$

VEA = Volume específico aparente do papel (cm³/g)

PEA = Peso específico aparente do papel (g/cm³)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta as médias dos rendimentos em polpa celulósica depurada (%) e bruta (%), bem como as percentagens médias de rejeitos na polpa, observadas após o cozimento Kraft do Baru (*Dipteryx alata*) e do Eucalipto (*Eucalyptus grandis*), sob as mesmas condições de cozimento.

Mesmo adotando-se condições brandas de cozimento, as médias dos rendimentos em polpa celulósica da madeira de Baru (*D. alata*) apresentaram-se em níveis abaixo daqueles observados após o cozimento da madeira de Eucalipto (*E. grandis*). Todavia, o uso de condições apropriadas para o cozimento das referidas espécies foi confirmado pelos baixos teores de rejeitos, quantificados nas polpas celulósicas, estatisticamente iguais ao nível de 95% de probabilidade (Quadro 1).

Em relação ao rendimento em polpa celulósica depurada, foi possível observar valores 32,76%

menores para o Baru (*D. alata*), quando comparado com o Eucalipto (*E. grandis*). Resultado semelhante foi observado quando da comparação dos rendimentos em celulose bruta, com o Eucalipto apresentando um valor 33,74% maior do que aquele apresentado pelo Baru (Quadro 1).

Em função dos valores observados (Quadro 1), há indícios da ocorrência de maiores teores de componentes mais susceptíveis à degradação pelo licor de cozimento Kraft na madeira do Baru (*D. alata*) do que na madeira de Eucalipto (*E. grandis*). Dentre tais componentes podem ser listados a lignina, as hemiceluloses, os extrativos e os componentes minerais.

O Quadro 2 apresenta as médias dos graus de moagem (°SR) das polpas celulósicas de Baru (*D. alata*) e de Eucalipto (*E. grandis*), sem a passagem pelo moinho refinador Jokro. Também são apresentadas as médias das gramaturas dos papéis produzidos (g/m²), dos pesos específicos aparentes (g/cm³) e dos volumes específicos aparentes (cm³/g) das polpas celulósicas, bem como as espessuras médias das folhas de papel (micras).

Os baixos graus de moagem ou graus de Schopper-Riegler observados, sobretudo

QUADRO 1 - Médias dos rendimentos em celulose bruta, celulose depurada e teores de rejeitos, após o cozimento Kraft do Baru (*Dipteryx alata*) e do Eucalipto (*Eucalyptus grandis*)*

Espécies florestais	Celulose bruta (%)	Celulose depurada (%)	Rejeitos (%)
<i>Dipteryx alata</i>	33,35 b	31,87 b	1,48 a
<i>Eucalyptus grandis</i>	49,60 a	48,10 a	1,50 a

* Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukéy, ao nível de 5% de significância.

QUADRO 2- Médias do grau de moagem (° SR), das gramaturas (g/m²), dos pesos específicos aparentes (g/cm³), dos volumes específicos aparentes (cm³/g) e das espessuras (micras) dos papéis de Baru (*Dipteryx alata*) e de Eucalipto (*Eucalyptus grandis*), sem passar pelo moinho Jokro*

Espécies	Tempo de moagem (min)	Grau de moagem (° SR)**	Gramatura (g/m ²)	PEA (g/cm ³)	VEA (cm ³ /g)	ESP (micras)
<i>D. alata</i>	0	15,6 a	63,19 a	0,357 b	2,80 a	177 a
<i>E. grandis</i>	0	14,0 a	64,09 a	0,442 a	2,26 b	145 b

* Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância; **SR = Grau de Schopper-Riegler.

devido a não utilização do moinho refinador Jokro, indicam que as fibras celulósicas foram pouco danificadas, em função da baixa intensidade da microfibrilação da parede celular, isto durante o cozimento e a individualização das fibras no refinador de discos. Desta forma, elevadas porcentagens das fibras ainda se encontravam com a estrutura anatômica pouco alterada, em ambas as pastas celulósicas estudadas. As gramaturas dos papéis produzidos (g/m²), por se tratarem do produto do peso específico aparente da polpa (g/cm³) e da espessura do papel confeccionado a partir da mesma, não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, ao nível de 5% de significância (Quadro 2).

Com relação aos demais parâmetros físicos da polpa celulósica e do papel, analisados no presente trabalho, foram verificados para o Eucalipto (*E. grandis*) valores 19,23% maiores no caso do peso específico aparente da polpa (g/cm³) e, no caso do volume específico aparente da polpa (cm³/g) e da espessura do papel (micras), valores 19,29% e 18,08% menores, respectivamente, quando comparados com o Baru (*D. alata*). Tais valores resultam, provavelmente, do maior grau de inchamento e de enfiamento das fibras do Baru (*D. alata*), o que poderia levar à contra-indicação dessa espécie florestal para a produção de alguns tipos de papéis. Tomando-se por base massas iguais de polpa celulósica de Baru (*D. alata*) e de Eucalipto (*E. grandis*), a primeira apresentará um volume significativamente maior, exigindo, por conseguinte, maiores espaços físicos cobertos onde serão armazenados os fardos prensados da referida celulose. Dentro deste contexto, para se armazenar 1 tonelada de pasta celulósica de Baru (*D. alata*) será necessário um local coberto com 2,8 m³, ao passo que o armazenamento de 1 tonelada de celulose de

Eucalipto (*E. grandis*) exigirá um local coberto com 2,26 m³ (Quadro 2).

O Quadro 3 apresenta os valores resultantes dos testes mecânicos realizados com os papéis do Baru (*D. alata*) e do Eucalipto (*E. grandis*). Foram avaliados os coeficientes de auto-ruptura (metros), expressando a resistência dos papéis produzidos à tração e, os índices de esticamento (mm) e de rasgo.

A média do coeficiente de auto-ruptura (CR-metros) do papel do Baru (*D. alata*) foi 11,63% maior do que aquela verificada para o papel do Eucalipto (*E. grandis*), sendo superior do ponto de vista estatístico, ao nível de 5% de significância. Em relação aos índices de esticamento dos papéis (EST-mm), antes da ruptura propriamente dita, observou-se para o papel do Baru (*D. alata*) um valor 73,33% maior do que o verificado para o papel do Eucalipto (*E. grandis*). Já em relação à resistência dos papéis ao rasgo (IR), observou-se para o papel do Eucalipto (*E. grandis*) um valor 52,46% maior do que aquele verificado para o papel do Baru (*D. alata*), durante os ensaios mecânicos realizados com os mesmos. Todavia, a resistência apresentada pelo papel da segunda espécie florestal situou-se dentro de limites aceitáveis (Quadro 3).

CONCLUSÕES

Nas condições em que a presente pesquisa foi desenvolvida e, em função dos resultados observados, conclui-se que:

- 1) A madeira de Baru (*D. alata*), em se tratando da produção de polpa celulósica e de papel, com altos rendimentos e boas características físicas e mecânicas, é significativamente inferior à madeira de Eucalipto (*E. grandis*), exceto em relação às resistências do papel à tração (km) e ao esticamento (mm);

QUADRO 3- Médias das resistências do papel de Baru (*D. alata*) e de Eucalipto (*E. grandis*) à tração (CR,m), ao esticamento (EST-mm) e ao rasgo (IR)*.

Espécies	Tempo de moagem (minutos)	CR (metros)	EST (mm)	IR
<i>D. alata</i>	0	4300 a	6,0 a	27,1 b
<i>E. grandis</i>	0	3800 b	1,6 b	57,0 a

* Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

- 2) A utilização da celulose de Baru (*D. alata*) para a confecção de papéis para impressão rápida parece ser uma opção viável, uma vez que o mesmo apresenta altas resistências à tração e ao esticamento, requisitos necessários para este tipo de papel;
- 3) Como o índice de rasgo do papel de Baru (*D. alata*) apresentou-se num nível aceitável, embora inferior ao do Eucalipto (*E. grandis*), recomenda-se a sua utilização para a produção de papéis de embrulho e de embalagens. Haveria, neste caso, a possibilidade de se optar pela utilização da polpa celulósica de Baru (*D. alata*) de forma isolada ou, ainda, consorciada à polpa celulósica de Eucalipto (*E. grandis*);
- 4) Para a madeira de Baru (*D. alata*), tomando-se por base os resultados observados, pode-se utilizar condições mais brandas de cozimento do que as adotadas neste trabalho. Um álcali-ativo ao redor de 10% parece ser o ideal, sobretudo em função do baixo rendimento em celulose depurada observado. Por outro lado, optando-se por esta nova condição de cozimento, o teor de rejeitos poderá aumentar, o que não chega a ser um desestímulo à sua adoção;
- 5) A análise química da madeira de Baru (*D. alata*) poderá indicar a presença de altos teores de componentes facilmente degradáveis no meio alcalino, pelo ação do licor de cozimento Kraft. Caso sejam detectados altos teores de hemiceluloses na madeira da referida espécie florestal, recomenda-se a utilização da sua polpa celulósica para a produção de papéis especiais como o "papel manteiga" e o "papel vegetal", dentre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. A participação do sistema BNDES na evolução do setor de papel e celulose no Brasil. Rio de Janeiro, Departamento de Relações Institucionais - DERIN, 1991. 106p.
- CASTRO, N. S.; FOELKEL, C. E. B.; GOMIDE, J. L. Aproveitamento industrial de madeira de *Gmelina arborea* Roxb. para produção de celulose. Revista *Árvore*, 3(1) : 28-46, 1979.
- D'ALMEIDA, M. L. O. Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica. 2 ed. v. 1, São Paulo, SENAI/IPT, 1988. 559 p.
- D'ALMEIDA, M. L. O. Tecnologia de Fabricação do Papel. 2ed., v. 2, São Paulo, SENAI/IPT, P. 560-964, 1988.
- EBELING, E. C. Produção de celulose e papel no Brasil. Encontro sobre a produção de celulose no Brasil e o meio ambiente. Curitiba, PR, 16 a 19 de outubro de 1991, p. 73-113, 1991.
- FIGUEIRAS, T. S. & SILVA, E. Estudo preliminar do Baru. *Brasil Florestal* v. 6, np, 1975.
- FOELKEL, C. E. B. & BARRICHELO, L. E. G. Tecnologia de celulose e papel. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 1977. 207p.
- FOELKEL, C. E. B.; KATO, J.; ZVINAKEVINICIUS, C.; SILVA, A. R. da. O uso de misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* com pequenas proporções de madeiras de espécies nativas para produção de celulose Kraft. Revista *Árvore*, 2(2) : 200-213, 1978.
- FOELKEL, C. E. B. Qualidade da Madeira. Viçosa, MG, CENIBRA/UFV, Universidade Federal de Viçosa, 1977. n. p.
- FOELKEL, C. E. B.; ZVINAKEVINICIUS, C.; ANDRADE, J. O. M. de; SILVA, A. R. da. Potencialidade de algumas espécies nativas como fornecedoras de madeira para produção de celulose. Revista *Árvore*, 2(2) :186-199, 1978.
- GOLFARI, L. Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte, Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1977. 116p. (Série Técnica nº 10)
- MAINIERI, C. & CHIMELO, J. P. Fichas de características das madeiras brasileiras. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas / Divisão de Madeiras, 1989. 420p.

- OLIVEIRA, R. C. de; FOELKEL, C. E. B.; GOMIDE, J. L. Produção de celulose Kraft a partir de misturas de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida. Revista *Árvore*, 3(2) : 195-207 1979.
- OLIVEIRA, R. C. de; FOELKEL, C. E. B.; GOMIDE, J. L. Propriedades físicas-mecânicas de celuloses Kraft obtidas por cozimentos conjuntos de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida. Revista *Árvore*, 4(2) : 188-202, 1980.
- PANSHIN, A. J. & DE ZEEUW, C. Textbook of Wood Technology. 3 ed., v. 1, McGraw-Hill Book Co., 1980. 722 p.
- RIZZINI, C. T. Árvores e madeiras úteis do Brasil. Manual de dendrologia brasileira. São Paulo, Edgard Blucher, 1971. 294p.