

**PRODUÇÃO DE CELULOSE SULFATO A PARTIR DE MISTURAS DE MADEIRA DE *Eucalyptus saligna* COM PEQUENAS PROPORÇÕES DE CAVACOS DE *Bambusa vulgaris* VAR. *vitatta***

Luiz Ernesto George Barrichelo\*  
Celso Edmundo Bochetti Foelkel\*

**SUMMARY**

Sulfate pulping of ***Eucalyptus saligna*** wood and ***Bambusa vulgaris*** var. ***vitatta*** chip blends was studied. Cooks were performed with the mixed material. Five and ten percent bamboo over the total chip weight were investigated. As result, pulp yields and tear strength improved significantly in comparison to Eucalypt pulp, while the other properties (beating time, handsheet density, tensile and burst strength) did not changed.

**1. INTRODUÇÃO**

Existe atualmente na indústria de celulose um pronunciado movimento no sentido de se intensificar o uso de misturas de matérias primas fibrosas para a produção de papel. Existem algumas razões para esta prática: disponibilidade de matéria-prima, economia no processo, versatilidade na fabricação de diferentes tipos de papel, melhoria na qualidade de produto final, etc.

O presente trabalho faz parte de uma série de trabalhos afins onde são realizados estudos de misturas de celuloses obtidas a partir de matérias primas brasileiras. Especificamente neste experimento, foram estudadas as variações na propriedades físico-mecânicas das pastas celulósicas resultantes de cozimento sulfato onde pequenas proporções de cavacos de ***Bambusa vulgaris*** var. ***vitatta*** eram misturadas com cavacos de ***Eucalyptus saligna***.

**2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

As espécies de gramíneas conhecidas vulgarmente como "bambus" apresentam grandes possibilidades de sucesso em nosso meio como fornecedoras de matéria-prima para a indústria de celulose. Existem inúmeras pesquisas realizadas tanto no exterior (GUHA; SINGH & MITT AL, s.d.; SINGH et alii. 1968; SEMANA, ESCOLANO & MONSALUD, 1967; REDKO & MAZZEI, 1967) como no Brasil (REDKO & NISHIMURA, 1970, CIARAMELLO & AZZINI, 1971 e AZZINI; CIARAMELLO & NAGAI, 1971), indicando que os bambus podem produzir celulose de ótimas qualidades pelos processos convencionais de cozimento. São freqüentes, porém, as objeções levantadas quanto ao transporte, picagem e estocagem do bambu. Entretanto estes são problemas que podem ser facilmente resolvidos e não invalidam a grande potencialidade destas gramíneas em regiões tropicais.

---

\* Departamento de Silvicultura - ESALQ-USP.

Os bambus são vegetais que se caracterizam por apresentar fibras de comprimento intermediário entre os de coníferas e folhosas. Esta característica confere a suas celulosas excepcionalmente alta resistência ao rasgo e é bastante comum em outros países, misturas destas com as obtidas de resíduos de cereais (palhas), bagaço de cana, madeiras de folhosas, etc. O objetivo é de se tentar conseguir melhores propriedades físico-mecânicas nestas celulosas de baixa resistência. Neste sentido, GUHA, SING & MITTAL, s. d., descreveram experimentos realizados no Indian Forest Laboratory, em que folhosas indianas como **Pterocarpus marsupium**, **P. dalbergioides**, **Angeissus** spp e **Shorea robusta** tiveram suas celulosas misturadas com a de bambu. Da análise dos resultados observou-se que uma pronunciada queda na resistência ocorria quando a proporção de bambu na mistura era menor que 50%.

A possibilidade de se produzir papel a partir de misturas de celulosas de bagaço de cana, **Euphorbia tirucallis**, **Agave sisalana** e **Bambusa vulgaris** foi estudada por SEELKOPF, SANCHEZ & COROTHIE, 1959. As misturas de celulose de bagaço com **Agave** e **Bambusa** mostram as melhores propriedades de resistência.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

O material de **Eucalyptus saligna** constituiu-se de cavacos de madeira provenientes de povoamentos artificiais de 5 anos de idade e localizados em Mogi-Guaçu - S.P. Os cavacos de **Bambusa vulgaris** var. **vitatta** foram obtidos manualmente e a partir de colmos amostrados em povoamento natural localizado em Piracicaba, S.P.

#### 3.2. Métodos

##### 3.2.1. Densidade básica da madeira

Foi utilizado o método do máximo teor de umidade, conforme FOELKEL; BRASIL & BARRICHELO, 1971.

##### 3.2.2. Análises microscópicas das fibras

Foram determinadas as seguintes dimensões das fibras: comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular.

##### 3.2.3. Análises químicas das madeiras

As análises foram realizadas em duplicata no que diz respeito a solubilidade em água quente, álcool-benzeno, NaOH 1%, teores de celulose Cross & Bevan, lignina, pentosanas e cinzas.

##### 3.2.4. Produção de celulose

Foi utilizado para tal o processo químico sulfato, tendo sido adotadas as seguintes condições de cozimento:

- Alkali ativo: 14 %
- Sulfidez: 25 %
- Relação licor/madeira: 4: 1
- Temperatura máxima: 170°C
- Tempo até temperatura máxima: 2 hs.
- Tempo à temperatura máxima: 0,5 h.
- Concentração inicial de NmO ativo: 35 g/l.

Foram realizados três cozimentos, utilizando-se em cada um o equivalente a 500 gramas de material fibroso absolutamente seco. As seguintes proporções entre cavacos de **Eucalyptus saligna** e de **Bambusa vulgaris** foram estudadas:

Cozimento 1: 100% de cavacos de **E. saligna**.

Cozimento 2: 95% de cavacos de **E. saligna** e 5% de **Bambusa vulgaris**.

Cozimento 3: 90% de **E. saligna** e 10% de **B. vulgaris**.

As proporções foram tomadas em relação ao peso total de material fibroso digerido em cada cozimento.

As celuloses obtidas foram lavadas e depuradas e a seguir procedeu-se a determinações de rendimentos brutos e depurados, teores de rejeitos e números de permanganato.

### 3.2.5. Refinação das celuloses

As celuloses foram refinadas em moinho Jokro, à consistência de 6% e a 6 tempos de moagem, inclusive o tempo zero minutos. O grau de moagem foi determinado em cada caso e expresso em termos de graus Schopper Riegler (°SR),

### 3.2.6. Formação de folhas para testes

Foram preparadas folhas de gramatura aproximadamente 60 g/m<sup>2</sup> em formador de folhas com dois secadores, tipo Koethen Rapid. A seguir, estas folhas foram acondicionadas em ambiente climatizado à temperatura de 20°C ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 2%.

### 3.2.7. Ensaio físico-mecânico

Os seguintes ensaios físico-mecânicos foram realizados e calculados segundo o método TAPPI T220m-60 (**TAPPI**: Technical Association of the Pulp and Paper Industry):

- gramatura: expressa em gramas por metro quadrado.
- espessura: expressa em microns.
- peso específico aparente: expresso em gramas por centímetro cúbico.
- resistência à tração: expressa pelo comprimento de auto-ruptura, em quilômetros.
- resistência ao arrebentamento: expressa pelo índice de arrebentamento.
- resistência ao rasgo: expressa pelo índice de rasgo.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Densidade básica

Os resultados encontrados para densidade básica das madeiras são mostradas no Quadro I.

**Quadro I:** *Densidade básica das madeiras*

Espécie	Densidade básica em g/cm <sup>3</sup>
<b>Eucalyptus saligna</b>	0,510
<b>Bambusa vulgaris var. vitatta</b>	0,546

#### 4.2. Análises microscópicas das fibras

O Quadro II apresenta os resultados encontrados para as dimensões das fibras.

**Quadro II:** *Dimensões das fibras*

Dimensões	<b>Eucalyptus saligna</b>	<b>Bambusa vulgaris var. vitatta</b>
Comprimento das fibras (mm)	0,93	3,23
Largura das fibras (μ)	15,9	15,2
Diâmetro do lúmen (μ)	7,3	6,4
Espessura da parede (μ)	4,3	4,4

#### 4.3. Análises químicas das madeiras

Os resultados obtidos para as análises químicas das madeiras encontram-se no Quadro III.

**Quadro III:** *Análise química das madeiras*

Análises (%)	<b>Eucalyptus saligna</b>	<b>Bambusa vulgaris var. vitatta</b>
Sol. em água quente	3,0	10,4
Sol. em álcool -benzeno	4,0	3,4
Sol. em NaOH 1%	12,7	25,2
Celulose Cross & Bevam	54,9	58,5
Lignina	26,4	19,2
Pentosanas	16,5	23,4
Cinzas	0,2	1,7

#### 4.4. Rendimentos em Celuloses

Os resultados encontrados para rendimentos em celulose e correspondentes números de permanganato constam do quadro IV.

**Quadro IV:** *Rendimentos brutos e depurados, teores de rejeitos e números de permanganato das celuloses*

Propriedade	Cozimento	1	2	3
	Rendimento bruto (%)		52,4	53,9
Rendimento depurado (%)		52,0	53,1	55,7
Teor de rejeito (%)		0,4	0,8	1,3
Número de permanganato		13,2	14,8	15,5

#### 4.5. Propriedades físico-mecânicas das celuloses

Os resultados encontrados para tempo de moagem, comprimento de auto-ruptura, índice de arrebentamento, índice de rasgo e peso específico aparente foram graficamente relacionados com o grau de moagem.

A seguir interpolaram-se os valores destas propriedades para os seguintes graus de moagem: 15, 20, 30, 40, 50, 60 e 70° SR. Os resultados encontrados acham-se apresentados no Quadro V.

**Quadro V:** *Propriedades físico-mecânicas das celuloses*

Grau de moagem	15	20	30	40	50	60	70
<b>Propriedades e Cozimento</b>							
- Tempo de moagem							
Cozimento 1	5	15	31	47	62	74	86
Cozimento 2	3	12	28	45	60	75	90
Cozimento 3	4	15	32	45	58	72	83
- Comprimento de auto-ruptura							
Cozimento 1	4,5	5,5	6,6	7,2	7,7	8,3	8,7
Cozimento 2	4,5	6,3	7,3	7,8	8,2	8,7	9,0
Cozimento 3	3,7	5,2	6,6	7,3	7,6	8,2	8,4
- Índice de arrebentamento							
Cozimento 1	12,0	26,5	40,5	48,0	53,5	56,5	58,0
Cozimento 2	12,0	30,0	42,5	50,0	55,0	56,0	56,5
Cozimento 3	12,5	29,5	42,5	48,0	53,0	57,5	63,0
- Índice de rasgo							
Cozimento 1	80	115	134	138	132	131	131
Cozimento 2	95	140	179	173	157	148	146
Cozimento 3	120	197	172	170	170	165	150
- Peso específico aparente							
Cozimento 1	0,450	0,510	0,538	0,559	0,577	0,599	0,620
Cozimento 2	0,460	0,515	0,550	0,570	0,592	0,616	0,634
Cozimento 3	0,440	0,510	0,548	0,562	0,580	0,598	0,624

### 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 5.1. Rendimento em celulose

Relativamente a rendimentos em produção de celulose sulfato, a substituição parcial da madeira de **E. saligna** por **B. vulgaris** foi extremamente benéfica. Significativos aumentos nos rendimentos foram obtidos com pequena variação no grau de deslignificação das celuloses.

#### 5.2. Propriedades físico mecânicas

Da análise do Quadro V observou-se que praticamente não houveram alterações nas seguintes propriedades, devido a substituição da madeira de **E. saligna** por **B. vulgaris**: tempo de moagem, peso específico aparente e resistências à tração e ao arrebentamento.

Entretanto a resistência ao rasgo sofreu sensível aumento, atingindo-se elevados índices de rasgo (entre 170 e 200) com pequenas proporções de **B. vulgaris**.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e para as condições adotadas neste experimento pode-se concluir que a substituição da madeira de **Eucalyptus saligna** por **Bambusa vulgaris** var. **vitatta**, nas proporções de 5 e 10% deste último, elevaram sensivelmente os rendimentos em produção de celulose sulfato e a resistência ao rasgo das celuloses resultantes. As outras propriedades estudadas como tempo de moagem, peso específico aparente e resistências à tração e ao arrebitamento não foram afetadas pela introdução dos cavacos de **B. vulgaris** no cozimento.

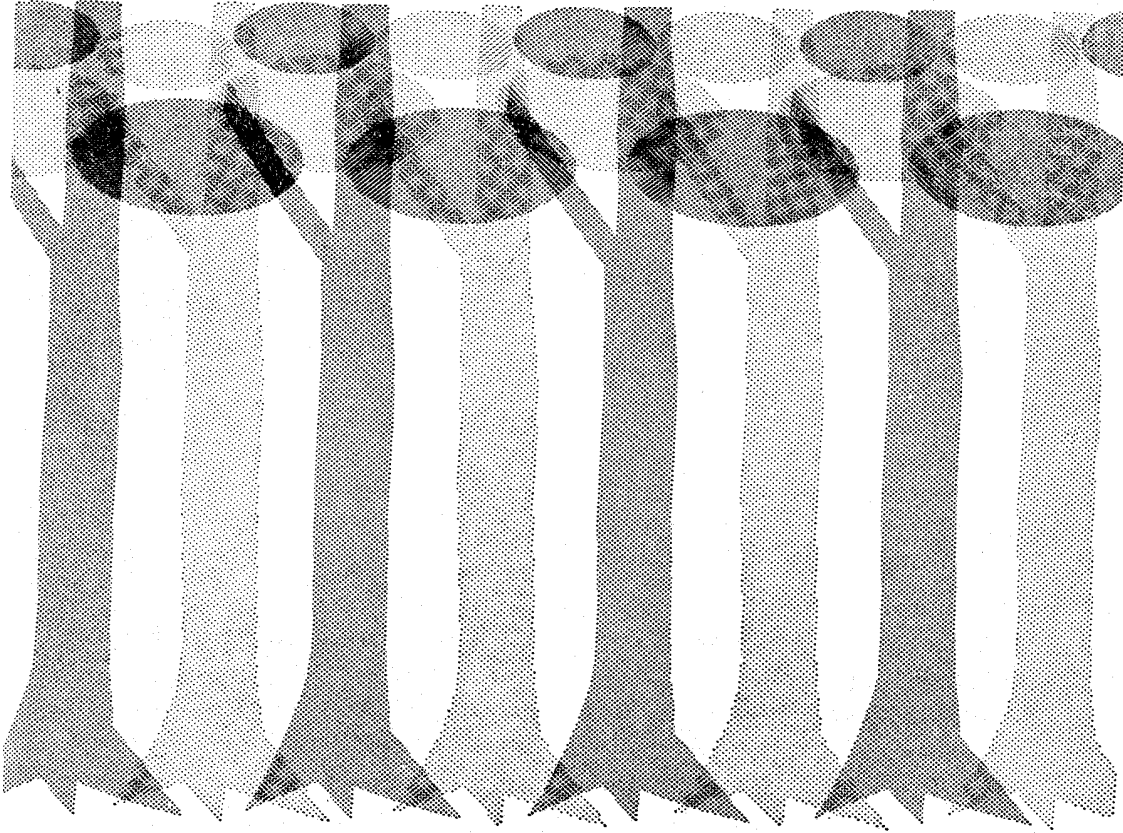
## 7. BIBLIOGRAFIA

1. AZZINI, A.; CIARAMELLO, D. & NAGAI, V. - 1972 - Celulose de bambu. **Convenção Anual da ABCP**. 5.<sup>a</sup>, São Paulo, 1972.
2. CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. - 1971 - Bambu como matéria-prima para papel. **O papel**, São Paulo, **32**(2): 33-40.
3. FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M. & BARRICHELO, L. E. G. - 1971 - Métodos para a determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, (2/3) : 64-74.
4. GUHA, S. R. D.; SING, M. M. & MITTAL, K. C. - s.d. - Sulfate pulping of a mixture of bamboo and mixed hardwoods. **Indian pulp paper**, **20** (7): 455.
5. GUHA, S. R. D.; SINGH, M. M. & MITTAL, K. C. - 1966 - Production of bleached pulps from mixture of bamboo and mixed hard woods. **Indian pulp and paper**, **20** (10).
6. REDKO, B. V. P. & MAZZEI, F. M. - 1967 - Celulose de bambu. **Boletim ABCP**. São Paulo, **1** (76).
7. REDKO, B. V. P. & NISHIMURA, M. - 1970 - Obtenção de celulose a partir de bambu **Dendrocalamus giganteus**. **O Papel**. São Paulo, **21** (10): 37-40.
8. SEELKOPF, C.; SANCHEZ, J. R. & COROTHIE, H. - 1959 - Herbaceous plants as a raw material for pulp and paper. **Revista forestal venezolana**. Merida, **2** (2): 63.
9. SEMANA, J. A.; ESCOLANO, J. O. & MONSALUD, M. R. - 1967 - The kraft pulping, qualities of some phillippine bamboo. **TAPPI**, New York, **50** (8) : 413-9.
10. SINGH, M. M. et alii - 1968 - Pulping and bleaching studies on a mixture of bamboo and mixed hardwoods. **Indian pulp and paper**, **23** (3).

**EXISTEM CHAPAS DURAS  
MAIS FORTES E MENOS FORTES.**



**DURATEX**  
 **É MAIS.**



## Construtores de florestas.

Muito antes de instalarmos nossa unidade industrial em Guaíba, já estávamos trabalhando em reflorestamento. Povoando com florestas de eucaliptos os campos e as coxilhas do Rio Grande do Sul. Hoje, temos 23.000 hectares plantados. Breve, ampliaremos esta área para 33.000 hectares. Na realidade, não fabricamos apenas celulose. Com orgulho somos também construtores das florestas que o Brasil tanto necessita.

mpm



INDÚSTRIA DE CELULOSE BORREGAARD S.A.

## À COMPANHIA VALE DO RIO DOCE

### e o reflorestamento na região leste

Com a exportação de 28 milhões de toneladas de minério de ferro em 1971 e com o plano de expansão para atingir 50 milhões de toneladas em 1974, a CVRD se colocará no primeiro lugar no mundo entre as empresas congêneres.

Como diversificação de suas atividades a Companhia elegeu a linha de produtos florestais como de grande prioridade e já há cerca de três anos vem executando projetos de reflorestamento e exploração racional de florestas naturais.

Criou a Florestas Rio Doce S.A., sua subsidiária encarregada de implantação dos maciços florestais no Médio Rio Doce, e a Rio Doce Madeiras S.A. - DOCEMADE, igualmente sua subsidiária que cuida dos plantios de eucalipto na região do litoral capixaba.

Vem desenvolvendo grandes projetos de exportação de produtos florestais para contratos a longo prazo e vem aplicando recursos de grandes empresas tais como o Banco do Brasil, CEMIG, ESCELSA, e outras.

Iniciou uma campanha no sentido de captar mais recursos oriundos dos incentivos fiscais em virtude das suas ilimitadas possibilidades de industrialização e comercialização na área internacional.

Não podia a CVRD, através de suas subsidiárias, se privar das vantagens auferidas como associada do IPEF, uma vez que a Companhia possui como princípio fundamental, trabalhar dentro dos mais altos níveis técnicos.

