

## PRODUÇÃO DE CELULOSE SULFATO DE RAMOS DE AMOREIRA, *MORUS ALBA* L. (\*)

(Sulphate pulping of mulberry trees, *Morus alba* L.)

CELSE EDMUNDO BOCHETTI FOELKEL (1), LUIZ ERNESTO GEORGE  
BARRICHELO (1), PEDRO ABRAMIDES (2), OLDEMAR CARDIM ABREU (2)  
E JOSÉ OTÁVIO BRITO (3)

### RESUMO

Procurou-se investigar a potencialidade dos ramos de amoreira, *Morus alba* L., na produção de celulose sulfato. As principais características da celulose obtida foram: baixos rendimentos e baixa resistência ao rasgo. O manuseio e armazenamento desse material volumoso constituem outros problemas tecnológicos.

### INTRODUÇÃO

Frente à crescente escassez e ao encarecimento da madeira para a produção de celulose para fabricação de papel, novas alternativas de fonte e qualidade da matéria-prima fibrosa merecem ser analisadas sob os aspectos de viabilidade técnica e econômica. Uma das possíveis fontes de fibras para a indústria papelera seriam os ramos resultantes da poda da cultura da amoreira, desde que existentes em quantidade suficiente para o abastecimento anual de fábricas de celulose.

O presente trabalho tem como finalidade estudar as características do lenho e as propriedades da celulose sulfato obtida de ramos de *Morus alba* L., com o principal objetivo de fornecer informações gerais sobre a celulose sulfato obtida a partir desse material, abordando, ainda,

detalhes da sua disponibilidade no Estado de São Paulo.

Em trabalho pioneiro realizado em nosso meio, sobre produção de celulose a partir do lenho e do córtex de amoreira, PAOLIERI<sup>2</sup> concluiu que esses materiais forneciam celulose de boa qualidade, embora de difícil branqueamento. O A. apresentou os resultados de experimentos executados pela Subseção de Experimentação do Serviço de Sericultura do Estado de São Paulo, em Campinas (SP). A celulose obtida foi experimentada na confecção de papel e papelão com resultados promissores.

(\*) Projeto IZ-169.

(1) Da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

(2) Da Seção de Sericultura, Divisão de Zootecnia Diversificada, Bolsista do CNPq.

(3) Aluno de pós-graduação da ESALQ-USP.

## MATERIAL E MÉTODOS

## MATERIAL

O material utilizado neste experimento constituiu-se de ramos de amoreira (*Morus alba* L.). O material integral (lenho e córtex) foi reduzido manualmente a cavacos de dimensões aproximadas de  $0,5 \times 0,5 \times 2,0$  cm.

## MÉTODOS

1. Preparo das amostras para testes — Para as determinações de densidade básica, dimensões das fibras e composição química, separou-se o córtex do lenho, realizando-se esses ensaios somente no material lenhoso. Para a produção de celulose sulfato, utilizou-se material integral.

2. Determinação da densidade básica do lenho — Foi utilizado para tal o método do máximo teor de umidade, conforme FOELKEL; MOURÃO BRASIL; BARRICHELO<sup>1</sup>.

3. Determinação das dimensões das fibras — O material lenhoso foi macerado em solução nítrico-acética e, após individualização dos elementos estruturais, foram montadas lâminas para determinação das dimensões das fibras. Com base nos resultados obtidos para suas dimensões fundamentais, determinaram-se, a seguir, relações entre elas, com informações importantes sobre sua qualidade papeleira: índice de enfiletramento, coeficiente de flexibilidade, fração parede e índice de Runkel.

4. Análises químicas do lenho — As determinações químicas, realizadas no material lenhoso, encontram-se no Quadro I.

5. Produção de celulose — Foi empregado o processo alcalino sulfato para produção de celulose química. Foram realizados dois cozimentos experimentais em autoclave de laboratório com capacidade para 20 litros e aquecida eletricamente. O equivalente a 500 gramas de matéria absolutamente seca foi utilizado por cozimento. Conforme esclarecido

anteriormente, produziu-se celulose a partir do material integral (lenho e córtex) em virtude dos possíveis problemas industriais que adviriam para o descascamento dos ramos (Quadro II).

A seguir, as celuloses obtidas foram lavadas e depuradas, determinado-se seus rendimentos brutos e depurados, teores de rejeitos e números Kappa.

## QUADRO I

Determinações químicas no material lenhoso

Análise Química	Método
Solubilidade em:	
— água quente .....	TAPPI T1m-59
— NaOH 1% .....	TAPPI T4m-59
— álcool/benzeno .....	TAPPI T6m-59
Teor de:	
— celulose Cross & Bevan ....	ABCP M 9/71
— lignina .....	ABCP M10/71
— pentosanas .....	TAPPI T10m-50

TAPPI — Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

ABCP — Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel.

## QUADRO II

Condições adotadas nos cozimentos

Condições de Cozimento	Cozimento	
	1	2
Alcali ativo (% Na <sub>2</sub> O sobre matéria seca) .....	16%	20%
Sulfidez .....	25%	25%
Relação licor/madeira .....	4:1	4:1
Temperatura máxima .....	170°C	170°C
Tempo até temperatura máxima .....	2h	2h
Tempo à temperatura máxima .....	1h	1h
Concentração inicial de Na <sub>2</sub> O ativo .....	35g/litro	50g/litro

6. Ensaio físico-mecânico das celulosas não branqueadas.

A. Refinação — A refinação das celulosas, feita em moinho Jokro Muhle, utilizando-se 16 gramas absolutamente secas por amostra, à consistência de 6%, foi conduzida a cinco tempos de moagem, inclusive o de zero minuto. A refinação obtida para cada amostra foi expressa em termos de grau Schopper Riegler (°SR).

B. Formação de folhas para testes — A formação de folhas deu-se em equipamento Koethen Rapid, de dois secadores.

C. Ensaio físico-mecânico — Os seguintes ensaios foram realizados e calculados segundo método TAPPI T220m-60:

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

## RESULTADOS

1. Densidade básica do lenho — A densidade básica média encontrada foi de 0,350g/centímetro cúbico.

2. Dimensões das fibras libriiformes — Suas dimensões médias constam do quadro III.

Os seguintes valores foram encontrados para as relações entre as dimensões fundamentais das fibras:

- índice de enfiamento: 54;
- coeficiente de flexibilidade: 56%;

- fração parede: 44%;
- índice de Runkel: 0,795.

3. Análises químicas — A seguinte composição química quantitativa média foi obtida:

Solubilidade em:

- água quente ..... 5,7%
- NaOH 1% ..... 22,4%
- álcool/benzeno .... 3,8%

## QUADRO III

Dimensões das fibras libriiformes

Dimensões	Médias	Coefficientes de Variação (%)
Comprimento da fibra (mm) .....	0,86	10,4
Largura da fibra ( $\mu$ ) .....	15,8	12,4
Diâmetro do lúmen ( $\mu$ ) .....	8,8	23,4
Espessura da parede celular ( $\mu$ ) .....	3,5	17,5

Teor de:

— celulose Cross & Bevan .....	58,4%
— lignina .....	21,7%
— pentosanas .....	27,8%

4. Rendimentos em celulose — Os rendimentos em celulose foram expressos pela relação porcentual entre peso de celulose absolutamente seca e peso de material a.s. empregado. Os valores encontrados, bem como correspondentes números Kappa, constam do quadro IV.

5. Propriedades físico-mecânicas das celulosas — As propriedades físico-mecânicas das celulosas resultantes dos cozimentos números 1 e 2 estão relatadas no quadro V.

QUADRO IV

Rendimentos em celulose

Cozimento	1	2
Rendimento bruto (%) .....	54,2	46,7
Rendimento depurado (%) ....	43,9	43,9
Teor de rejeitos (%) .....	10,3	2,8
Número Kappa .....	38,5	17,0

## DISCUSSÃO

### CARACTERÍSTICAS DO LENHO

Em termos de características anatómicas das fibras, o material de *Morus alba* L. pode-se enquadrar como ligeiramente inferior às madeiras de folhosas. Por outro lado, os índices obtidos entre as dimensões fundamentais das fibras classificam esse material como viável para a fabricação de celulose.

A densidade básica do lenho foi considerada baixa, o que representa a necessidade de grandes volumes de ramos para a produção de uma tonelada de celulose. Admitindo-se um rendimento em celulose depurada de 45%, necessita-se de 2,4 toneladas de ramos secos, ou melhor, 4,8 toneladas de ramos frescos para a produção de uma tonelada de celulose não branqueada. Em termos volumétricos, isso representa um volume de aproximadamente 6,8 m<sup>3</sup> sólidos de ramos frescos para cada tonelada de celulose.

### PROPRIEDADES DAS CELULOSAS

Necessidade de condições de cozimento drásticas, baixos rendimentos e celulosas de razoáveis resistências à tração e ao arrebentamento e baixa resistência ao rasgo, foram as principais características observadas.

O alto consumo de álcali ativo e o baixo rendimento obtido devem-se, em grande parte, ao elevado teor de extrativos em soda que o lenho possui. A presença do córtex deve também colaborar para acentuar esses problemas tecnológicos.

### DISPONIBILIDADE DE RAMOS DE AMOREIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO

Tomando por base estimativa realizada pela Seção de Sericicultura do Instituto de Zootecnia do Estado de São Paulo, e admitindo que o rendimento médio em celulose sulfato seja de 45% base matéria seca para o material em questão, foi possível elaborar o quadro VI.

## QUADRO V

## Propriedades físico-mecânicas das celuloses

Característica	Cozimento										
	1					2					
Tempo de moagem	0	20	40	60	80	0	20	40	60	80	
Grau de moagem	23	40	52	57	75	23	38	45	51	63	
Gramatura	62,9	63,0	62,0	63,3	60,0	62,6	61,8	62,5	61,8	62,1	
Comprimento de auto-ruptura	2847	7989	8645	8752	7922	3206	7012	7840	7109	6838	
Índice de arrebentamento	11,6	43,7	51,6	44,9	41,5	9,6	39,6	45,3	38,2	37,7	
Índice de rasgo	81	95	100	99	87	73	88	89	90	82	
Esticamento	0,91	3,45	3,40	3,25	3,25	0,75	2,75	3,00	2,95	2,70	
Espessura	136	100	96	96	91	134	98	97	97	96	
Peso específico aparente	0,463	0,630	0,646	0,659	0,659	0,467	0,631	0,644	0,637	0,647	

## QUADRO VI

Estimativa de potencial de fabricação de celulose

Localidade	Milhares de pés de amoreira	Toneladas de ramos frescos por ano	Potencial celulósico (em toneladas de celulose/ano)	Capacidade de fábrica de celulose que a região suporta (t/dia)
<b>Bauru *</b>				
Agudos	1.731	20.772	4.206	12
Avai	8.471	101.652	20.584	59
Bauru	7.055	84.660	17.144	49
Cabrália Paulista	2.984	35.808	7.251	21
Duartina	14.301	171.612	34.751	99
Guaíçara	93	1.116	226	—
Guaimbê	669	8.028	1.626	4
Júlio Mesquita	500	6.000	1.215	3
Lins	923	11.076	2.243	6
Lucianópolis	8.871	106.452	21.556	62
Pederneiras	81	972	197	—
Piratininga	3.764	45.168	9.146	26
Presidente Alves	1.554	18.648	3.776	11
Promissão	963	11.556	2.340	7
Ubirajara	1.824	21.888	4.432	13
<b>Marília *</b>				
Bastos	3.524	42.288	8.563	25
Gália-Fernão Dias	17.844	214.128	43.361	124
Garça	903	10.836	2.194	6
Marília	896	10.752	2.177	6
Piraju	132	1.584	321	1
Santa Cruz do Rio Pardo	840	10.440	2.114	6
Tupã	584	7.008	1.419	4
<b>Presidente Prudente *</b>				
Dracena	674	8.088	1.638	5
Inúbia	749	8.988	1.820	5
Junqueirópolis	312	3.744	758	2
Oswaldo Cruz	488	5.856	1.186	3
Panorama	144	1.728	350	1
Parapuã	683	8.196	1.660	5
Sagres	498	5.976	1.210	3

## QUADRO VI

(Continuação)

Localidade	Milhares de pés de amoreira	Toneladas de ramos frescos por ano	Potencial celulósico (em toneladas de celulose/ano)	Capacidade de fábrica de celulose que a região suporta (t/dia)
<b>Campinas *</b>	63	756	153	—
Charqueada	1.580	18.960	3.839	11
Mococa	311	3.732	756	2
São Pedro	108	1.296	262	1
<b>Araçatuba *</b>				
Guaraçai	738	8.856	1.793	5
Mirandópolis	711	8.532	1.728	5
Pereira Barreto	108	1.296	262	1
<b>São José do Rio Preto *</b>				
Votuporanga	2.093	25.116	5.086	14
<b>Ribeirão Preto *</b>				
Guatapará	974	11.688	2.367	7
Disponibilidade total do Estado de São Paulo	88.741	1.065.252	215.713	616

\* Sede da DIRA.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que os ramos de amoreira, *Morus alba* L., constituem matéria-prima de razoável qualidade para a produção de celulose sulfato. Os principais problemas tecnológicos que esse material apresenta são:

a) manuseio de grandes volumes de material de baixa densidade, num período relativamente curto de tempo;

b) armazenamento do material para assegurar abastecimento contínuo das fábricas de celulose;

c) necessidade de empregar grande quantidade de mão-de-obra nas atividades de coleta, carregamento e descarregamento;

d) altos custos de transporte por tonelada de ramos secos;

e) perigos de fogo quando grandes quantidades de ramos são armazenados em um só local, e os resultantes custos de prevenção;

f) alto consumo de álcalis no cozimento;

g) baixo rendimento em celulose;

h) baixa resistência ao rasgo da celulose.

A vantagem que esse material oferece é a sua disponibilidade a baixo custo em algumas regiões do Estado, visto que constitui resíduo da planta da amoreira após o aproveitamento das folhas na alimentação do bicho-da-seda.

### SUMMARY

Sulphate pulping of Mulberry trees, *Morus alba* L., was performed on laboratory conditions. Low yields and tear strength were the main characteristics

of the pulps. Handling and storing the bulky raw material is also a problem.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 — FOELKEI, C. E. B.; MOURÃO BRASILEIRO, A. M.; BARRICHELO, L. E. G. — Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. *IPEF*, Piracicaba, SP, (2/3) :65-74, 1971.

2 — PAOLIERI, L. — *Fibra e celulose da amoreira*. Campinas, SP, Serviço de Sericicultura, 1963. 21 p. (Boletim Técnico de Sericicultura n.º 37)