

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA
SETOR DE TECNOLOGIA DE MADEIRA

CELULOSE SULFATO DE Sterculia sp E Bombax sp

Celso Edmundo Bochetti Foelkel
Professor Assistente

Piracicaba - S.P.

1 9 7 4

CELULOSE SULFATO DE *Sterculia* sp e *Bombax* sp

1. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como finalidade estudar as características das madeiras e as propriedades das celuloses sulfato obtidas de duas espécies lenhosas, uma pertencente à Divisão Angiospermae, família Sterculiaceae e a outra, pertencente à mesma divisão e à família Bombacaceae.

Este experimento foi realizado nos Laboratórios das Secções de Tecnologia de Celulose e Papel e Química da Madeira do Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo. Estiveram envolvidos na sua realização os seguintes alunos estagiários do Curso de graduação em Engenharia Florestal da E.S.A.L.Q.: Walter Garcia, Antonio R. Higa, José O. Brito, Jorge Tamezawa e José H. Nehring. A parte experimental foi realizada sob a orientação e supervisão do Professor Celso Edmundo Bochetti Foelkel, responsável pela Secção de Tecnologia de Celulose e Papel da referida instituição.

2. DESCRIÇÃO TAXONÔMICA E CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS VEGETAIS

2.1 - IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA COM BASE NO MATERIAL BOTÂNICO

Tendo em vista a ausência de elementos florais no material botânico enviado, a identificação taxonômica ao nível de espécie tornou-se relativamente imprecisa. Assim sendo, apenas o nome genérico pôde ser precisado. A nomenclatura específica apresentada constituiu-se em mera tentativa, havendo portanto necessidade de confirmação com base em material botânico mais rico em caracteres vegetativos e reprodutivos.

A seguinte relação entre o nome vulgar e o genérico é válida:

Castanhola do Pará.....	<u>Sterculia</u> sp
Carolina	<u>Bombax</u> sp

Ao nível específico, estimou-se como provável:

Castanhola do Pará..... Sterculia foetida
Carolina Bombax aquaticum

2.2 - IDENTIFICAÇÃO MACRO E MICROSCÓPICA DA MADEIRA

A análise das características anatômicas das madeiras de ambos os vegetais confirmaram a identificação dos gêneros acima enunciados.

2.3 - CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS GERAIS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS VEGETAIS

2.3.1 - A Família Sterculiaceae

Compõe um grupo de vegetais que abrange aproximadamente 50 gêneros, com mais de 750 espécies de ervas, arbustos e árvores, originários dos trópicos e regiões quentes do globo.

Apresentam folhas alternas, peni ou palminérvias, simples ou lobadas, estipuladas, muitas vezes pilosas.

Inflorescência axilar, oposta às folhas ou terminal, paniculada ou cymosa.

As flores são actinomorfas, hermafroditas ou excepcionalmente unisexuais. O cálice é simples, formado por 5 sépalas conatas. A corola é composta por 5 pétalas que apresentam as mais variadas formas, faltando às vezes. O androceu consta de 5 a muitos estames, com anteras de 2 a 3 tecas. Grãos de pólen pequenos. Ovário livre, em regra com 5 carpelos, mais raro 1 ou então 12 unidos, sempre com muitos óvulos por carpelo. Fruto cápsula. Semente lisa e levemente granulosa, raramente rugosa.

Em geral a madeira apresenta cerne rosado ou marron claro e alburno amarelado. Peso específico muito variado, a maioria com densidade média. Bom brilho. Via de regra apresenta pouca durabilidade.

2.3.1.1 - O gênero Sterculia

Possui cerca de 60 espécies de árvores e arbustos, de regiões tropicais ou sub-tropicais.

2.3.1.2 - A espécie Sterculia foetida

Forma árvore grande, de 20 metros ou mais de altura, com até 1 metro de diâmetro. Caule reto, sem ramificações na metade inferior, Folhas alternas, longo-pecioladas, digitadas, aglomeradas nas extremidades dos ramos, compostas de 7 a 9 folíolos quase sésseis, oblongo-lanceolados, agudos ou acuminados, de 10-18 cm de comprimento, inteiros, pubescentes enquanto jovens, glabros nas duas páginas quando adultos. Flores polígamas, vermelho-sujo, muito fétidas, 20-25 cm de diâmetro, dispostas em racimos axilares. Fruto cápsula grande, lenhosa, quase lisa, ovóide, de 10 cm de comprimento, contendo 10-15 sementes de 2 cm.

Madeira de alburno pouco mais claro que o cerne, fácil de trabalhar, porém de pequena duração. Peso específico médio. Própria para caixotaria, fósforos, obras, etc.

Introduzida no Brasil há muito tempo, aclimatou-se perfeitamente, sendo comum em ampla faixa do território brasileiro, desde o norte até o sul. É uma espécie própria de climas tropicais e sub-tropicais.

2.3.2 - A Família Bombacaceae

Compreende cerca de 25 gêneros e 150 espécies. Seus representantes são de porte arbóreo. Vegetam bem em regiões tropicais.

As folhas são alternas, simples ou digitadas, com estípulas caducas. As flores são actinomorfas ou raramente zigomorfas, sempre hermafroditas, pentâmeras. Cálice campanulado ou tubuloso. Pétalas em número de 5 ou ausentes. Estames quase sempre numerosos. Anteras com 1 ou mais tecas quase sempre de deiscência longitudinal. Pólen globoso, liso. Ovário uni a penta locular, com 2 a muitos óvulos por lóculo e um único estigma. Fruto quase sempre cápsula, com deiscência em 5 valvas. Em quase todos os gêneros as sementes são envoltas por pelos.

A madeira mostra grande variabilidade, sendo geralmente leve.

2.3.2.1 - O gênero Bombax

Compreende cerca de 50 espécies de árvores, a maioria naturais da América. É muito semelhante ao gênero Pachira e por isso considerados como um só gênero por muitos botânicos: Bombax.

2.3.2.2 - A espécie Bombax aquaticum

Também chamada Pachira aquatica, Carolina princeps e Sophia carolina.

Árvore pequena a grande, geralmente frondosa, de caule mais ou menos curvo e com ramos numerosos. Folhas longo-pecioladas, digitadas, compostas de 3-9 folíolos com pecíolos curtos, elípticos ou oblângos, obtusos ou arredondados no ápice, às vezes agudos. Flores solitárias, de 5 pétalas grandes, recurvadas, aromáticas, branco-amareladas ou branco-róseas, interiormente amarelas. Podem aparecer flores de outras cores. Fruto cápsula lenhosa, ovóide, aveludado, vermelho-ferrugem, de até 14 cm de diâmetro e 38 cm de comprimento, sulcado longitudinalmente. Sementes ferrugíneas, grandes, angulosas por compressão.

Madeira branca ou acinzentada, porosa, pouco resistente e que oxida-se facilmente ao ar. Própria apenas para caixotaria, obras internas, fósforo, molduras, etc. Casca extremamente fibrosa e rica em extrativos.

Árvore bastante ornamental, muito difundida nos trópicos americanos, desde as Guianas até o Sul do Brasil. Vegeta de preferência em barrancos dos rios, margens de lagoas e terrenos alagadiços. Muito susceptível ao ataque de brocas de madeira.

3. CARACTERÍSTICAS DAS MADEIRAS E PRODUÇÃO DE CELULOSE SULFATO

3.1 - MATERIAL

Os materiais utilizados neste experimento constituíram-se de madeira de árvores com idade indeterminada de Sterculia sp e Bombax sp provenientes da região de Recife - Pernambuco.

3.2 - MÉTODOS

3.2.1 - Preparo das madeiras

As toras recebidas foram desdobradas em discos de 2 cm de espessura e a seguir picadas manualmente a cavacos. Os cavacos obtidos foram secos ao ar até equilíbrio e armazenados em sacos plásticos.

3.2.2 - Amostragem para ensaios

A amostragem para todos os ensaios realizados foi feita sobre o lote total de cavacos.

3.2.3 - Análises microscópicas das madeiras

3.2.3.1 - Mensuração dos elementos fibrosos

Amostras representativas de madeira de cada uma das espécies estudadas foram maceradas e a seguir foram preparadas lâminas para as medições das fibras. Foram determinadas por micro-projeção, as seguintes dimensões das fibras: comprimento, largura, diâmetro do lumen e espessura da parede celular. Foram também determinados comprimento e largura dos elementos de vaso.

3.2.3.2 - Microfotografias das madeiras

Para a montagem das lâminas para fotografia, as madeiras foram cortadas em micrótomo nas três secções de estudo, a saber: secção transversal, secção tangencial e secção radial. Foram montadas lâminas permanentes, com o material sofrendo coloração, e a seguir procedeu-se ao serviço fotográfico. Foram tiradas duas microfotografias por secção de estudo e por espécie lenhosa.

3.2.4 - Análises químicas das madeiras

As seguintes determinações químicas foram realizadas nas madeiras:

Análise química	Método
Solubilidade em:	
- água quente	TAPPI T _{1m} -59
- NaOH 1%	TAPPI T _{4m} -59
- álcool-benzeno	TAPPI T _{6m} -59
Teor de	
- Celulose Cross e Bevan	ABCP M9/71
- lignina	ABCP M 10/71
- pentosanas	TAPPI T _{19m} -59
- cinzas	ASTM D 1102-56

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry
ABCP - Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel
ASTM - American Society for Testing and Materials

3.2.5 - Determinação da densidade básica das madeiras

Foi utilizado o método do máximo teor de umidade conforme FOELKEL E COLABORADORES (1971).

3.2.6 - Produção de celulose

3.2.6.1 - Processo

Foi utilizado o processo sulfato ou kraft.

3.2.6.2 - Condições de cozimento

Foram realizados três cozimentos por espécie com a finalidade de se obter pastas com diferentes graus de deslignificação. Utilizou-se 300 gramas de madeira absolutamente seca por cozimento. Os esquemas dos cozimentos estão apresentados no Quadro I.

Quadro I - Condições dos cozimentos para ambas as espécies.

Número do Cozimento	1	2	3
- Álcali ativo (% Na ₂ O sobre madei ra seca)	13	14	15
- Sulfidez (%)	25	25	25
- Temperatura máxima (°C)	170	170	170
- Tempo até temperatura máxima (ho ras)	2	2	2
- Tempo à temperatura máxima (ho - ras)	0,5	0,5	0,5
- Relação Licor/Madeira	4:1	4:1	4:1

As celulosas obtidas foram lavadas e depuradas. A seguir ,
procedeu-se à determinações de rendimentos, teores de rejeitos e núme
ro de permanganato.

3.2.6.3 - Refinação

As celulosas foram refinadas em moinho Jokro-Muhle a 5 tem
pos de moagem, incluindo o tempo 0 minutos. A consistência de refina
ção foi de 6%.

3.2.6.4 - Preparo de folhas para testes

Foram preparadas folhas correspondentes a cada tempo de mo
agem em formador de folhas com 2 secadores, tipo Koethen Rapid. A gra
matura adotada foi de aproximadamente 60g/m².

3.2.6.5 - Acondicionamento das folhas para testes

Para evitar o efeito das variações ambientais nos resulta
dos, os corpos de prova foram climatizados em ambiente padronizado à
temperatura de 20 ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 2%.

3.2.6.6 - Ensaio físico-mecânicos

Os ensaios físico-mecânicos foram realizados e calculados
segundo a norma TAPPI T_{220m-60}.

As seguintes propriedades das celulosas foram determinadas:

- tempo de moagem: expresso em minutos
- grau de moagem: expresso em graus Schopper-Riegler ($^{\circ}$ SR)
- gramatura: expressa em gramas por metro quadrado
- resistência à tração: expressa pelo comprimento de auto ruptura, em metros
- esticamento: expresso em porcentagem de esticamento
- resistência ao arrebatamento: expressa pelo índice de arrebatamento
- resistência ao rasgo: expressa pelo índice de rasgo
- espessura: expressa em microns
- peso específico aparente: expresso em gramas por centímetro cúbico

3.3 - RESULTADOS

3.3.1 - Dimensões médias dos elementos lenhosos

Os resultados das análises microscópicas, médias de 100 fibras e 20 elementos do vaso por espécie, constam do Quadro II.

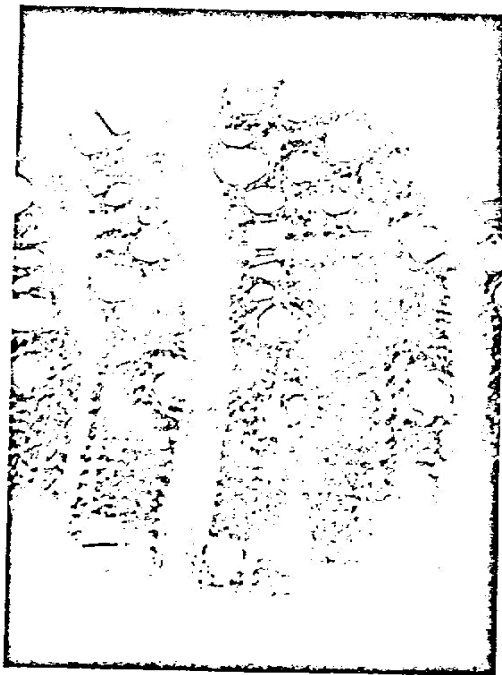
Quadro II - Dimensões médias dos elementos lenhosos

Dimensão	<u>Sterculia</u> sp	<u>Bombax</u> sp
- Comprimento da fibra (mm)	2,13	2,01
- Largura da fibra (μ)	25,13	22,41
- Diâmetro do lumen (μ)	8,32	8,25
- Espessura da parede celular(μ)	8,40	7,08
- Comprimento do elemento de vaso (mm)	0,38	0,38
- Largura do elemento de vaso(mm)	0,17	0,17

3.3.2 - Microfotografias

3.3.2.1 - Sterculia sp

SECÇÃO TRANSVERSAL DA MADEIRA

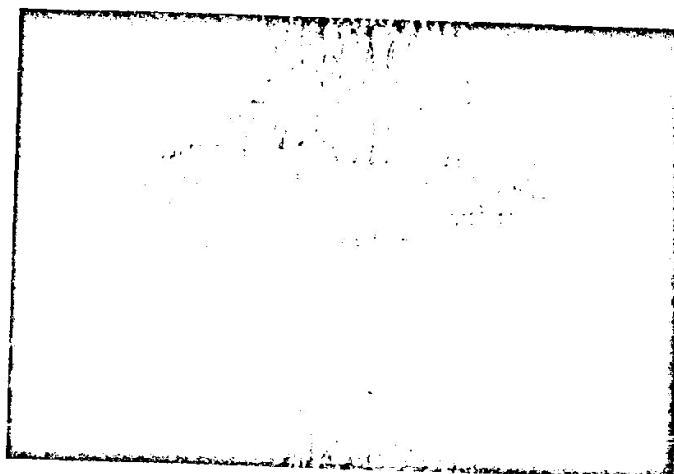


AUMENTO: 10x

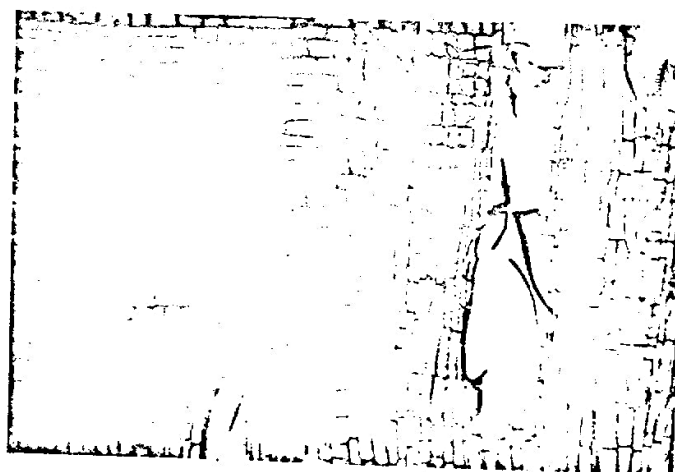


AUMENTO: 25x

SECÇÃO RADIAL DA MADEIRA

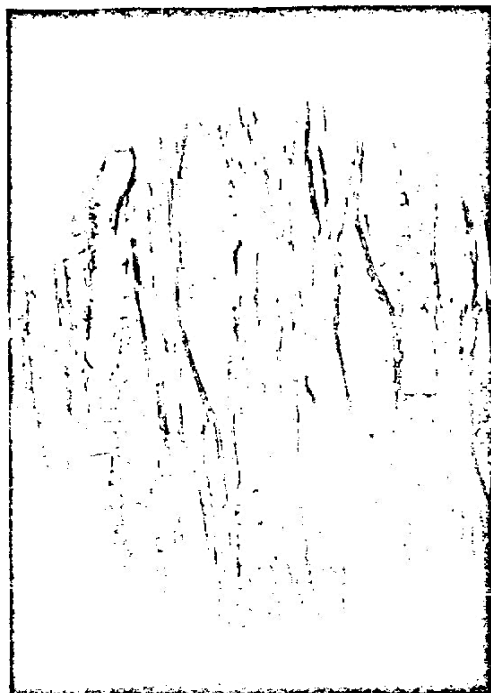


AUMENTO: 10x

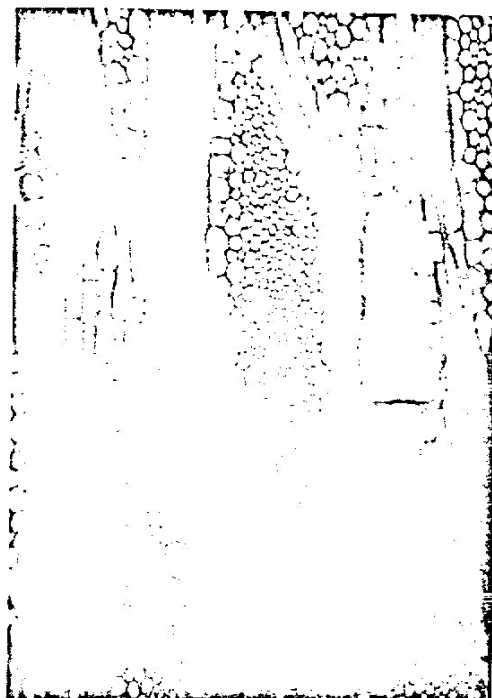


AUMENTO: 25x

SECÇÃO TANGENCIAL DA MADEIRA



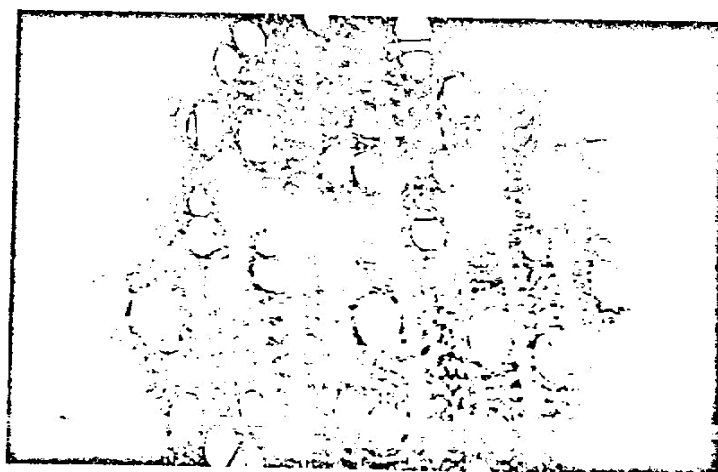
AUMENTO: 10x



AUMENTO: 25x

3.3.2.2 - Bombax sp

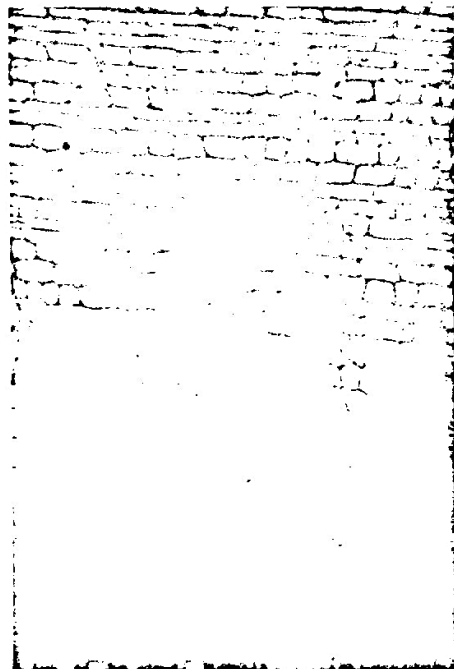
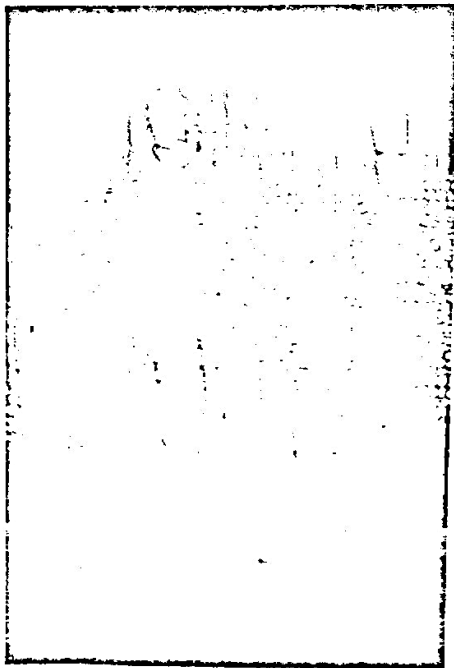
SECÇÃO TRANSVERSAL DA MADEIRA



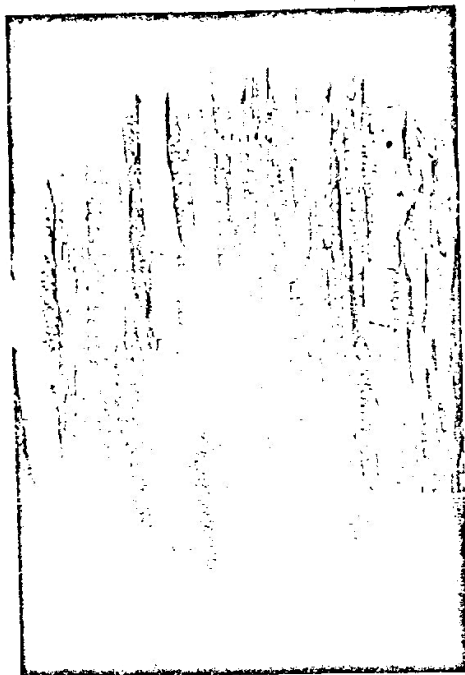


AUMENTO: 25x

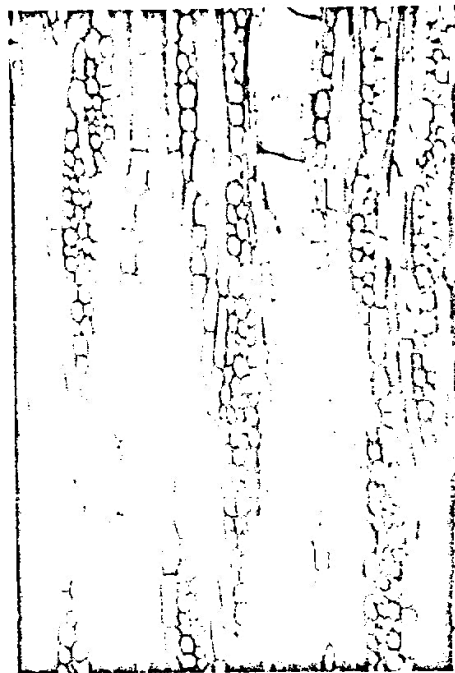
SECÇÃO RADIAL DA MADEIRA



SECÇÃO TANGENCIAL DA MADEIRA



AUMENTO: 10x



AUMENTO: 25x

3.3.3 - Análises químicas das madeiras

Os resultados das determinações químicas nas madeiras estão apresentados no Quadro III.

Quadro III - Composição química quantitativa das madeiras (%)

Análise química	Espécie	
	<u>Sterculia</u> sp	<u>Bombax</u> sp
Solubilidade em		
- água quente	6,2	8,1
- NaOH 1%	18,0	18,8
- álcool benzeno	2,1	1,6
Teor de		
- celulose	54,5	58,3
- lignina	16,2	13,3
- pentosanas	20,7	24,5
- cinzas	3,8	2,2

3.3.4 - Densidade básica das madeiras

Os resultados médios para densidade básica aparecem no Quadro IV.

Quadro IV - Densidade básica média das madeiras (g/cm³)

Espécie	Densidade básica
- <u>Sterculia</u> sp	0,469
- <u>Bombax</u> sp	0,380

3.3.5 - Propriedades das celulosas

Os resultados para rendimentos brutos e depurados, teores de rejeitos e números de permanganato aparecem no Quadro V.

Quadro V - Rendimentos, rejeitos e números de permanganato

Espécie e cozi- mento	Rendimento bruto(%)	Rendimento depurado(%)	Teor de re- jeitos (%)	Número de per- manganato
- <u>Sterculia</u> sp				
Cozimento 1	39,0	27,9	11,1	32,9
Cozimento 2	37,0	33,5	3,5	29,4
Cozimento 3	34,4	30,9	3,5	18,3
- <u>Bombax</u> sp				
Cozimento 1	39,5	35,9	3,6	23,3
Cozimento 2	38,7	35,2	3,5	22,1
Cozimento 3	39,6	38,2	1,4	21,4

Por outro lado, pode-se também expressar os rendimentos em celulose com base volumétrica, conforme preconiza FOELKEL (1974). Assim sendo, defina-se "Rendimento base volume" como o peso em toneladas de celulose absolutamente seca obtido pela digestão de 100 metros cúbicos sólidos de madeira verde.

Os rendimentos base volume aparecem no Quadro VI.

Quadro VI - Rendimentos, rejeitos e números de permanganato (base volumétrica)

Espécie e Cozimento	Rendimento bruto	Rendimento depurado	Teor de re- jeitos	Número de permanganato
- <u>Sterculia</u> sp				
Cozimento 1	18,3	13,1	5,2	32,9
Cozimento 2	17,4	15,7	1,7	29,4
Cozimento 3	16,1	14,5	1,6	18,3
- <u>Bombax</u> sp				
Cozimento 1	15,0	13,6	1,4	23,3
Cozimento 2	14,7	13,4	1,3	22,1
Cozimento 3	15,0	14,5	0,5	21,4

Os resultados dos ensaios físico-mecânicos das celulosas estão apresentados nos Quadros VII, VIII, IX, X, XI e XII.

Quadro VII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Sterculia sp (Cozimento nº 1)

Tempo de Moagem	0	20	25	30	35
Grau de moagem	11	36	49	60	71
Gramatura	60,0	58,0	57,0	57,5	61,0
Comprimento de auto-ruptura	1289	6069	6207	6690	6585
Esticamento	0,00	2,15	2,50	2,60	2,65
Índice de arreben- ta-mento	0,0	29,8	34,0	33,7	35,6
Índice de rasgo ...	45	104	107	95	96
Espessura	178,6	136,4	121,0	115,8	111,4
Peso específico apa- rente	0,336	0,425	0,471	0,496	0,547

Quadro VIII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Sterculia sp (Cozimento nº 2)

Tempo de moagem	0	10	20	25	30
Grau de moagem	12	16	26	36	48
Gramatura	60,5	60,0	59,9	58,0	57,5
Comprimento de auto-ruptura	1521	5244	6299	5770	6968
Esticamento	0,00	1,35	2,05	2,10	2,45
Índice de arreben- ta-mento	0,0	25,7	34,4	39,6	40,6
Índice de rasgo ...	56	96	105	112	106
Espessura	161,2	129,0	122,4	117,8	111,2
Peso específico apa- rente	0,375	0,465	0,489	0,492	0,516

Quadro IX - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Sterculia sp
(Cozimento nº 3)

Tempo de Moagem	0	10	20	25	30
Grau de Moagem ...	12	20	34	45	62
Gramatura	56,0	55,0	54,8	56,7	56,0
Comprimento de au- to ruptura	2155	6060	6302	7008	6805
Esticamento	0,00	2,35	2,30	2,45	2,85
Índice de arreben- tamento	4,6	27,1	31,8	35,4	36,8
Índice de rasgo ..	89	113	100	103	90
Espessura	146,8	116,2	107,0	105,8	102,2
Peso específico a- parente	0,381	0,473	0,512	0,536	0,548

Quadro X - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Bombax sp (Co-
zimento nº 1)

Tempo de moagem	0	15	20	25	30
Grau de moagem ...	9	21	26	29	56
Gramatura	58,0	56,6	55,8	54,2	57,3
Comprimento de au- to-ruptura	2575	6454	7097	6888	6997
Esticamento	0,00	2,80	3,05	3,05	3,05
Índice de arreben- tamento	0,8	34,8	35,3	35,8	43,0
Índice de rasgo ..	100	94	100	93	82
Espessura	145,8	111,4	109,6	102,6	93,0
Peso específico a- parente	0,398	0,508	0,509	0,528	0,616

Quadro XI - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Bombax sp
(Cozimento nº 2)

- Tempo de moagem	0	20	25	30	35
- Grau de moagem	11	29	35	49	57
- Gramatura ...	58,5	57,3	56,8	56,9	58,8
- Comprimento de auto-ruptura	2120	6283	5928	6796	6418
- Esticamento..	0,00	2,30	2,25	2,25	2,60
- Índice de arbentamento...	0,0	32,3	33,8	35,0	37,6
- Índice de rasgo	58	112	99	101	101
- Espessura ...	153,6	116,0	114,4	108,6	113,0
- Peso específico aparente ...	0,381	0,494	0,496	0,524	0,520

Quadro XII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Bombax sp (Cozimento nº 3)

- Tempo de moagem	0	20	25	30	35
- Grau de moagem	12	26	27	38	43
- Gramatura ...	59,7	57,2	57,9	57,4	57,1
- Comprimento de auto-ruptura	1697	6002	5819	5854	6258
- Esticamento..	0,00	2,60	2,60	2,60	2,70
- Índice de arbentamento...	2,3	32,3	32,9	34,8	33,1
- Índice de rasgo	66	112	119	117	111
- Espessura ...	155,4	119,0	120,2	115,2	113,0
- Peso específico aparente ...	0,384	0,481	0,482	0,498	0,505

3.4 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e para as condições adotadas neste experimento concluiu-se:

3.4.1 - Características das madeiras

Relativamente às características da madeira, observou-se que Bombax sp mostrou densidade básica muito baixa, enquanto Sterculia sp a apresentou média. As fibras libriformes para ambas as espécies mostraram-se relativamente longas para folhosas, e bastante espessas. Entretanto, a frequência elevada de parênquima e de poros de largo diâmetro conforme pode ser notado nas microfotografias, colaboraram para que as densidades básicas fossem inferiores.

Altas solubilidades em água e NaOH 1% e altos teores de pentosanas, cinzas e celulose caracterizaram ambas as madeiras. Os teores de extrativos em álcool benzeno foram baixos da mesma forma que os teores de lignina. Entretanto para lignina, existe a possibilidade de ocorrer uma fração da lignina que seja solúvel em ácido sulfúrico 72% e portanto não determinada pelo método empregado.

3.4.2 - Propriedades das celuloses

Os rendimentos alcançados foram muito baixos embora os graus de deslignificação correspondentes fossem elevados. Isso denota uma certa dificuldade em se trazer estas celuloses a níveis economicamente branqueáveis. Condições mais drásticas de cozimento deverão reduzir ainda mais o rendimento, enquanto condições mais suaves deverão conduzir a elevados teores de rejeitos. A alta proporção de células parenquimatosas de pequenas dimensões, quer do raio lenhoso, quer dos parênquimas axial e terminal, deve ser uma das causas dos baixos rendimentos.

Quanto à resistência das celuloses, observou-se que as mesmas mostraram baixas resistências ao rasgo, ruptura e arrebetamento, enquanto o esticamento foi razoável.

Todas as celuloses produziram folhas pouco densas e volumosas. Uma boa vantagem das pastas foi a fácil refinação, conseguindo-se altos graus de moagem em tempos relativamente curtos.

Com base no exposto, conclui-se que as duas espécies estudadas produzem celuloses de baixos rendimentos e resistências, entretanto não a ponto de limitarem os seus empregos para tal finalidade. Acurados estudos de ordem técnica e econômica devem ser conduzidos a fim de se verificar a viabilidade de uso destas madeiras como matérias-primas para produção industrial de celulose para papel. Deve-se levar em conta ainda, o tipo de produto final desejado. Isoladamente, nenhuma destas madeiras deverá produzir papéis de alta resistência. Misturas com outros tipos de fibras mais resistentes merecem ser pesquisadas.

4. BIBLIOGRAFIA

1. FOELKEL, C.E.B.; MOURÃO BRASIL, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. - IPEF (2/3):65, (1971).
2. FOELKEL, C.E.B. - "Um novo conceito para rendimentos em produção de celulose: Rendimentos base volume" - Série Divulgação e Pesquisa, Trabalho nº TD-C/1, Departamento de Silvicultura-ESALQ, (1974).
3. SCHULTZ, A.R. e WOLLHEIM, O.M. - "Boletim nº 35 do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul", 49p., (1962).
4. PIO CORRÊA, M. - "Dicionário das Plantas Úteis do Brasil - Vol.2", Ministério da Agricultura, Brasil, (1931).

Com base no exposto, conclui-se que as duas espécies estudadas produzem celuloses de baixos rendimentos e resistências, entretanto não a ponto de limitarem os seus empregos para tal finalidade. Acurados estudos de ordem técnica e econômica devem ser conduzidos a fim de se verificar a viabilidade de uso destas madeiras como matérias-primas para produção industrial de celulose para papel. Deve-se levar em conta ainda, o tipo de produto final desejado. Isoladamente, nenhuma destas madeiras deverá produzir papéis de alta resistência. Misturas com outros tipos de fibras mais resistentes merecem ser pesquisadas.

4. BIBLIOGRAFIA

1. FOELKEL, C.E.B.; MOURÃO BRASIL, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. - IPEF (2/3):65, (1971).
2. FOELKEL, C.E.B. - "Um novo conceito para rendimentos em produção de celulose: Rendimentos base volume" - Série Divulgação e Pesquisa, Trabalho nº TD-C/1, Departamento de Silvicultura-ESALQ, (1974).
3. SCHULTZ, A.R. e WOLLHEIM, O.M. - "Boletim nº 35 do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul", 49p.,(1962).
4. PIO CORRÊA, M. - "Dicionário das Plantas Úteis do Brasil - Vol.2", Ministério da Agricultura, Brasil, (1931).