

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de S. Paulo

Vol. 30

Campinas, dezembro de 1971

N.º 24

BAMBU COMO MATÉRIA-PRIMA PARA PAPEL. V — ESTUDOS SÔBRE O EMPRÊGO DE QUATRO ESPÉCIES DE *DENDROCALAMUS*, NA PRODUÇÃO DE CELULOSE SULFATO (1)

DIRCEU CIARAMELLO e ANÍSIO AZZINI, *engenheiros-agrônomo*s, *Seção de Plantas Fibrosas, Instituto Agronômico* (2)

SINOPSE

Quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus* (*D. giganteus*, *D. asper*, *D. latiflorus* e *D. strictus*) foram testadas, em laboratório, para a produção de pasta para papel, através do processo sulfato.

Préviamente aos cozimentos, determinaram-se as dimensões e os pesos dos colmos, sua densidade básica e as dimensões das fibras.

Os cozimentos, efetuados pelo processo sulfato, determinaram rendimento em pasta celulósica branqueável um pouco inferiores àqueles das principais espécies arbóreas usadas para a mesma finalidade. *Dendrocalamus giganteus* superou as demais espécies, tanto em rendimento como nas características físico-mecânicas do papel.

1 — INTRODUÇÃO

Espécies nativas de bambu são amplamente disseminadas no Japão, China, Índia e em praticamente todos os países do sudeste asiático. Embora em número bem menor de espécies, o bambu ocupa também áreas consideráveis na África e na América do Sul. Bambus vegetando naturalmente são raramente encontrados na Europa, Austrália e América do Norte.

Segundo Ueda (10), bambus nativos ocupam 4.000.000 ha na Índia, 1.800.000 ha na Tailândia, 200.000 ha em Burma e de

(1) Resultados parciais de projeto em execução no Instituto Agronômico, em convênio com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico. Recebido para publicação em 14 de agosto de 1971.

(2) Com bolsas de suplementação do CNPq.

50 a 150.000 ha noutras nações do sudeste asiático. No Japão, segundo o mesmo autor, existem 200.000 ha cultivados com florestas de bambu.

Uma parte dessas florestas é usada na produção de pasta para papel e para rayon, em alguns países do sudeste asiático. A Índia é o maior produtor de celulose de bambu, que responde por mais de 60% da matéria-prima usada para essa finalidade. Tailândia, Pasquistão, Indonésia e Filipinas são algumas das nações que também encontram no bambu o suprimento de matéria-prima para suas indústrias de celulose e papel.

Existe ampla variação quanto à espécie empregada, visto tratar-se sempre de indústria extrativa. Varia também a produção por unidade de superfície. De modo geral, estima-se em 1 tonelada de celulose por ano por hectare de floresta de bambu em exploração, ou seja, 3 t/ha/ano de colmos industrializáveis secos ao ar. Ainda segundo Ueda, as explorações são feitas de modo destrutivo, prejudicando o desenvolvimento do bambual.

No Brasil, algumas indústrias consomem bambu para atender às suas necessidades de matéria-prima para determinados fins. As espécies utilizadas, nem sempre identificadas pelos usuários, são, via de regra, de origem asiática.

Sendo bastante grande o número de espécies tropicais de bambu com possibilidades de bom crescimento em nossas condições ecológicas, há alguns anos o Instituto Agrônômico vem estudando na coleção o comportamento das principais, ao mesmo tempo que promove a determinação de suas características tecnológicas, em laboratório.

Assim é que *Bambusa oldhami*, *B. vulgaris*, *B. vulgaris* var. *vittata* (4), *B. nutans*, *B. tulda*, *B. beecheyana* e *B. stenostachya* (5), *B. tuldoides*, *B. textilis*, *B. ventricosa*, *B. dissimulator* e *B. longispiculata* (2) foram estudadas, determinando-se seus rendimentos em celulose sulfato e as principais características físico-mecânicas do papel.

Neste trabalho os autores apresentam os resultados obtidos em estudo semelhante, realizado com quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizados colmos provenientes das coleções de bambu que são mantidas na Estação Experimental de Tatuí e no Centro Experimental de Campinas. Como em estudos anteriores, procurou-se grupar espécies que fôsem tanto quanto possível afins.

Dendrocalamus giganteus (Wall.) Munro é provavelmente a espécie que produz os maiores colmos (3), com mais de 20 metros de altura, diâmetro em torno de 20 cm, paredes de 1 a 3 cm e internódios de 30 a 45 cm. Ocorre naturalmente na Tailândia, Burma, Índia e Ceilão (7), nos quais é largamente empregada em usos domésticos, na alimentação e também para papel.

Dendrocalamus asper (Schult.) Backer ex Hayne, trata-se também de um bambu de porte gigante, atingindo até 20 m de altura, 18 cm de diâmetro, paredes espessas e internódios de 20 a 50 cm. Provavelmente é natural da Malásia, cultivado em outros países tropicais. Além de seu emprêgo para fins agrícolas e para a indústria de papel produz brotos de ótima qualidade como alimento.

Dendrocalamus latiflorus Munro. Produz colmos com aproximadamente 20 m de altura, 20 cm de diâmetro, internódios longos e paredes com 0,5 a 3,5 cm de espessura. Segundo Wei-Chih Lin (7), em Formosa, no ano de 1965, os brotos desse bambu, secos ou enlatados, renderam US\$ 3.500.000,00. Os colmos encontram diversas aplicações agrícolas e na indústria de papel. É uma espécie nativa de Formosa e Sul da China.

Dendrocalamus strictus (Roxb) Nees. Esta espécie difere um pouco das três anteriores quanto às dimensões dos colmos: possuem-nos até 15 metros de altura, de 3 a 9 cm de diâmetro, internódios de 15 a 50 cm e paredes bastante espessas. É natural da Tailândia, Burma e Índia, ocorrendo de preferência nas florestas mais secas. Os colmos são usados para todos os propósitos de construção rural, móveis, implementos agrícolas e indústria de papel (7).

Das quatro espécies relatadas neste trabalho, apenas esta última foi colhida no Centro Experimental de Campinas, sendo as demais provenientes da Estação Experimental de Tatuí.

Foram colhidos três colmos de *D. strictus* e dois de cada uma das outras três espécies. Após eliminação dos ramos e do

ponteiro os colmos foram medidos e pesados. Retiraram-se amostras para determinação do teor de umidade, densidade básica, micrometria das fibras e para os cozimentos.

2.1 — DENSIDADE BÁSICA

Muitas das características do papel são influenciadas pela densidade básica da matéria-prima empregada (8). Também o rendimento obtido nos cozedores depende bastante dessa característica. Como em bambu (6) se notam diferenças entre a densidade básica obtida nos nós e a dos internódios, tomaram-se amostras das espécies em estudo, constituídas do nó e da parte do internódio correspondente. Foram efetuadas 20 determinações em *D. asper*, 16 em *D. latiflorus*, 15 em *D. strictus* e 12 em *D. giganteus*. Os corpos de prova foram imersos em água, até completa saturação, e a seguir tiveram seus volumes determinados com auxílio de balança hidrostática, após o que foram levados à estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, até peso constante.

A densidade básica foi calculada pela relação entre peso seco e volume saturado em água.

2.2 — ESTUDO MICROMÉTRICO DAS FIBRAS

Para o estudo micrométrico das fibras tomaram-se amostras representativas de cada espécie em estudo, as quais foram transformadas em estilhas e postas para macerar, por aproximadamente 2 dias a 60°C , em solução composta de 5 partes de ácido acético glacial, 3 partes de água oxigenada a 130 volumes e 2 partes de água destilada.

Após completa maceração, evidenciada pela coloração branca dos cavacos, o material foi lavado, e as fibras mantidas em suspensão, em água destilada, a uma consistência de aproximadamente 2%.

As dimensões das fibras foram determinadas ao microscópio, medindo-se para cada espécie o comprimento de 200 fibras, e a largura, espessura de paredes e o lúmen de 50 fibras.

Os colmos, de cada espécie em estudo, foram transformados em cavacos, com auxílio de picador especial. Como até então os cavacos ainda se apresentavam com teor bastante elevado de umidade, sofreram uma secagem parcial, a fim de evitar o desenvolvimento de fungos e outros agentes de apodrecimento.

Determinou-se o teor de matéria sêca, e a seguir foram preparadas cinco amostras de cada espécie, cada uma com peso de 500 g a.s.

Os cozimentos foram efetuados em autoclave de laboratório, cilíndrica, aquecida elêtricamente e girando a 2 rpm. As quatro espécies foram acondicionadas em saquinhos de tecido de algodão e lixiviadas simultâneamente. Adotou-se o processo sulfato, com 14% de álcali ativo, como Na_2O , em relação ao peso a.s. dos cavacos, e 25% de sulfidez. A temperatura máxima foi de $160 \pm 2^\circ\text{C}$ por uma hora, e a relação licor:cavacos, de 4:1.

Após a lavagem da pasta foram tomadas amostras para a determinação da porcentagem de matéria sêca, com base na qual foram efetuados os cálculos de rendimento, bem como da quantidade de pasta úmida a ser usada na determinação do grau de deslignificação e no preparo das fôlhas para teste.

2.3 — CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS DO PAPEL

Amostras da pasta celulósica de cada espécie e cozimento foram refinadas em moinho centrifugo Jokkro a 150 rpm, consistência de 6%, e tempos de 30, 45, 60, 75 e 90 minutos. Determinou-se o grau de refinação, segundo Schopper Riegler, e, de cada amostra, prepararam-se as fôlhas de prova com peso aproximado de 60 g/m^2 .

As características físico-mecânicas do papel foram determinadas em fôlhas previamente climatizadas a 65% de umidade relativa e 21°C , adotando-se as normas ABCP (1) e Tappi (J).

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quatro espécies aqui relatadas mostraram-se bem adaptadas às nossas condições ecológicas, produzindo colmos cujas dimensões são bastante elevadas, embora não igualadas aos valores máximos apontados pela literatura. Os dados apresentados no quadro 1 referem-se apenas à parte útil dos colmos, isto é, após eliminação dos ramos e ponteiros. *Dendrocalamus giganteus* mostrou superar as demais, tanto em comprimento como em diâmetro e peso. Mesmo *D. strictus*, o menor bambu estudado nessa série, apresentou dimensões bastante satisfatórias como fonte de matéria-prima para a indústria de papel.

QUADRO 1. — Dimensões médias de colmos de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*, utilizadas no preparo de pastas para fabricação experimental de papel

Espécie	Comp.º -útil	Comp.º do internódio	N.º de nós	Diâmetro no D.A.P.	Pêso úmido	% sêco	Pêso sêco
	m	cm		cm	kg	%	kg
<i>D. asper</i>	14,5	34	43	12,2	61,25	60,30	36,93
<i>D. latiflorus</i> ..	11,5	37	31	11,5	40,65	53,10	21,58
<i>D. strictus</i> ...	10,0	38	26	7,6	15,00	59,60	8,94
<i>D. giganteus</i> ..	16,0	34	47	14,2	84,50	48,20	40,73

QUADRO 2. — Densidades básicas médias de colmos de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*, utilizadas no preparo de pastas para fabricação experimental de papel

Valor (*)	Espécie			
	<i>D. asper</i>	<i>D. latiflorus</i>	<i>D. strictus</i>	<i>D. giganteus</i>
Máximo	0,760	0,820	0,760	0,700
Médio	0,599	0,683	0,667	0,552
Mínimo	0,430	0,580	0,550	0,430
S	0,109	0,066	0,074	0,068
S (x)	0,024	0,016	0,019	0,019
C.V. %	18,32	9,70	11,17	12,39

(*) S = desvio padrão; S(x) = erro padrão da média; C.V. = coeficiente de variação.

3.1 — DENSIDADE BÁSICA

Em trabalhos anteriores (2, 4, 5) os autores determinaram diferenças apreciáveis entre diversas espécies de bambu, com referência à densidade básica. No presente estudo, as variações

QUADRO 3. — Dimensões das fibras de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*, utilizadas no preparo de pastas para fabricação experimental de papel (*)

Espécie	Valor	Comprimento	Largura	Espessura das paredes		Diâmetro do lúmen	Coeficiente de		Índice de Runkel
				P1	P2		Enfretamento	Flexibilidade	
<i>D. asper</i>	Máximo ..	4,52	31,71	micros	micros	micros	C/L	100 × d/L	2 P/d
	Médio ...	2,43	17,89	6,97	6,95	9,88	136:1	—	—
	Mínimo ..	1,10	9,58	3,65	4,22	3,97	—	22	3,51
	S	0,696	—	1,877	1,955	1,71	—	—	—
	S (x)	0,049	—	0,265	0,276	0,222	—	—	—
	C.V.	28,66	—	26,91	28,12	39,60	—	—	—
<i>D. latiflorus</i> .	Máximo ..	4,08	30,43	12,17	12,03	6,23	—	—	—
	Médio ...	2,44	17,06	6,89	6,73	3,44	143:1	20	3,96
	Mínimo ..	1,35	9,88	4,22	3,94	1,72	—	—	—
	S	0,583	—	1,952	1,966	1,113	—	—	—
	S (x)	0,041	—	0,275	0,277	0,157	—	—	—
	C.V.	23,85	—	28,29	29,19	32,29	—	—	—
<i>D. giganteus</i> .	Máximo ..	5,46	31,06	9,30	10,31	11,45	—	—	—
	Médio ...	3,08	19,10	6,75	6,69	5,66	161:1	30	2,37
	Mínimo ..	1,57	10,87	4,29	3,58	3,00	—	—	—
	S	0,701	—	2,198	1,410	2,877	—	—	—
	S (x)	0,049	—	0,209	0,199	0,378	—	—	—
	C.V.	22,68	—	21,93	21,05	47,25	—	—	—
<i>D. strictus</i> ..	Máximo ..	3,56	34,21	12,17	12,02	10,02	—	—	—
	Médio ...	2,22	18,17	6,99	6,85	4,33	122:1	24	3,20
	Mínimo ..	1,30	7,01	2,36	2,72	1,93	—	—	—
	S	0,535	—	1,930	1,908	1,810	—	—	—
	S (x)	0,037	—	0,273	0,270	0,255	—	—	—
	C.V.	24,03	—	27,60	27,81	41,77	—	—	—

(*) C = comprimento da fibra; L = largura; d = diâmetro do lúmen; P = espessura da parede; S = desvio padrão; S(x) = erro padrão da média; C.V. = coef. de variação.

foram da ordem de 0,55, para *D. giganteus*, a 0,68 para *D. latiflorus*. Considerando que para madeiras procuram-se valores de densidade em torno de 0,6, os aqui encontrados são satisfatórios. No quadro 2 são apresentados os valores obtidos para as espécies em estudo.

A densidade está intimamente relacionada com as dimensões das fibras. De um modo geral, madeiras mais leves possuem fibras com paredes mais finas, que durante a formação da folha de papel se achatam, apresentando, portanto, maior adesão entre fibras.

Dimensões das fibras. No quadro 3 são apresentadas as dimensões das fibras das quatro espécies em estudo.

Verifica-se maior comprimento médio de fibras para *Dendrocalamus giganteus*, com 3,08 mm, ao passo que as outras espécies pouco diferem entre si, com média em torno de 2,40 mm. Suas fibras são também as que apresentam maior lúmen, pouco inferior à espessura das paredes.

As fibras mostram-se finas, com diâmetro médio variando de 17,89 micros em *D. asper* a 19,10 micros em *D. giganteus*. Com base nas medições efetuadas calcularam-se os coeficientes de enfieltramento, de flexibilidade e o índice de Runkel. Com fibras longas e finas, tôdas as espécies demonstraram possuir coeficiente de enfieltramento elevado, conforme se constata pelos dados contidos no quadro 3. Sendo as paredes espessas e o lúmen reduzido, foi baixo o coeficiente de flexibilidade — 20 a 30, para *D. latiflorus* e *D. giganteus*, respectivamente. O índice de Runkel, variando de 2,37 em *D. giganteus* a 3,96 em *D. latiflorus*, mostrou-se bastante acima daquele considerado aconselhável para matéria-prima a ser usada na indústria de celulose e papel.

Rendimento e número de permanganato da pasta. A análise estatística dos dados de rendimento revelou que houve diferenças altamente significativas entre as espécies estudadas e que os cozimentos não diferiram entre si. A diferença mínima significativa, determinada pelo teste Tukey, foi de 1,52. Examinando os dados de rendimento, constantes do quadro 4, verifica-se que *D. giganteus*, com 39,30% apresenta rendimento significativamente superior às demais; *D. asper*, com 33,99%, é inferior às demais, e *D. latiflorus*, com rendimento de 36,80%, não difere de *D. strictus*, com 37,19%. Com referência à intensidade de deslignificação, determinada pelo número de permanganato da pasta, apenas

D. latiflorus mostrou-se com valores significativamente inferiores às demais, o que indica ter sido mais intensamente afetada pelos cozimentos. Mesmo nesse caso a diferença para com as demais espécies foi pequena, conforme se observa pelos dados apresentados no quadro 4.

Refinação da pasta. Constatou-se que *D. giganteus* e *D. latiflorus* apresentaram pastas que responderam semelhantemente quando submetidas à refinação em moinho centrifugo Jokkro, com valores em graus Schopper Riegler superiores aos apresentados pelas duas outras espécies, que também não diferiram entre si, considerando-se os tempos de refinação idênticos. No quadro 5 são apresentados os valores médios de refinação da pasta, medidos em °SR, em tempos de refinação que variaram de 30 a 90 minutos, escalonados de 15 em 15 minutos.

QUADRO 4. — Rendimento em pasta celulósica e número de permanganato de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*, utilizadas no preparo de pastas para fabricação experimental de papel

Repetição	<i>D. asper</i>		<i>D. latiflorus</i>		<i>D. giganteus</i>		<i>D. strictus</i>	
	R%	N.P.	R%	N.P.	R%	N.P.	R%	N.P.
I	34,22	16,65	36,88	15,80	39,84	16,35	37,62	16,45
II	32,91	15,90	37,64	14,65	39,42	15,70	37,10	15,85
III	34,60	16,60	35,91	16,30	38,68	16,35	38,74	16,75
IV	34,90	16,00	37,02	15,80	40,25	16,20	36,90	16,05
V	33,30	15,70	36,54	15,85	38,32	16,05	35,58	16,10
Média	33,99	16,17	36,80	15,68	39,30	16,13	37,19	16,24
Rejeitos	0,42	—	0,11	—	0,50	—	0,53	—

d.m.s. (Tukey) para R = 1,52; para N.P. = 0,48.

C.V. % para R = 2,20; para N.P. = 1,60.

Obs.:

R = Rendimento em pasta celulósica não branqueada.

N.P. = Número de permanganato.

QUADRO 5. — Resultados, expressos em °SR, da refinação em moinho centrífugo Jokkro, das pastas celulósicas de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*, utilizadas no fabrico experimental de papel (*)

Tempo de refinação	D. asper	D. latiflorus	D. giganteus	D. strictus
min.	°SR	°SR	°SR	°SR
30	26	24	27	23
45	41	36	40	36
60	61	55	60	55
75	70	67	71	68
90	77	74	77	75

(*) Médias de cinco repetições.

Índice de rasgo. Em trabalhos anteriores, foram determinadas resistências ao rasgamento bastante elevadas, para as pastas celulósicas de diversas espécies de bambu. Valores tanto ou mais elevados foram determinados para os bambus do gênero *Dendrocalamus* presentemente relacionados, conforme se constata pelos dados apresentados no quadro 6.

QUADRO 6. — Índice de rasgo da celulose sulfato de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*, utilizadas no fabrico experimental de papel

Tempo de refinação em moinho Jokkro (minutos)	D. asper	D. latiflorus	D. giganteus	D. strictus
30	366,3	275,9	351,0	269,7
45	319,6	264,6	286,8	275,1
60	276,3	250,8	249,0	259,3
75	247,2	231,0	203,8	253,3
90	204,2	203,5	173,3	204,9

(*) Médias de cinco cozimentos e cinco tempos de refinação.

A análise estatística dos dados revelou haver efeito altamente significativo do tempo de refinação da pasta, mas que as espécies não diferiram entre si. A diferença mínima significativa determinada pelo teste Tukey foi de 40,23. Mesmo após atingir valores de refinação da pasta superiores a 70°SR, tôdas as espécies estudadas apresentaram índice de rasgo superior a 200, característica dificilmente encontrada em outra espécie vegetal.

Índice de arrebetamento. As pastas obtidas apresentaram boa resistência ao rasgamento, com a maioria dos valores variando de 50 a 60. A análise estatística revelou haver diferenças altamente significativas, tanto entre espécies como entre os diversos graus de refinação da pasta. *Dendrocalamus giganteus*, com índice de arrebetamento médio de 55,64, mostrou-se significativamente superior às demais, enquanto *D. asper* e *D. latiflorus* não diferiram entre si. Menores valores de resistência ao arrebetamento foram constatados para *D. strictus*. Observou-se também que os índices de arrebetamento aumentaram com a refinação, não havendo interação entre espécies e grau de refinação da pasta. Os dados obtidos, representando a média de 5 cozimentos, são apresentados no quadro 7.

QUADRO 7. — índice de arrebetamento da celulose sulfato de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*, utilizadas no fabrico experimental de papel (*)

Tempo de refinação em moinho Jokkro (minutos)	<i>D. asper</i>	<i>D. latiflorus</i>	<i>D. giganteus</i>	<i>D. strictus</i>
30	40,4	38,4	46,6	36,1
45	45,8	42,6	51,5	40,1
60	51,5	51,3	58,3	48,8
75	55,0	54,8	60,1	53,3
90	58,5	59,6	62,2	58,6

(*) Médias de cinco cozimentos e cinco tempos de refinação.

Resistência ao dobramento. De um modo geral a pasta celulósica das espécies em estudo demonstrou boa resistência ao dobramento, especialmente quando a refinação ultrapassava os

60°SR. A análise estatística dos dados revelou efeito altamente significativo, tanto de espécies como do tempo de refinação. Sendo a diferença mínima significativa de 337 dobras, *D. giganteus*, com 1525 dobras, em média, mostrou-se superior a *D. latiflorus*, com 1047, e a *D. strictus*, com 1140, não diferindo, porém, de *D. asper*, com 1408 dobras. No quadro 8 são apresentados os resultados médios obtidos de 5 repetições.

QUADRO 8. — Resistência ao dobramento, da celulose sulfato de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*, utilizadas no fabrico experimental de papel (*)

Tempo de refinação em moinho Jokkro (minutos)	<i>D. asper</i>	<i>D. latiflorus</i>	<i>D. giganteus</i>	<i>D. strictus</i>
30	596	338	921	247
45	812	740	1541	526
60	1577	1219	1617	1263
75	1856	1439	1734	1651
90	1858	1497	1822	2014

(*) Médias de cinco cozimentos e cinco tempos de refinação.

Resistência à tração. Constatou-se que tanto as espécies como a refinação da pasta celulósica obtida exerceram influência sobre a resistência do papel à tração, determinada como comprimento de auto-ruptura. A diferença mínima significativa, determinada pelo teste Tukey, foi de 254 m, o que permitiu determinar, para a média dos cinco cozimentos e 5 tempos de refinação, ser *D. giganteus* superior às demais, e que *D. asper* e *D. strictus* apresentaram as menores resistências à tração, não diferindo entre si, conforme dados apresentados no quadro 9.

Pêso específico aparente. Constatou-se, pelos dados apresentados no quadro 10 e pela análise estatística através do teste Tukey, que papéis que apresentassem um diferença mínima de 0,0067 no pêso específico aparente difeririam estatisticamente entre si. Na média de cinco cozimentos e cinco tempos de refinação, o papel produzido com a pasta sulfato de *D. giganteus*

mostrou-se mais denso que os demais. Por sua vez a densidade do papel cresce com a refinação, e as diferenças entre intervalos de refinação apresentam-se bem maiores do que aqueles existentes entre espécies.

QUADRO 9. — Resistência à tração, expressa pelo comprimento de auto-ruptura, em metros, da celulose sulfato de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus*, utilizadas no fabrico experimental de papel (*)

Tempo de refinação em moinho Jokkro (minutos)	<i>D. asper</i>	<i>D. latiflorus</i>	<i>D. giganteus</i>	<i>D. strictus</i>
30	4842	5058	5573	4648
45	5384	5727	6407	5130
60	6058	6204	6549	6014
75	6359	6760	6780	6171
90	6622	7042	7154	6557

(*) Médias de cinco cozimentos e cinco tempos de refinação.

QUADRO 10. — Pesos específicos aparentes de papéis produzidos pela celulose sulfato de quatro espécies de bambu do gênero *Dendrocalamus* (*)

Tempo de refinação em moinho Jokkro (minutos)	<i>D. asper</i>	<i>D. latiflorus</i>	<i>D. giganteus</i>	<i>D. strictus</i>
30	0,474	0,413	0,522	0,488
45	0,505	0,512	0,536	0,503
60	0,536	0,544	0,560	0,535
75	0,569	0,573	0,592	0,566
90	0,597	0,592	0,621	0,586

(*) Médias de cinco cozimentos e cinco tempos de refinação.

Outras características físico-mecânicas do papel. A elasticidade do papel é uma característica que examinada juntamente com a resistência à tração dá uma boa informação sobre a qualidade do material. No caso das pastas celulósicas das espécies estudadas verificou-se que tôdas se comportaram semelhantemente, com alongamento da ordem de 3,3% para refinações em tórno de 25°SR até 4,7%, resultado êsse obtido com refinações acima de 70°SR.

A *porosidade* do papel é de bastante importância e exerce influência acentuada para determinadas aplicações. No caso da pasta celulósica de bambu a porosidade é sempre elevada. Para as espécies em estudo, verificou-se que a porosidade era influenciada pelo tempo de refinação, não se constatando diferenças acentuadas entre espécies. Os valores extremos foram de 0,9 s/100 cm³ de ar para 24°SR a 106 s/100 cm³ de ar para 77°SR, em determinações efetuadas com o porosímetro de Gurley.

4 — CONCLUSÕES

Dendrocalamus giganteus é, entre nós, como em outras partes do mundo, o bambu-gigante, aquêle que produz os maiores colmos. Revelou possuir densidade menor, fibras mais longas, maiores coeficientes de flexibilidade e enfeitramento, que são características desejáveis a uma matéria-prima a ser empregada pela indústria de celulose e papel. Em cozimentos pelo processo sulfato, foi essa a espécie que apresentou os maiores rendimentos, relativamente às outras três espécies estudadas. Em fôlhas de prova, pesando em tórno de 60 g/m², demonstrou apresentar maior índice de arrebentamento, maior comprimento de auto-ruptura e maior resistência do dobramento. Como consequência de sua densidade menor e das características das fibras, o papel produzido com pasta celulósica dessa espécie foi também o mais denso.

Tôdas as espécies em estudo demonstraram não diferir entre si quanto ao rasgo, que foi sempre bastante elevado. Como consequência das características das fibras, o papel produzido, mesmo após atingir refinações da pasta em tórno de 70°SR, mostrou porosidade elevada.

Dendrocalamus asper e *D. latiflorus*, que apresentam bom desenvolvimento em nossas condições ecológicas, do ponto de vista papeleiro são inferiores a *D. giganteus*.

Como no Brasil a exploração de bambu para papel deverá estar baseada no plantio de espécies alienígenas, dentre as espécies aqui relacionadas recomenda-se *D. giganteus*, pelo seu maior crescimento, maior rendimento em pasta sulfato e melhores características do papel.

BAMBOO AS RAW MATERIAL FOR PULP AND PAPER. V — STUDIES OF *DENDROCALAMUS GIGANTEUS* (WALL) MUNRO, *D. ASPER* (SCHULT.) BACKER EX HAYNE, *D. LATIFLORUS* MUNRO AND *D. STRICTUS* (ROXB) NEES, IN THE PRODUCTION OF PULP BY THE SULPHATE PROCESS

SUMMARY

Four bamboo species of *Dendrocalamus* (*D. asper*, *D. latiflorus*, *D. giganteus* and *D. strictus*), were studied to determine their feasibility for pulp and paper production by the sulphate process.

Data was taken on culm characteristics, as well as basic density and fiber dimensions on sample basis. Five cookings involving the four species were carried out in electrically heated rotary autoclave of 20 litres capacity at 14% of active alkali as Na_2O , 25% of sulfidity 1:4 ratio of material to liquor and maximum temperature of $160 \pm 2^\circ\text{C}$ during 60 minutes. Unbleached yield and permanganate number of pulps were determined. Handmade sheets with 60 g/s.m. were conditioned at 65% RH and 21°C and their strenght properties tested.

The results indicated that *D. giganteus* produced 39.10% of unbleached pulp yield and also superior quality for most of the paper strength properties considered on this research.

LITERATURA CITADA

1. ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Métodos de ensaio. São Paulo, 1968. 36p.
2. AZZINI, A. & CIARAMELLO, D. Bambu como matéria-prima para papel. IV — Estudos sobre o emprêgo de cinco espécies de *Bambusa*, na produção de celulose sulfato. *Bragantia* 30:305-319, 1971.
3. CAMUS, E. G. Les Bambusées: monographie, biologie, principaux usages. Paris, Lechevalier, 1913. 215p.

4. CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel. Estudos sôbre o emprêgo de *Bambusa vulgaris* Schrad, *Bambusa vulgaris* Schrad var. *vittata* A & C Riv. e *Bambusa oldhami*, Munro, na produção de celulose sulfato. O Papel, S. Paulo, 32(2):33-40, 1971.
5. ——— & ———. Bambu como matéria-prima para papel. III — Estudos sôbre o emprêgo de quatro espécies de *Bambusa*, na produção de celulose sulfato. *Bragantia* 30:199-213, 1971.
6. ISTAS, J. R. & RAEKELBOOM, E. L. Étude biometrique, chimique et papetière des bambous du Congo. Bruxelles, INEAC, 1962. 53p. (Publ. 67)
7. LIN, WEI-CHIH. The bamboos of Thailand. Taipei, Taiwan Forestry Research Institute, 1968. 52p. (Special bulletin 6)
8. PETROF, G. & NORMAND, D. Les propriétés physiques et mécaniques du papier en corrélation avec les dimensions caractéristiques des fibres de bois feuillus tropicaux. Nogent-sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropicaux, 1965. 18p.
9. TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. Numerical index of Tappi standards and suggested methods. New York, 1970.
10. UEDA, K. Culture of bamboo as industrial raw material. Tokyo, Association for Overseas Technical Scholarship, 1968. 47p.