

Celulose de bambu

MFN -1145

N CHAMADA:

TITULO: Celulose de bambu

AUTOR(ES): AZZINI, A.CIARAMELLO, D.NAGAI, V.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Convenção Anual da ABCP, 5

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 13-17.11.1972

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1972, ABTCP

PAG/VOLUME: p.195-201,

FONTE: Convenção Anual da ABCP, 5, 1972, São Paulo, p.195-201

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO:



V Convenção Anual-1972



3.8 — celulose de bambu

A. Azzini D. Ciaramello V. Nagai
Instituto Agrônômico

1 — INTRODUÇÃO

Os bambus, pertencentes a família "Gramineae" e sub-família "Bambusoideae", algumas vezes tratados separadamente como da família "Bambusaceae", apresentam cerca de 45 gêneros com mais de 1.000 espécies espalhadas pelo mundo (1).

Sem dúvida alguma o maior número de espécies é encontrado no continente Asiático, onde o bambu vegeta nas mais variadas condições climáticas, relativamente a altitude, precipitação pluviométrica, temperatura e tipo de solos.

Quanto às dimensões dos colmos apresentam uma ampla variação, desde *Dendroca-*

lamus giganteus produzindo colmos com 30 metros de altura e 25 centímetros de diâmetro até *Arundinaria densifolia* com colmos de 1 metro de altura e 0,5 centímetros de diâmetro (2).

Na Índia onde os bambus vegetam naturalmente cobrindo extensas áreas, cerca de quatro milhões de hectares, constituem a matéria prima mais importante para a produção de celulose e papel.

Apesar de ser reconhecido desde há muitos séculos como matéria prima viável na obtenção de celulose e papel, o bambu é ainda hoje pouco conhecido em suas características agrônômicas e tecnológicas.

Algumas espécies de bambú, estudadas por Stevens (3) quanto a composição química,

apresentaram pequenas diferenças relativamente as madeiras e as pastas celulósicas eram obtidas utilizando-se menos energia e produtos químicos.

No Brasil, o bambu é pouco utilizado e conhecido como matéria prima celulósica. Algumas fábricas o utilizam na produção de determinados tipos de papéis e via de regra de uma maneira pouco racional por falta de conhecimentos agrônômicos e tecnológicos.

O presente trabalho, é parte de um projeto de pesquisa no qual se estuda, de uma maneira comparativa, aproximadamente 40 espécies de bambu. Essas espécies são mantidas em coleções na Estação Experimental de Tatuí e no Centro Experimental de Campinas.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

2.1 — Matéria-prima

O material utilizado para os estudos tecnológicos em condições de laboratório foi obtido de touceiras das espécies *Phyllostachys edulis*, *P. heterocycla*, *P. reticulata*, *P. nigra*, *Gigantochloa apus*, *G. verticillata*, *Thyrsostachys siamensis* e *Ochlandra travancórica*, que desenvolvendo em solo do tipo Latossolo Roxo, mostrou apresentar, em nossas condições ecológicas, bom desenvolvimento em relação às características das espécies.

Das espécies estudadas, além das diferenças quanto às dimensões dos colmos, a principal é sem dúvida alguma quanto ao tipo de rizoma. As espécies pertencentes ao gênero *Phyllostachys* apresentam rizomas de crescimento indeterminado enquanto que os demais gêneros apresentam espécies com rizomas de crescimento determinado, formando touceiras.

Para o presente estudo foram colhidos 77 colmos com 2 a 3 anos de idade, correspondendo aproximadamente à 25 kg de material para cada espécie. Após a colheita os colmos de cada espécie tiveram suas dimensões tomadas segundo o seu comprimento útil, diâmetro e comprimento dos entre-nós.

Na laboratório, após a determinação do teor de umidade, os colmos foram transformados em cavacos utilizando-se um picador mecânico.

2.2 — Densidade básica

A densidade básica foi determinada em corpos de prova obtidos pelo seccionamento dos colmos de acordo com as espécies em estudo. Cada corpo de prova era constituído de um nó e metade do entre-nó correspondente.

Em seguida os corpos de prova foram submersos em água até completa saturação e seus volumes determinados por imersão com auxílio de

uma balança hidrostática, considerando a densidade da água igual a umidade.

Após a determinação dos volumes as amostras foram levadas à estufa e mantidas a temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$ até peso constante.

A seguir a densidade básica foi calculada pela relação entre peso seco de cada corpo de prova e seu volume saturado.

2.3 Dimensões das fibras

A amostragem para o estudo micrométrico das fibras foi feita diretamente sobre os cavacos, de acordo com as espécies. Os cavacos constituintes de cada amostra, para cada espécie, foram subdivididos longitudinalmente até dimensões próximas as de palitos de fósforo.

A seguir as amostras foram postas a macerar em recipientes de vidro, contendo solução composta de 50% de ácido acético glacial, 30% de água oxigenada à 130 v e 20% de água destilada. A fim de acelerar o processo de deslignificação do material, a temperatura foi mantida à 50°C durante aproximadamente 2 dias.

Com auxílio de um microscópio, provido de oculares especiais, em cada fibra foram feitas determinações de comprimento, largura, diâmetro do lumen e espessura das paredes num total de 350 determinações para cada espécie.

2.4 — Obtenção das pastas celulósicas

Para obtenção das pastas celulósicas utilizou-se o processo sulfato, que tem como reagentes químicos o hidróxido de sódio e o sulfeto de sódio. Os cozimentos foram conduzidos em digestor rotativo com capacidade para 20 litros, aquecido eletricamente e provido de termômetro e manômetro.

Foram realizados num total de 10 cozimentos, com 5 repetições para cada espécie. Em cada cozimento empregou-se o correspondente a 2 kg absolu-

tamente seco de cavacos, sendo 500 g para cada espécie, acondicionados em saquinhos de algodão.

As condições para cada cozimento foram mantidas constantes, sendo 14% de alcali ativo, referido como Na_2O , 25% de sulfidez e relação licor: madeira de 4:1. A temperatura máxima de $160 \pm 2^\circ\text{C}$, foi sempre mantida durante 60 minutos, sendo de 90 a 105 minutos o tempo necessário para atingi-la.

2.5 — Cálculo do rendimento e determinação do Número de Permanganato (N.P.)

O rendimento em pasta celulósica é calculado pela relação entre o peso absolutamente seco de pasta celulósica e o peso absolutamente seco de cavacos, expresso em percentagem.

Número de Permanganato é o número de mililitros de uma solução decinormal de permanganato de potássio que é consumido por 1 g de celulose absolutamente seca, sob certas condições. Sua determinação foi feita de acordo com o método ABCP-C4/69.

2.6 — Características físico-mecânicas das pastas celulósicas

Após cada cozimento as pastas celulósicas foram lavadas, desintegradas e comprimidas manualmente para se eliminar o excesso de água.

A refinação se processou em moinho "Jokro-Muhle", utilizando-se 16 g a.s. de pasta celulósica por panela, a uma consistência de 6%. Os tempos de refinação foram 30-45-60-75 e 90 minutos.

Para cada tempo de refinação, foi determinado o grau de refinação ou grau "Schopper Riegler".

Com as pastas refinadas procedeu-se a formação das folhas em formador do tipo "Rapid-Kothen" com 2 secadores. Foram confeccionadas 7 folhas de prova para cada tempo de refinação, ou seja 35 folhas por cozimento, num

total de 175 folhas por espécie.

As folhas de prova, apresentando uma gramatura de aproximadamente 60 g/m², foram identificadas e acondicionadas em ambiente com 65% de umidade relativa e 21°C de temperatura. Após a climatização das folhas executou-se os testes físicos com aparelhos padronizados.

Os procedimentos e cálculos foram feitos conforme as normas da A.B.C.P. (Associação Técnica Brasileira de Celulose

e Papel) e da TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry).

3 — RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

3.1 — Dimensões dos colmos

As espécies estudadas apresentaram, sob nossas condições ecológicas, dimensões de colmos bastante próximas àquelas relatadas pela literatura (1,4,5) conforme dados contidos na tabela I.

TABELA I: Dimensões médias dos colmos

ESPÉCIES	Compr. útil	Diâmetro no D.A.P.	Compr. do entre-nó	Pêso	
	m	cm	cm	Verde Kg	Sêco Kg
<i>P. edulis</i>	4,40	3,6	15,0	2,1	1,5
<i>P. heterocycla</i>	6,30	3,6	18,0	2,5	1,7
<i>P. reticulata</i>	4,40	2,9	15,0	1,3	0,8
<i>P. nigra</i>	4,50	2,1	20,0	0,8	0,5
<i>G. apus</i>	11,00	6,7	45,8	15,3	10,0
<i>G. verticilata</i>	10,00	6,4	55,0	10,0	6,3
<i>T. siamensis</i>	7,00	3,2	20,00	3,6	2,2
<i>O. travencórica</i>	11,30	9,4	40,00	26,0	14,5

Thyrsostachys siamensis, formando touceiras bastante compactas na base, com 6 a 8 metros de altura, apresenta possibilidades de ser amplamente empregado para fins ornamentais, em parques e jardins.

3.2 — Densidade básica

Em trabalhos anteriores (6, 7 e 8) os autores determinaram diferenças significati-

vas entre diversas espécies de bambu, quanto a sua densidade básica. Na tabela II são apresentados os valores obtidos com as espécies em estudo, os quais apresentaram uma variação de 0,788 para *P. edulis* e 0,655 para *T siamensis*.

As madeiras normalmente utilizadas na indústria de papel apresentam valores de densidade básica em torno de 0,550 para as folhosas e 0,450 para as resinosas.

Embora diversos autores tenham observado haver correlação entre rendimento em pasta celulósica e densidade da madeira, no presente trabalho não foi possível estabelecer qualquer relação desse tipo.

Segundo Dadswel, citado por Pereira (9), para espécies de um mesmo gênero, haverá estreita correlação entre a espessura da parede celular da fibra e a densidade básica.

3.3 — Dimensões das fibras

Muitos são os trabalhos que correlacionam as dimensões das fibras com as propriedades do papel produzido. Fibras com paredes celulares mais finas durante a refinação adquirem maior superfície de contacto, resultando pois maiores resistências físico-mecânicas, com exceção da resistência ao rasgamento.

Observando as tabelas III e IV, notamos que com relação ao comprimento, as fibras de bambu ocupam uma posição intermediária quando comparadas às fibras de *Eucaliptus*, com 1 mm, e de *Pinus* com 3,5 mm. Os valores médios encontrados para o comprimento das fibras das espécies estudadas variaram de 2,5 mm para *G. apus*, a 1,56 mm para *P. edulis*.

Com relação ao comprimento, segundo Dinwoodie (10) é importante que se tenha um comprimento de fibra mínimo para se conseguir uma sufi-

TABELA II: Densidade básica de 8 espécies de bambu

ESPÉCIES	VALORES					
	Médio	Máximo	Mínimo	S	S(X)	C.V%
<i>Phyllostachys edulis</i>	0,788	0,850	0,721	0,040	0,010	5,13
" <i>heterocycla</i>	0,757	0,867	0,680	0,075	0,019	9,96
" <i>reticulata</i>	0,760	0,826	0,701	0,045	0,011	6,00
" <i>nigra</i>	0,750	0,792	0,702	0,028	0,007	3,83
<i>Gigantochloa apus</i>	0,674	0,849	0,573	0,088	0,023	13,00
" <i>verticillata</i>	0,682	0,751	0,505	0,077	0,022	11,00
<i>Thyrsostachys siamensis</i>	0,655	0,718	0,607	0,038	0,011	5,90
<i>Ochlandra travancórica</i>	0,704	0,815	0,608	0,066	0,018	9,00

Obs.:

S = desvio padrão

S(X) = erro padrão da média

C.V = Coeficiente de Variação

TABELA III: Dimensões das fibras de *P. edulis*, *P. heterocycla*, *P. reticulata* e *P. nigra*

ESPÉCIES	Valôres	Comprimento (mm)	Largura (micra)	Diâmetro	Espes. das paredes	
				do lumen (micra)	P ₁ (micra)	P ₂ (micra)
<i>P. edulis</i>	Máximo	2,53	23,13	6,16	8,52	8,45
	Médio	1,56	14,78	3,73	5,49	5,56
	Mínimo	0,86	7,00	1,64	2,57	2,79
	S	0,425	—	0,837	1,364	1,328
	S(X)	0,030	—	0,101	0,189	0,174
	C.V%	27,3	—	22,4	24,8	23,8
<i>P. heterocycla</i>	Máximo	2,78	25,42	7,02	8,52	9,88
	Médio	1,59	15,42	3,88	5,67	5,87
	Mínimo	0,94	5,87	1,79	1,93	2,15
	S	0,404	—	1,154	1,472	1,573
	S(X)	0,028	—	0,160	0,202	0,215
	C.V%	25,5	—	29,7	25,8	26,7
<i>P. reticulata</i>	Máximo	2,61	25,98	5,58	10,02	10,38
	Médio	1,57	17,03	3,48	6,79	6,76
	Mínimo	0,85	10,52	1,86	4,22	4,44
	S	0,423	—	0,774	1,401	1,467
	S(X)	0,030	—	0,101	0,189	0,202
	C.V%	26,9	—	22,2	20,6	21,7
<i>P. nigra</i>	Máximo	3,07	20,04	5,58	6,73	7,73
	Médio	1,78	14,40	3,73	5,22	5,45
	Mínimo	0,90	8,23	1,86	3,01	3,36
	S	0,501	—	0,837	0,973	1,217
	S(X)	0,035	—	0,101	0,124	0,159
	C.V%	28,0	—	22,4	18,6	22,3

Observ.: S = Desvio padrão
S(X) = Erro padrão da média
C.V% = Coeficiente de variação

ciente ligação entre fibras, de modo a distribuir as forças de ruptura a uma grande área da folha.

Observando as dimensões das fibras tomadas no sentido transversal, particularmente com relação a espessura das paredes celulares, determinamos altos valores quando comparados com os apresentados pelas fibras das madeiras.

4 — CARACTERÍSTICAS DAS PASTAS CELULÓSICAS OBTIDAS

Com relação ao rendimento em pasta celulósica e número de permanganato, a análise da variância mostrou haver diferenças significativas aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, entre as espécies estudadas. Pelo teste Tukey a 5% a espé-

cie *O. travancórica* com 44,31% de rendimento em pasta celulósica foi superior às demais, embora não apresentasse diferença significativa quando comparada com *P. reticulata* e *P. nigra*, conforme tabela V.

P. edulis e *P. heterocycla*, com respectivamente 33,3 e 32,8 de número de permanganato, forneceram as pastas menos deslignificadas, enquanto que *T. siamensis*, com 23,1 apresentou o menor valor.

Como há uma correlação negativa entre rendimento e intensidade de cozimento, expressa pelo número de permanganato da pasta, um menor rendimento pode ser consequência de cozimento mais intenso. No presente estudo as diferenças entre rendimento não apresentaram qualquer correlação com a intensidade

de cozimento, conforme dados constantes da tabela V.

Com relação aos testes físicos, os resultados médios obtidos, baseados em 5 repetições, encontram-se nas tabelas VI e VII.

A análise de variância dos resultados obtidos para comprimento de auto-ruptura em função do tempo de refinação, mostrou pelo teste F, haver diferenças altamente significativas entre as espécies. Pelo teste Tukey a 5% a espécie *P. nigra*, apresentando um valor médio de 6.880 m para o comprimento de auto-ruptura, foi superior a *G. verticillata*, sem diferir dos demais.

A interação Espécie x Tempo de refinação foi altamente significativa, indicada que as espécies se comportam diferentemente segundo os tempos

TABELA IV: Dimensões das fibras de *Gigantochloa apus*, *Gigantochloa verticillata*, *Thyrsostachys siamensis*, *Ochlandra travancórica*

ESPÉCIES	Valores	Comprimento (mm)	Largura (micra)	Diâmetro do lumen (micra)	Espes. das paredes P ₁ (micra)	P ₂ (micra)
<i>G. apus</i>	Máximo	4,72	30,93	8,88	10,95	11,10
	Médio	2,50	18,74	4,84	7,00	6,90
	Mínimo	1,30	8,37	2,29	2,79	3,29
	S	0,622	—	1,848	2,052	2,101
	S(X)	0,043	—	0,261	0,289	0,296
	C. V%	24,8	—	38,1	29,2	30,4
<i>G. verticillata</i>	Máximo	4,08	33,50	12,67	10,81	10,02
	Médio	2,38	16,79	4,84	6,11	5,84
	Mínimo	1,37	7,45	1,79	2,58	3,08
	S	0,597	—	2,618	1,907	1,768
	S(X)	0,042	—	0,369	0,268	0,250
	C. V%	25,0	—	54,0	31,1	30,2
<i>T. siamensis</i>	Máximo	3,46	30,65	9,88	9,24	11,53
	Médio	1,77	15,66	3,93	5,96	5,77
	Mínimo	1,02	6,95	1,00	2,94	3,01
	S	0,357	—	1,815	1,683	1,718
	S(X)	0,025	—	0,256	0,237	0,242
	C. V%	20,1	—	46,0	28,2	29,7
<i>O. travancórica</i>	Máximo	4,14	36,80	13,03	12,10	11,67
	Médio	2,20	16,79	4,91	6,07	5,81
	Mínimo	1,30	8,02	1,72	3,01	3,29
	S	0,588	—	2,825	1,718	1,660
	S(X)	0,041	—	0,399	0,242	0,234
	C. V%	26,7	—	57,3	28,3	28,5

Observ.: S = desvio padrão
 S(X) = erro padrão da média
 C. V% = Coeficiente de Variação

TABELA V: Rendimentos em pastas celulósicas e número de permanganato. Valores médios de 5 repetições.

ESPÉCIES	Rendimento %	Número de Permanganato
<i>Phyllostachys edulis</i>	39,35	33,3
" <i>heterocycla</i>	39,67	32,8
" <i>reticulata</i>	41,21	32,3
" <i>nigra</i>	40,71	31,6
<i>Gigantochloa apus</i>	37,73	23,2
" <i>verticillata</i>	39,37	23,9
<i>Thyrsostachys siamensis</i>	35,76	23,1
<i>Ochlandra travancórica</i>	44,31	23,2

de refinação. Neste caso provavelmente as curvas da resistência à tração se cruzam em determinado ponto.

Das regressões estudadas, linear, quadrática, cúbica, e quártica, com relação aos tempos de refinação, apenas a linear (+) foi significativa ao

nível de 1% de probabilidade.

Pelo teste F da análise de variância da resistência ao arrebentamento em relação ao tempo de refinação, houve diferenças altamente significativas entre as espécies. A espécie *P. nigra* apresentando um valor de 59,05 foi estatística-

mente superior as demais, pelo teste Tukey a 5%.

Os tempos de refinação foram significativos ao nível de 1% de probabilidade para as regressões linear (+) e quadrática (-). A interação espécie x tempo foi também significativa.

De acordo com citação de Pereira, estudos com *Pinus taeda* revelaram influência da espessura da parede celular das fibras na resistências à tração e arrebentamento das pastas celulósicas. As maiores resistências foram obtidas quando as fibras apresentavam paredes celulares mais finas.

Considerando a resistência ao rasgamento das pastas celulósicas, as espécies também mostram diferenças altamente

TABELA VI: Valores médios das características físico-mecânicas das pastas celulósicas estudadas, de acordo com diversos graus de refinação.

ESPECIES	Tempo de Refinação — min.	Graus Schopper Riegler — °SR	Gramatura g/m ²	Índice de Rasgo 100g/g/m ²	Índice de Arrebentamento g/cm ² /g/m ²	Comprimento de Auto-Ruptura m	Elasticidade %	Duplas Dobras N.º	Peso Especifico aparente g/cm ³	Vol. Esp. Aparente — cm ³ /g	Porosidade segundos/100ml
P. edulis	30	22	55,3	168,4	33,1	3933	2,2	45	0,484	2,07	0,5
	45	32	56,0	149,5	43,2	5367	2,9	128	0,507	1,97	1,9
	60	43	55,4	138,7	47,6	6327	3,7	207	0,519	1,93	3,5
	75	56	56,1	127,6	51,6	6557	3,8	246	0,542	1,84	6,3
	90	72	55,6	109,1	53,1	7223	4,1	524	0,584	1,71	26,9
P. heterocycla	30	25	56,6	179,6	37,4	4213	2,5	48	0,477	2,10	0,4
	45	37	56,3	173,0	45,8	5105	2,9	141	0,503	1,99	2,8
	60	50	56,5	159,5	52,1	5823	3,8	247	0,524	1,91	5,8
	75	61	56,3	151,3	58,5	6965	4,0	492	0,539	1,85	15,1
	90	79	56,5	130,6	60,5	8022	4,6	730	0,580	1,72	82,4
P. reticulata	30	26	59,0	160,8	34,6	4227	2,7	56	0,488	2,06	0,4
	45	38	59,1	149,8	45,6	5159	3,1	183	0,505	1,98	3,3
	60	54	59,0	146,9	52,3	6306	3,8	363	0,531	1,89	7,8
	75	64	59,0	143,9	54,0	6783	4,0	508	0,541	1,84	15,6
	90	80	58,5	118,3	58,7	7293	4,4	748	0,592	1,69	74,0
P. nigra	30	22	57,7	251,0	46,3	4908	2,3	100	0,497	2,01	0,4
	45	32	56,7	233,5	55,2	6180	3,6	272	0,512	1,95	2,1
	60	42	57,0	198,9	63,0	7191	3,8	448	0,525	1,90	4,0
	75	53	56,8	194,1	64,5	7488	4,5	565	0,538	1,86	7,0
	90	70	56,8	165,7	66,2	8635	4,7	895	0,569	1,76	29,8

TABELA VII: Valores médios das características físico-mecânicas das pastas celulósicas estudadas, de acordo com diversos graus de refinação.

ESPECIES	Tempo de Refinação — min.	Graus Schopper Riegler — °SR	Gramatura g/m ²	Índice de Rasgo 100g/g/m ²	Índice de Arrebentamento g/cm ² /g/m ²	Comprimento de Auto-Ruptura m	Elasticidade %	Duplas Dobras N.º	Peso Especifico aparente g/cm ³	Vol. Esp. Aparente — cm ³ /g	Porosidade segundos/100ml
G. apus	30	25	60,3	348,6	38,8	5593	3,5	620	0,507	1,97	1,3
	40	37	60,3	329,8	43,6	6335	4,0	789	0,526	1,90	3,5
	60	60	59,7	275,4	52,3	6560	4,4	1518	0,552	1,81	18,9
	75	68	60,5	246,8	56,0	6639	4,8	2212	0,590	1,69	54,8
	90	76	60,0	218,0	62,5	6988	4,9	1373	0,615	1,63	106,4
G. verticillata	30	22	59,5	285,7	32,6	4713	3,3	307	0,484	2,07	0,7
	45	34	59,1	270,4	38,7	5369	3,7	587	0,500	2,00	1,4
	60	53	58,8	249,9	47,0	5612	4,0	1187	0,526	1,82	6,0
	75	65	59,1	220,6	52,3	6414	4,5	1825	0,556	1,80	16,4
	90	74	60,0	198,7	55,0	6722	4,8	1539	0,588	1,70	48,4
T. siamensis	30	21	59,9	234,4	31,2	6058	3,7	162	0,505	2,04	0,8
	45	30	58,8	218,0	39,8	6782	3,8	313	0,533	1,92	1,6
	60	43	59,5	202,9	46,3	6867	4,0	585	0,558	1,83	4,1
	75	60	59,3	194,5	51,7	6738	4,5	870	0,585	1,76	10,6
	90	71	59,6	173,2	54,1	6640	4,5	1371	0,601	1,67	25,0
O. travancórica	30	25	61,1	331,6	43,4	6058	3,7	722	0,505	1,98	1,6
	45	40	60,6	292,8	47,0	6782	3,8	1313	0,533	1,89	3,8
	60	60	60,1	277,4	50,2	6867	4,0	2285	0,558	1,79	15,7
	75	69	60,0	240,4	52,3	6738	4,5	1548	0,585	1,70	37,7
	90	76	60,4	222,6	58,7	6640	4,5	1283	0,601	1,63	73,8

significativas. As espécies *G. apus* e *O. travancórica*, foram as que apresentaram os maiores valores respectivamente 283,70 e 272,94.

Os tempos de refinação foram diferentes, sendo a regressão linear (—) significativa. Quando comparamos as espécies, relativamente a essa característica em determinados pontos de refinação, são constatadas diferenças altamente significativas. Portanto as curvas que relacionam essa resistência como tempo de refinação devem se entrecruzar.

De acôrdo com alguns autores a resistência ao rasgamento está diretamente relacionada com a espessura da parede celular das fibras.

Para a resistência ao dobramento nas pastas celulósicas, determinou-se diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, tanto para as espécies como para os tempos de refinação. O teste Tukey a 5% revelou superioridade das espécies *O. travancórica*, *G. apus*, *G. verticillata* e *T. siamensis*.

A análise de variância da regressão relacionando essa resistência com o tempo de refinação, mostrou efeito linear (+) altamente significativo. A resistência ao dobramento aumenta com o tempo de refinação, mas de uma maneira diferente segundo a espécie.

O pêso específico aparente em função do tempo de refinação foi diferente estatisticamente, entre as espécies, a níveis de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F. O teste Tukey a 5% mostrou que as espécies *G. apus* com 0,558 e *O. travancórica* com 0,556, foram supe-

riores as demais e que esta última não apresentou diferença com relação a espécie *T. siamensis*.

As regressões linear (+) e quadrática (+), relacionando pêso específico aparente e tempo de refinação, foram altamente significativas. A interação Espécie x Tempo de refinação não foi significativa, indicando que os tempos se comportaram da mesma maneira para todas as espécies estudadas.

5 — CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos podemos concluir:

a) A espécie *O. travancórica*, em condições de laboratório apresentou melhores características do ponto de vista de produção de celulose e papel.

b) De um modo geral todas as espécies apresentaram alta resistência ao rasgamento, relativamente as madeiras folhosas e resinosas.

c) Os papéis produzidos apresentaram baixa resistência a passagem do ar, ou seja são bastante porosos e macios.

6 — REFERÊNCIAS

- 1) Lin, Wei-Chih — The bamboos of Thailand — Special Bulletin of Taiwan Forestry Research Institute n.º 6 — Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, Taiwan, China. 52 p. 1968.
- 2) Guha, S.R.D — Bamboo as a raw material for paper and board making — Forestry Research Institute, Dehra Dun vol. 1, n.º 2. 1961.
- 3) Stevens, R.H. — Research

Associate, Herty Foundation, Savannah, Georgia, 1958.

- 4) Mc Clure, F.A — The bamboos — Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 294 p. 1966.
- 5) Camus, E.G. — Les Bambusées — monographie, biologie, principaux usages. Paul Lechevalier, Paris, 215 p. 1913.
- 6) Azzini, A e Ciaramello, D. — Bambu como matéria prima para papel — Estudos sobre o emprêgo de *B. tuldoides*, *B. textilis*, *B. ventricosa*, *B. malingensis* e *B. dissimulador*, na produção de celulose sulfato. XXII Reunião Anual da S.B.P.C, Curitiba. 1971.
- 7) Ciaramello, D. e Azzini, A. — Bambú como matéria prima para papel. Estudos sobre o emprêgo de *B. vulgaris*, *B. v. var. vittala* e *B. oldhami*, na produção de celulose sulfato. O Papel, 32 (2) 33-40, São Paulo. 1971.
- 8) Bambú como matéria prima para papel. Estudos sobre o emprêgo de *B. nutans*, *B. tulda*, *B. stenostachya* e *B. beecheyana*, na produção de celulose sulfato. Instituto Agrônômico, prelo, Bragançia, 1971.
- 9) Pereira, R.A.G — Celulose sulfato de madeira de espécies de eucalipto — O Papel — 31(1), 24-47, São Paulo, 1970.
- 10) Dinwoodie, J.M. — The relationships between fiber morphology and paper properties. Tappi 48(8) 440-447. 1965.