

# Características papeleiras dos bambus do Estado do Acre

Antônio de Azevedo Corrêa (\*)  
Cláudio Nazareno Reis Luz (\*)  
Francisco Juvenal Lima Frazão (\*)

## Resumo

Uma amostra de bambus do Estado do Acre foi estudada sob o ponto de vista de celulose e papel. Neste trabalho apresenta-se informações sucintas sobre a distribuição geográfica desta gramínea e sua utilização pela indústria papeleira, especialmente no continente asiático. Características gerais sobre o solo, clima e relevo são em seguida evidenciados. Avaliações sobre a densidade, classificação e micrometria das fibras, qualidades das pastas químicas, semiquímicas, mecano-químicas, e mecânicas, assim como resultados dos alvejamentos, clareamentos e do cálculo da potencialidade de utilização são mostrados. Concluindo-se que os bambus do Acre são factíveis de serem utilizados na fabricação de pasta especialmente destinadas a manufaturas de papel de embalagem.

## INTRODUÇÃO

A Amazônia é particularmente rica em celulose de fibra curta em decorrência do seu elevado potencial de madeiras folhosas e no que concerne a matéria de fibra longa é menos favorecida; entretanto, pesquisas recentes, efetuadas pelo Projeto "RADAM" (1), mostraram uma larga ocorrência de bambu no Estado do Acre. A avaliação das características desta matéria-prima, apresentamos neste trabalho.

## DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS BAMBUS

O bambu é uma gramínea alta de origem principalmente tropical que cresce especialmente em bosque monçônico. Devido a esta característica, sua maior ocorrência se verifica no continente asiático, onde aparece espontaneamente cobrindo superfícies na Índia, Pa-

quistão, Japão, Taywan, Indonésia, Camboja, Vietnã, Tailândia e Birmânia. Na Índia existem cerca de 800.000 hectares estimados de bambus, 500.000 dos quais são acessíveis e estão em exploração. No Japão a ocorrência é de 160.000 hectares e em Taywan 48.000. Na Birmânia existem aproximadamente 9 milhões de hectares de bambus, que poderiam sustentar uma colheita anual de 45 milhões de toneladas (Wayman, 1973). Entre os gêneros mais freqüentes encontrados nos povoamentos de bambus na Ásia, podem ser citados os seguintes como mais importantes: *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Phyllostachys*, *Arundi* e *Ocheandras* (Doat, 1967).

Na África existem duas espécies de bambus espontâneos: *Arundinaria alpina* e *Oxytenanthera abyssinica* e outras espécies que foram introduzidas (Ibid).

A *Arundinaria alpina* é encontrada nas montanhas da África Oriental, na República dos Camarões entre 2.000 a 3.400 m de altitude, em clima úmido (pluviosidade de 1.800 a 3.000 mm), sobre solos argilosos ou vulcânicos. Em altitudes elevadas as zonas de povoamento puros são muito abrangentes (vários milhares de hectares na Kenya). À baixa altitude os bambus se encontram associados com floresta de folhosas ou de resinosos (Ibid).

A *Oxytenanthera abyssinica* se encontra em povoamentos gregários cobrindo algumas vezes grandes superfícies em condições ecológicas extremamente variada de 0 à 2.000 m de altitude, de 700 à 2.000 mm de pluviosidade com estação seca de 3 à 7 meses, desenvolvendo-se em todos os tipos de solos com

(1) — O Projeto RADAMBRASIL tem por meta primordial mapear e avaliar recursos naturais, em escala regional e a relativo curto prazo, a fim de que alcançados esses objetivos as regiões mais promissoras sob o ponto de vista de suas potencialidades naturais sejam submetidas a estudos mais detalhados. (Projeto RADAMBRASIL — 1976).

(\*) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

exceção de terrenos salinos e argilosos pesados. Este tipo de bambu é o mais resistente a seca. Encontra-se sobre as encostas inferiores dos maciços montanhosos e em planície particularmente na Guiné, Senegal, Etiópia, Zaire, Zâmbia, Sudão, República Centro Africana e Moçambique. As hastes raramente ultrapassam 10 m de altura e 5 cm de diâmetro sendo freqüentemente retas. O estabelecimento não é definitivo e são factíveis em determinadas condições a regressões temporárias (Ibid). *Bambusa vulgaris* chamado "Bambu da China" foi introduzido em vários países africanos, onde se tornou subespontâneo. Suas exigências ecológicas são extremamente variáveis, adaptando-se aos mais diversos climas e numerosos tipos de solos. Encontra-se em zonas de floresta densa, bem como em savanas úmidas a baixa altitude até 1.000 m e cresce em tufos fechados (Ibid).

No continente americano, o gênero *Guadua* é o mais importante; *Guadua angustifolia* na Colômbia e Equador, *Guadua amplexifolia* desde o norte da Venezuela até a Nicarágua e Honduras, *Guadua inermes* no México e *Guadua superba* no Brasil. Em maiores altitudes e em climas temperados da América Latina o gênero *Chusque* é o mais freqüente. Na América do Norte existem somente duas espécies nativas: *Arundinaria gigantea* e *Arundinaria tecta* (Huberman, 1959).

Na Amazônia os bambus que são conhecido com a denominação local de "Tabocas" ocorrem pelo menos em dois gêneros: *Guadua* e *Nastus*. Paul Le Cointe (1947) assim os relaciona:

Taboca — *Guadua angustifolia*, *Guadua glomerata*, *Guadua morim*, aparecendo especialmente na Ilha de Marajó.

Taboca da folha larga — *Nastus amazonicus*, existindo principalmente no Alto Purus.

Taboca Grande, Taboca Gigante, Taquaruçu — *Guadua superba* que cresce em terras altas dos Estados do Amazonas e Acre.

## UTILIZAÇÃO DO BAMBU PELA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL

O bambu é utilizado desde os primórdios pela indústria papeleira. Constituiu fonte de matéria-prima das antigas fábricas artesanais da China e do Japão (Doat, 1967).

Na atualidade sua maior utilização encontra-se na Ásia, principalmente na Índia e na China. Entretanto, existem fábricas na Birmânia, Filipinas, Japão, Paquistão, República do Khamer e Tailândia (Wayman, 1973). Na Índia a participação do bambu é de 70% em relação a todos os materiais fibrosos utilizados por aquele país na obtenção de pasta a papel (Doat, 1967).

Doat (Ibid), relaciona as seguintes unidades de fabricação em vários países asiáticos que utilizam o bambu, como fonte de matéria-prima (Quadro I).

Como se observa, o que caracterizam essas unidades são os seus pequenos portes operarem em integração vertical, até a produção de papel e seus produtos serem consumidos no mercado local (Doat, 1967).

No Brasil, a participação das pastas provenientes de bambu é ainda muito baixa em comparação com as pastas fabricadas de madeiras (Ver Quadro II) e somente cinco fábricas (2) de pequenas dimensões manufaturam esta matéria-prima na obtenção de celulose.

## AMOSTRA DE BAMBU ESTUDADA PELA SEÇÃO DE CELULOSE E PAPEL DO INPA

A amostra estudada correspondeu a 100 kg de bambu, coletada no Estado do Acre (cf. mapa), onde esta gramínea ocorre em associação com a floresta tropical em proporções variáveis de 20% a 80% em uma área estimada de 85.000 km<sup>2</sup>, sobre solos férteis como o podzólico vermelho-amarelo, eutrófico e epieutrófico, apresentando argila de atividade alta e textura argilosa, em relevo que varia do suave ondulado a forte ondulado. O clima da área

(2) — Companhia Mineira de Papéis — 4.500 t/ano — Celulose sulfato branqueada — Estado de Minas Gerais  
Companhia Fabricadora de Papeis Itajaí — 60 t/ano — Celulose sulfato crua — Estado de Santa Catarina.  
Companhia Industrial Brasileira Portela — 2.300 t/ano — Celulose sulfato crua — Estado de Pernambuco.  
Indústria de Papéis Santo Amaro S/A. — 9.000 t/ano — Celulose soda crua — Estado da Bahia.  
Companhia de Papel e Papelão Pedras Brancas — 1.400 t/ano de pastas semiquímicas a soda (Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose).

na classificação "Köppen" é do tipo Am-tropical chuvoso, com temperaturas médias anuais de 24,5°C, máximas de 32°C e mínimas de 18°C, apresentando variações locais em função da maior ou menor exposição aos sistemas atmosféricos extra-tropicais. Frequentemente a região é atingida pelo fenômeno da "friagem" que resulta do avanço da frente polar, impulsionada pela massa de ar polar, provocando brusca queda na temperatura, permanecendo alguns dias com médias em torno de 10°C. A pluviosidade apresenta totais anuais médios aproximados de 1.800/2.000 m.m. e no trimestre mais seco a média não atinge 125 mm (RADAM-BRASIL).

#### CLASSIFICAÇÃO, CARACTERÍSTICAS MICROMÉTRICAS DAS FIBRAS E DENSIDADE DO BAMBU

Das pastas provenientes dos cozimentos soda-enxofre, efetuou-se a classificação dos comprimentos segundo o procedimento TAPPI — T233 — SU — 64 em Classificador de Fibras "Clark", modelo M-46. Das partes retidas em cada compartimento, realizou-se mensurações em Projetor Olympus — 4P — 360

As larguras das fibras e das cavidades foram dimensionadas em microscópio monocular E. Leitz, com lente ocular 10X, objetiva 43X e fator 3,14.

#### QUADRO I

Exemplos de fábricas que utilizam bambu na Ásia

País	Nome da Sociedade	Tipo de cozimento	Quantidade fabricada por ano
Índia	Bengal Paper Mills	Sulfato	14.000 Ton. de papel de impressão escrever
Índia	Índia Paper Pulp Co.	Bissulfito de Magnésio	6.600 Ton. de Papel
Índia	Sirpur Paper Mills	Sulfato	15.000 Ton. de Papel
Índia	The Titaghur Paper Mills	Sulfato	42.000 Ton. de papel impressão escrever, embalagem e cartão.
Índia	The Ballapur Paper Mills	Sulfato	8.000 Ton. de papel impressão, offset, duplicata.
Índia	The Mysore Paper Mills	Kraft	8.000 Ton. de papel de impressão-escrever.
Índia	The National Newsprint and Paper Mills Nepanagar	Sulfato de Bambu e Pasta Mecânica de Folhosas	20.00 Ton.
Índia	Orient Paper Mills	Sulfato	36.000 Ton. de papel de impressão, embalagem, crepom, cartão, diversos...
Paquistão	Karnaphuli Paper Mills	Sulfato	30.000 Ton. de papel de impressão escrever e diversos.
Tailândia	Kanchanaburi	Kraft 80% Bambu 20% Bombax	3.000 Ton.
Camboja	Usina de Chlong	Sulfato	8.000 Ton.
Indonésia	State Paper Mill Goa	Sulfato	9.000 Ton.

FONTE: Doat, 1967: 41-59.

## QUADRO II

Produção brasileira de pastas químicas e semiquímicas, segundo a matéria-prima utilizada, em t, 1975

Matéria-prima	Pasta química	Pasta semi-química	Total	%
Eucalipto	740 422	28 513	768 935	64,66
Pinheiro	321 967	4 852	326 819	27,47
Bambu	15 930	1 542	17 472	1,47
Outros	27 802	48 580	76 382	6,42
<b>TOTAL</b>	<b>1.106 121</b>	<b>83 487</b>	<b>1189 608</b>	<b>100,00</b>

FONTE: Associação Paudista dos Fabricantes de Papel e Celulose. Relatório Estatístico, 1975.

A densidade foi determinada sobre os cavacos pelo método RC — 91 — TAPPI.

Os resultados destes ensaios estão consignados na tabela n.º 1.

Em que concerne as características morfológicas, os bambus do Acre apresentam fibras que em relação ao comprimento se individualizam por serem superiores às folhosas, mas inferiores aos resinosos.

As fibras são relativamente estreitas e suas cavidades sendo pequenas, fazem com que as mesmas apresentem suas paredes bastante espessas.

O coeficiente de flexibilidade situa-se abaixo dos encontrados nos resinosos e na

faixa do apresentado pelas folhosas. É comparável aos bambus africanos, especialmente ao bambu do Senegal (Doat, 1967). Os valores apresentados permite esperar que os papéis fabricados das pastas provenientes dos bambus da região do Acre, apresentem uma boa resistência à auto-ruptura, dobras-duplas, e ao estouro.

O índice de feltragem é superior aos verificados nos angiospermas e nos geminospermas utilizados pela indústria de celulose, tipificando fibras propícias para a confecção de papéis resistentes e que exijam uma porosidade elevada.

Considerando a importância para a avaliação da qualidade de uma pasta do peso médio dos comprimentos das fibras (Clark, 1962), calculou-se este parâmetro para as fibras das pastas do bambu através da fórmula:

$$L = \frac{W_1 L_1 + W_2 L_2 + W_3 L_3 + W_4 L_4 + W_5 L_5}{W}$$

Onde:

L = Peso médio do comprimento da fibra.

(L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>) = Comprimento das fibras nos diversos compartimentos do classificador.

W<sub>5</sub> = Peso da amostra calculado por diferença.

W = Peso inicial da amostra.

O resultado obtido foi de uma ordem de grandeza de 2,252 mm.

TABELA N.º I — Classificação, características micrométricas das fibras e densidade do bambu

CARACTERÍSTICAS	COMPARTIMENTOS				
	N.º 1	N.º 2	N.º 3	N.º 4	N.º 5
Comprimento das fibras (Mu)-L- valores médios	3.600	2.206	1.290	995	580
Largura das fibras (Mu)-l- valores médios	19	14	14	12	
Largura das cavidades (Mu)-C- valores médios	9	7	6	6	
Coefficiente de flexibilidade C/1	47	50	43	50	
Índice feltrante L/1	189	157	92	83	
% retirada em cada compartimento	40	23	10	3	24
Densidade			0,64		

Valor calculado segundo Método Tappi -T- 232 - SU - 68.

A densidade do bambu situou-se na mesma faixa dos bambus africanos que variam de 0,40 à 0,80, sendo superior a densidade dos resinosos e das folhosas que tradicionalmente são manufaturadas pelas indústrias de pasta a papel. Entretanto, isto não chega a constituir um inconveniente, uma vez que os bambus utilizados principalmente pela indústria indiana, apresentam densidade correlata à observada no bambu do Acre.

#### COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO BAMBU

As análises químicas do bambu foram efetuadas segundo as normas do TAPPI (3) e ABCP (4).

Os resultados das análises químicas do bambu estão contidos na tabela n.º II.

Como se observa, em relação as solubilidades os valores apresentados foram relativamente elevados. Considerando a soma dos extrativos em água e soda 1%, verifica-se que o seu valor foi próximo de 25%. Isto explica, segundo (Doat, 1967) a aptidão dos bambus fornecerem a 100° C e a pressão atmosférica em meio alcalino, pastas duras porém desfiáveis, susceptíveis de serem utilizadas em certos tipos de fabricações de papéis tais como: cartão ou ondulado.

Verifica-se que o teor em álcool-benzol é bastante elevado, assemelhando-se aos bambus africanos e cujo valor igualou-se ao bambu do Gabão (Ibid.), sendo, no entanto, inferiores aos resinosos introduzidos na Amazô-

nia (Corrêa & Luz, 1976) e situando-se ao redor dos valores apresentados pelo *Eucalyptus saligna* (Mazzei & Overbeck, 1966).

A quantidade de lignina aproxima-se das cifras encontradas nos resinosos, enquanto que o teor de pentosanas é da mesma ordem que os verificados nas folhosas e inferiores aos encontrados nas palhas (Doat, 1967).

O teor de celulose se enquadrou na faixa dos resultados das folhosas e das palhas e foi inferior aos resinosos.

Em relação ao teor de cinzas, o valor encontrado foi da ordem de 3,0%, sendo comparável aos apresentados pelos bambus pesquisados em diferentes laboratórios (Doat, 1967; Mazzei & Redko, 1967; Tissot, 1970; Redko, & Nishimura, 1972).

O teor de cinzas do bambu do Acre foi superior aos das folhosas e resinosos e muito inferiores aos das palhas (Ibid.). As cinzas do bambu possuem uma particularidade de conter uma grande quantidade de sílica, constituindo-se na principal dificuldade encontrada na utilização industrial desta matéria-prima. Tissot (1970) ao analisar este inconveniente na indústria indiana, verificou que a sílica causava um maior desgaste nas facas dos picadores do que os normalmente encontrados nas folhosas. Isto era agravado pelo esforço que as facas faziam nas picagens das hastes, por serem os bambus revestidos por uma película muito resistente.

A despeito de algumas soluções práticas utilizadas pelas indústrias indianas (5) para

TABELA N.º II — Composição química do bambu da região do Estado do Acre

Sol. em Água Fria %	Sol. em Água Quente %	Sol. em NaOH 1% %	Sol. em Álcool- -Benzol %	Lignina %	Pentosanas %	Celulose Bruta %	Celulose Corrigida %	Cinzas %
2,8	3,5	21,5	2,0	27,0	18,0	44,6	43,0	3,0

(3) — Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

(4) — Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel.

(5) — "Central Pulp Mills, Limited", situada próxima à cidade de Fort Songad, Estado de Gujarat. Esta fábrica utilizava o método de "esmagamento", que consistia em passar as hastes dos bambus entre dois cilindros canelados e após a picagem, os cavacos eram lavados em correntes de água.  
— "National Newsprint and Paper Mills Ltd". (Nepa Mill) à Nepanagar, Estado de Madhya Pradesh, situada na estrada de ferro que liga Bombay à Nova Delhi a cerca de 500km a nordeste de Bombay. Antes da picagem, esta fábrica efetuava somente uma lavagem superficial nas hastes.  
— "Bengal Paper Mill Co. Ltd". à Raniganj, distrito de Burdwan, Bengala Ocidental. Esta fábrica mergulha os cavacos em uma bacia, antes da picagem.

favorecer a picagem das hastes dos bambus e eliminar uma parte da sílica superficial. algumas toneladas deste material eram introduzidas no circuito de fabricação, causando efeitos indesejáveis em todas as etapas do tratamento para a obtenção da celulose, a qual apresentava um pequeno teor de sílica (menos que 1%). A ação nefasta da sílica se verificava ao se depositar em forma de escamas sobre os tubos dos evaporadores, chegando a constituir cerca de 25%. Igualmente a sílica se depositava sobre os tubos da caldeira de recuperação e nas paredes do forno de cal em forma de lupa vitrificada, causando um baixo rendimento das instalações de recuperação e uma má qualidade do cal reciclado.

A solução encontrada pela indústria indiana para superar estes inconvenientes, foram de duas ordens: 1 — Não utilizando a lama de cal, eliminando assim uma parte da sílica; 2 — Injetando nos evaporadores ao nível do 3.º efeito uma solução de soda à 150g/l de maneira a elevar o pH do licor. O pH entre 10,0 — 10,5, proporcionava o desaparecimento das escamas nos evaporadores.

#### OBTENÇÃO DE PASTAS CELULÓSICAS DOS BAMBUS

Para obtenção das pastas celulósicas, os bambus foram transformados manualmente em cavacos, nas seguintes dimensões 7,0 X 0,6 X 0,4 cm, e uma série de ensaios de fabricação foi realizada visando a obtenção de pasta química e pasta de alto rendimento.

#### OBTENÇÃO DE PASTA QUÍMICA "KRAFT"

Duas séries de cozimentos foram efetuados pelo procedimento Soda/Enxofre (variante do processo "Kraft") a 155° C e a 170° C em cozinhador rotativo de 10 litros, aquecimento elétrico e 1 r.p.m.

As condições retidas para a efetivação dos cozimentos foram as seguintes:

Condições	170° C	155° C
Na OH/Mad. Seca	18% 22% 26%	18% 22% 26%
Enxofre/Mad. Seca	1,8% 2,2% 2,6%	1,8% 2,2% 2,6%
Diluição	3,3 : 1	3,3 : 1
Tempo à Temp. de Patamar	120 min.	102 min.
Tempo na Temp. de Patamar	90 min.	180 min.

As pastas obtidas dos cozimentos foram desintegradas logo após a degasagem em "Pulper" de laboratório "Allibe" (tendo-se antes retirado uma amostra do licor negro para a determinação do álcali residual), lavadas, depuradas em depurador Brecht Holl, (peneira 0,6 mm) e desaguada até a uma consistência de 30% em centrífuga S.A. 30 AW 2, Rousselet a 1500 r.p.m., determinando-se em seguida os rendimentos brutos e depurados, rejeitos sobre a madeira seca, alvura das pastas e índices de permanganatos.

Os resultados obtidos dos cozimentos "Tipo-Kraft" do bambu apresentamos na tabela n.º III.

No ponto de vista prático estes resultados significam que os bambus do Estado do Acre não são difíceis de serem tratados pelo procedimento Soda/Enxofre. A um nível de 22% de NaOH/Madeira seca já se obtém pastas bem deslignificadas sem taxa de rejeito proibitivo.

Os N.ºs. de KMnO<sub>4</sub> dos tratamentos a 170° C foram ligeiramente inferiores aos verificados para o tratamento a 155° C. Observa-se que a 18% de NaOH/Madeira seca, o índice de deslignificação apresenta-se baixo, caracterizando pastas relativamente "duras" para ambos os tratamentos.

Corrêa et al.

Os rendimentos foram baixos quando comparados com os apresentados pelos bambus africanos e asiáticos, porém equivalentes aos verificados para o *Bambusa vulgaris schrad* (Doat, 1967; Tissot, 1970 e Azzini, 1976).

Entre os tratamentos, os rendimentos apresentados pelos cozimentos a 155° C com 3 horas de duração foram superiores aos da série 170° C com 1 hora e 30 minutos.

As percentagens de NaOH residual foram superiores nos cozimentos a 155° C e cresceram em ambos os tratamentos em função da quantidade de NaOH introduzido.

#### PASTA QUÍMICA À SODA

A mesma metodologia empregada para obtenção de pasta pelo processo tipo "Kraft", foi aplicada para se conseguir pasta pelo tratamento à soda. Foram realizados dois en-

saos de cocções com 2 horas de montagem e 1 hora e 30 minutos de patamar a temperatura de 170° C.

Os resultados dos cozimentos à soda do bambu podem ser vistos na Tabela n.º IV.

As pastas químicas obtidas pelo processo à soda, são mais duras do que as produzidas pelo processo soda/enxofre.

Os rendimentos das pastas à soda se situaram na mesma escala dos apresentados pelas pastas Kraft, nas mesmas condições de tratamento.

As percentagens de NaOH residual foram superiores as verificadas nos tratamentos soda/enxofre, em decorrência da ação deslignificante do Na<sub>2</sub>S formado no decorrer da cocção Kraft.

Comparando os dois tratamentos, nota-se que com a exceção da alvura (as pastas à so-

TABELA N.º III — Resultados dos cozimentos soda/enxofre do bambu do Estado do Acre.

Número dos cozimentos	Patamar	NaOH %	S %	Índice de KMnO <sub>4</sub>	Rendimento		NaOH g/l	"Photovolt" (alvura da pasta)
					Bruto %	Depurado %		
300	1h30'-170°C	18	1,8	22	39,5	39,5	1,8	39
298		22	2,2	18	38,1	38,1	3,2	46
296		26	2,6	11	37,3	37,3	4,0	48
304	3h-155°C	18	1,8	27	44,5	44,5	2,0	42
303		22	2,2	16	41,4	41,4	4,8	47
302		26	2,6	13	40,5	40,5	8,8	49

TABELA N.º IV — Resultados dos cozimentos à soda do bambu do Estado do Acre

Número dos cozimentos	Patamar	NaOH %	Índice de KMnO <sub>4</sub>	Rendimento		NaOH g/l	"Photovolt" alvura da pasta
				Bruto %	Depurado %		
305	1h30' - 170° C	22	24	37	37	6,0	54
306		18	33	39	39	1,0	48

Características papeleiras...

da apresentam maior Photovolt), o processo à soda não apresenta vantagem significativa na obtenção de pasta química.

#### ALVEJAMENTOS DAS PASTAS QUÍMICAS DO BAMBU

As pastas cruas obtidas dos cozimentos Soda/Enxofre e à Soda do bambu foram alvejadas pelos processos C.E.H.H. e C.E.D.P.D.

Os resultados estão consignados nas tabelas n.ºs. V, VI, VII e VIII.

Como se verifica, o maior consumo de reagentes para ambos os alvejamentos corresponderam para as pastas que apresentaram um índice de deslignificação mais baixo, isto é, cujos n.ºs. de  $\text{KMnO}_4$  foram superiores a 19.

Comparando os consumos de reagentes observa-se que as pastas dos cozimentos à Soda demandaram uma maior percentagem de alvejantes tanto no procedimento C.E.H.H. como no C.E.D.P.D. Em contra-partida as pastas

TABELA N.º V — Resultados dos alvejamentos (Cl — NaOH — ClONa — ClONa) — das pastas cruas dos cozimentos soda/enxofre do bambu

Cozimento N.º	Cloração cloro consumido %	Sodação		1.ª fase: ClONa		2.ª fase: ClONa		"Photovolt" alvura da pasta	Estabilidade da alvura
		NaOH int. %	NaOH cons. %	Cloro int. %	Cloro cons. %	Cloro int. %	Cloro cons. %		
300	0,5	4,0	3,4	4,0	2,9	0,5	0,2	85	77
298	0,3	4,0	3,3	4,0	2,5	0,5	0,2	85	78
296	0,3	4,0	3,0	4,0	2,5	0,5	0,2	86	80
304	0,4	4,0	3,4	4,0	3,0	0,5	0,2	88	78
303	0,3	4,0	3,2	4,0	2,6	0,5	0,2	86	79
302	0,3	4,0	3,2	4,0	2,5	0,5	0,2	88	81

TABELA N.º VI — Resultados dos alvejamentos Cl. ( $\text{NaOH-H}_2\text{O}_2$ ) -  $\text{ClO}_2\text{-H}_2\text{O}_2$  -  $\text{ClO}_2$  | das pastas cruas dos cozimentos soda/enxofre do bambu

Cozimento N.º	Cloração cloro consumido %	SODAÇÃO OXIDANTE				3.ª fase: $\text{ClO}_2$		4.ª fase: $\text{H}_2\text{O}_2$		5.ª fase: $\text{ClO}_2$		"Photovolt" alvura da pasta	Estabilidade da alvura
		NaOH int. %	NaOH cons. %	$\text{H}_2\text{O}_2$ int. %	$\text{H}_2\text{O}_2$ cons. %	Cloro int. %	Cloro cons. %	$\text{H}_2\text{O}_2$ int. %	$\text{H}_2\text{O}_2$ cons. %	Cloro int. %	Cloro cons. %		
300	0,5	4,0	3,6	1,0	1,0	2,6	2,3	1,0	0,9	1,3	0,9	93	86
298	0,3	4,0	3,4	1,0	1,0	2,6	2,2	1,0	0,9	1,3	0,9	91	87
296	0,3	4,0	3,3	1,0	1,0	2,6	2,2	1,0	0,9	1,3	0,9	90	85
304	0,4	4,0	3,5	1,0	1,0	2,6	2,3	1,0	0,9	1,3	1,0	95	88
303	0,3	4,0	3,4	1,0	1,0	2,6	2,1	1,0	0,9	1,3	1,0	94	88
302	0,3	4,0	3,3	1,0	1,0	2,6	1,9	1,0	0,9	1,3	0,9	91	86

TABELA N.º VII — Resultados dos alvejamentos (Cl-NaOH — ClO<sub>2</sub>Na — ClO<sub>2</sub>Na) das pastas cruas dos cozimentos à soda do bambu.

Cozimento N.º	Cloração	Sodação		1.ª fase: ClO <sub>2</sub> Na		2.ª fase: ClO <sub>2</sub> Na		"Photovolt" altura da pasta	Estabilidade da alvura
	Cloro consumido %	NaOH int. %	NaOH cons. %	Cloro int. %	Cloro cons. %	Cloro int. %	Cloro cons. %		
305	0,5	4,0	3,1	4,0	2,2	0,5	0,1	93	85
306	1,0	4,0	3,7	4,0	2,8	0,5	0,1	90	84

TABELA N.º VIII — Resultados dos alvejamentos | Cl. (NaOH.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) — ClO<sub>2</sub> — H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> — ClO<sub>2</sub> | das pastas cruas dos cozimentos à soda do bambu

Cozimento N.º	Cloração	SODAÇÃO OXIDANTE				3.ª fase: ClO <sub>2</sub>		4.ª fase: H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		5.ª fase: ClO <sub>2</sub>		"Photovolt" altura da pasta	Estabilidade da alvura
	cloro consumido %	NaOH int. %	NaOH cons. %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> int. %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> cons. %	Cloro int. %	Cloro cons. %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> int. %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> cons. %	Cloro int. %	Cloro cons. %		
305	1,7	4,0	3,8	1,0	1,0	2,6	2,3	1,0	0,9	1,3	1,0	95	89
306	3,6	4,0	3,7	1,0	1,0	2,6	2,3	1,0	0,9	1,3	1,1	93	89

à Soda apresentaram melhores alvuras e maiores estabilidades para o processo C.E.D.P.D.

Analisando os resultados apresentados pelos tratamentos C.E.H.H. e C.E.D.P.D. verificou-se que tanto para as pastas provenientes dos cozimentos à Soda como as obtidas pelo processo Soda/Enxofre, o procedimento C.E.D.P.D. apresentou uma nítida vantagem sobre o tratamento C.E.H.H., em decorrência de serem os bióxidos de cloro e os peróxidos, reativos mais seletivos à lignina, proporcionando melhores ganhos em alvura e maiores estabilidades.

Pelos resultados observados, as pastas químicas obtidas do bambu do Estado do Acre são factíveis de serem alvejadas pelos processos C.E.H.H. e C.E.D.P.D. e as alvuras apresentadas são comparáveis e algumas vezes superiores aos das pastas branqueadas de folhas e resinosas normalmente comercializadas no Brasil.

#### REFINOS DAS PASTAS QUÍMICAS

As pastas cruas dos cozimentos Soda/Enxofre foram refinadas em moinhos "Jokro", "Bauer" e "Holandesa". As pastas alvejadas provenientes do mesmo tratamento sofreram engrossamento nos equipamentos "Jokro" e "Bauer", enquanto que as pastas cruas e alvejadas do tratamento à Soda sofreram a ação de refinagem em moinho "Bauer".

Metodologicamente, as condições de refino tanto para as pastas cruas e alvejadas nos três equipamentos, assim foram conduzidas:

"Jokro" — 16 g de pasta seca, levada a uma consistência de 6%, com cinco pontos de refino, dos quais o primeiro o ponto zero (pasta bruta), cobrindo uma escala de °SR, que foi de 11° SR até 63° SR.

"Bauer" — 16 g de pasta seca, a uma concentração de 0,2% submetidas a uma potên-

cia de refino de 3,72 KW com circulação forçada e área de contacto de 38 divisões no equipamento. Foram realizadas passagens sucessivas (o máximo três), até atingir o grau de engrossamento desejado.

"Holandesa" — 200 g de pasta seca com uma consistência de 1%. A massa foi inicialmente desintegrada no próprio equipamento (operação realizada com os discos separados) por 30 minutos, adicionando-se em seguida a carga correspondente a 7.735 g, unindo-se em seguida os discos. Quatro pontos de refino foram obtidos por período de 35 minutos.

Como se observa pelos gráficos de n.ºs. I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII as pastas químicas dos bambus do Estado do Acre refinam-se sem dificuldades.

As pastas cruas dos cozimentos Soda/Enxofre são mais gordas, apresentando uma maior facilidade de serem refinadas.

Comparando o tempo de refino gasto pelas pastas cruas provenientes dos cozimentos Soda/Enxofre a 155° C e a 170° C em relação ao percentual de NaOH/Madeira seca introduzido, verificou-se que as pastas fabricadas com o menor percentual de álcali demandaram um menor tempo para atingir um grau de engorda superior a 45 °SR. Esta ocorrência que poderia constituir uma anomalia, está talvez rela-

BAMBU — SODA/ENXOFRE — 155° C  
MOAGEM NA "HOLANDESA"  
PASTA CRUA

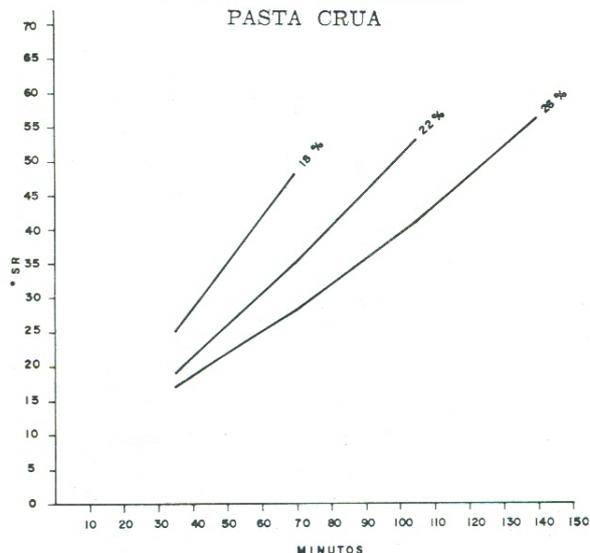


GRÁFICO I

BAMBU — SODA/ENXOFRE — 155° C  
MOAGEM NO "JOKRO"  
PASTA CRUA

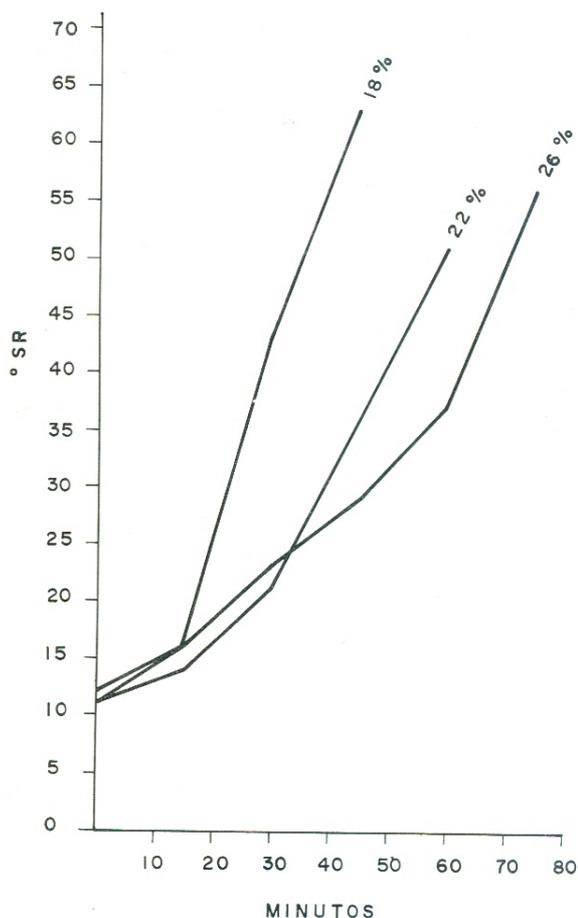


GRÁFICO II

cionada com o teor remanescente de hemi-celuloses, que nas pastas fabricadas com um percentual menor de álcali, poderia ser superior aos das pastas obtidas com quantidades maiores de NaOH/Madeira seca. Esta hipótese é confirmada no refino das pastas alveadas cujos graus de engorda foram conseguidos para as pastas cruas fabricadas com maiores proporções de reagentes. Considerando a ação dos agentes químicos dos alvejamentos os quais não somente atacaram as hemi-celuloses restantes nas pastas cruas obtidas ao nível de 18% de NaOH, como também causaram efeitos degradativos maiores nas cadeias celulósicas das pastas cruas conseguidas com maiores teores de álcali, tornando as pastas fabricadas aos níveis de 22% e 26% de NaOH mais aptas a ação dos refinamentos.

BAMBU — SODA/ENXOFRE — 170° C  
MOAGEM NA "HOLANDESA"  
PASTA CRUA

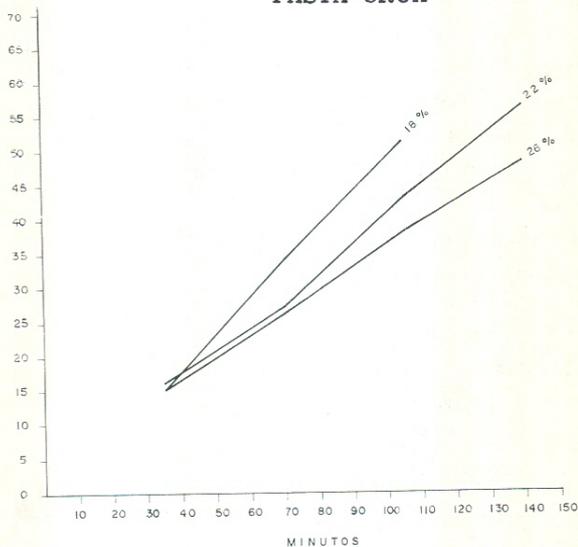


GRÁFICO III

BAMBU — SODA/ENXOFRE — 170°C  
MOAGEM NO "JOKRO"  
PASTA CRUA

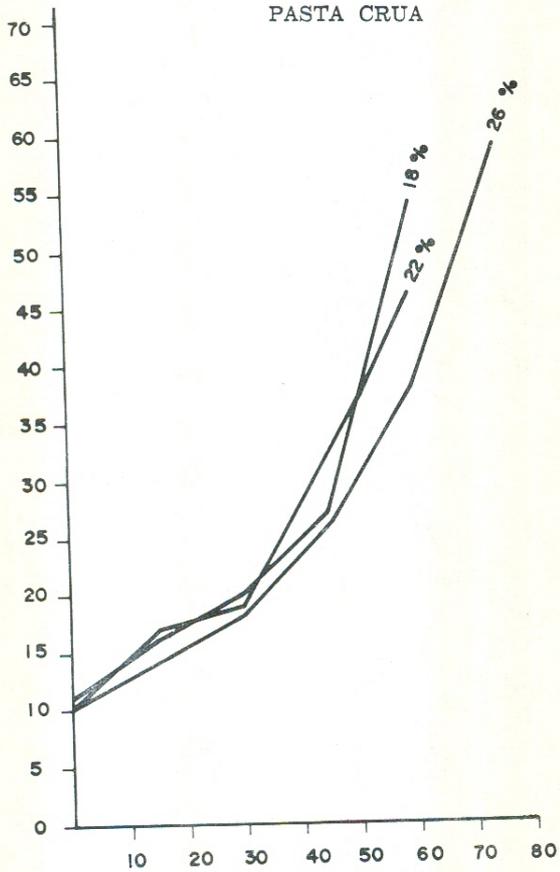


GRÁFICO IV

Características papeleiras...

BAMBU — SODA/ENXOFRE — 170° C  
MOAGEM NO "JOKRO"  
PASTA ALVEJADA

PROCESSO C. E. D. P. D.

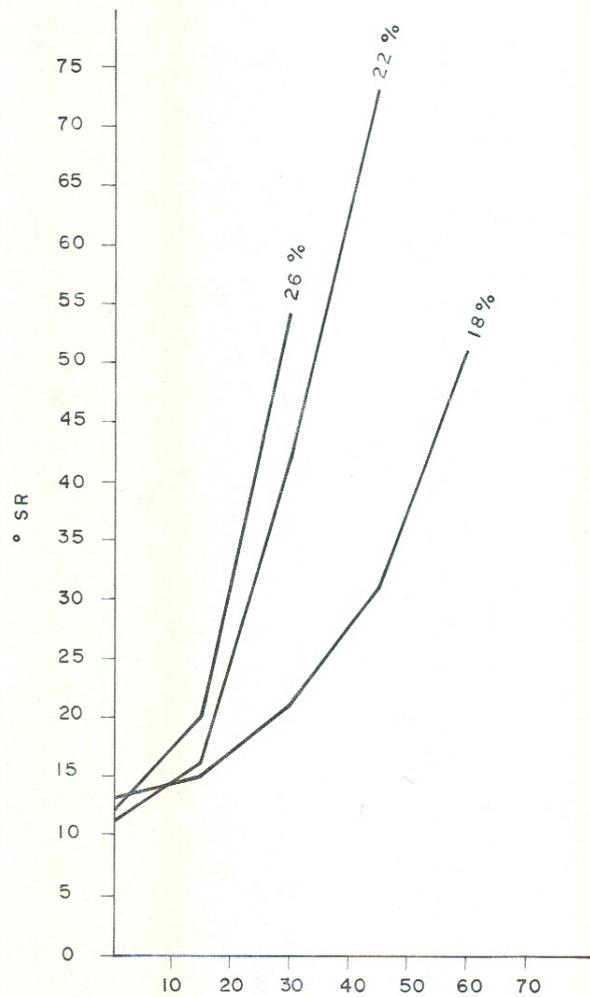


GRÁFICO V

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS PASTAS  
QUÍMICAS DO BAMBU

Das pastas cruas e alvejadas refinadas, obteve-se folhas-de-ensaio em formador Rapid Khöten, com gramatura aproximada de 65 g/m<sup>2</sup>. Acondicionou-se essas amostras em sala climatizada com 65 ± 5 U.R. e 22 ± 2 ° C por um tempo de 12 horas e realizou-se os testes de resistências, obedecendo os padrões das normas da A.B.C.P. (Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel), TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) e A.F.N.O.R. (Association Française de Normalisation).

**BAMBU — SODA/ENXOFRE — 170° C**  
 MOAGEM NO "JOKRO"  
 PASTA ALVEJADA  
 PROCESSO C.E.H.H.

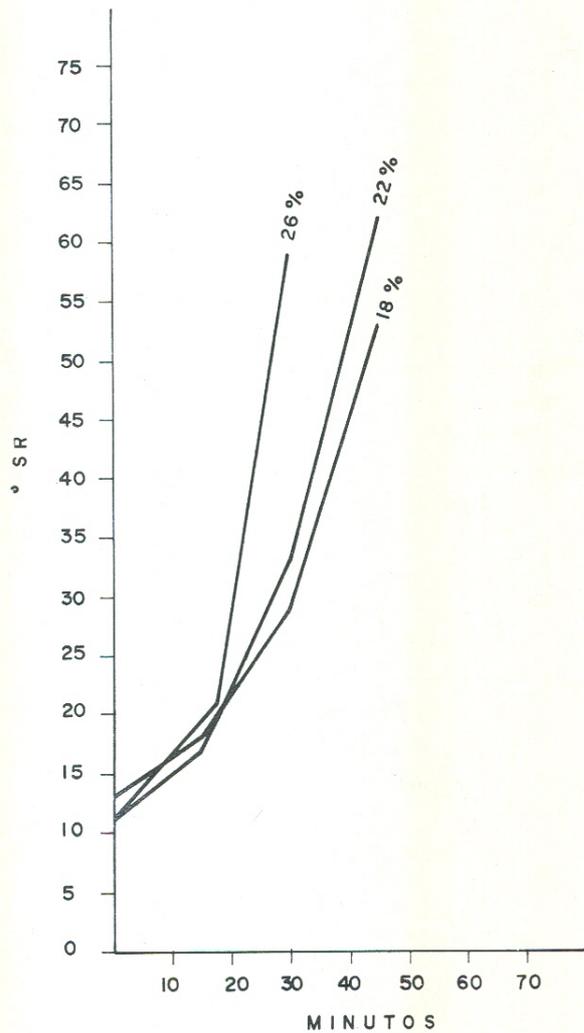


GRÁFICO VI

Os resultados obtidos são demonstrados nas tabelas n.ºs. IX, X, XI e XII.

As características mecânicas das pastas cruas e alvejadas dos bambus do Estado do Acre no que diz respeito a auto-ruptura e estouro se equivalem aos das pastas das folhosas. Entretanto, as resistências ao rasgo são semelhantes e algumas vezes superiores aos dos resinosos. Em relação as dobras -duplas os valores apresentados estão na mesma escala dos encontrados nas essências de fibra curta, sendo no entanto, inferior aos das madeiras de fibra longa.

Os papéis dos bambus são porcosos e esponjosos e apresentam uma transparência nublada; para certas fabricações são necessários visarem um refino de pasta com aparelhos que forneçam os cortes de fibras ou em misturas com pastas de fibras curtas. As pastas de bambu constituem então, um complemento propício as pastas de folhosas ou de palhas.

Considerando os parâmetros de fabricação, observa-se que os papéis provenientes

**BAMBU — SODA/ENXOFRE — 155° C**  
 MOAGEM NO "JOKRO"  
 PASTA ALVEJADA  
 PROCESSO C.E.D.P.D.

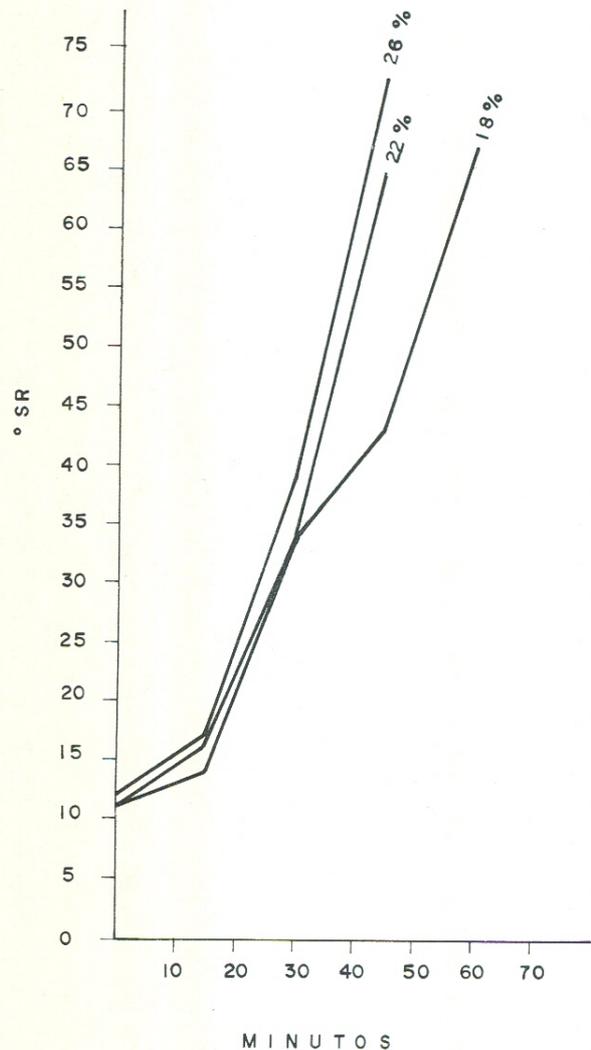
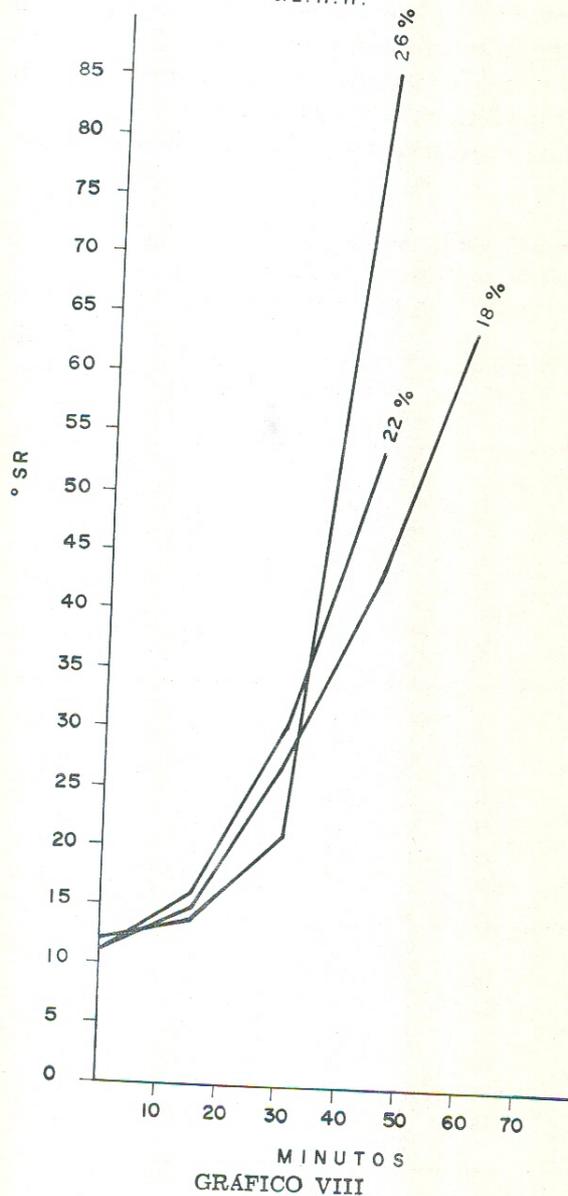


GRÁFICO VII

**BAMBU — SODA/ENXOFRE — 155° C**  
**MOAGEM NO "JOKRO"**  
**PASTA ALVEJADA**

PROCESSO C.E.H.H.



MINUTOS  
**GRÁFICO VIII**

das cocções a 155° C com 3 horas de patamar, apresentaram as suas resistências moderadamente superiores aos verificados para os cozimentos a 170° C, significando que se poderá rebaixar de alguns pontos a temperatura de cocção rápida sem afetar as características mecânicas dos papéis.

No que diz respeito aos percentuais de álcali, as resistências das pastas decresceram, da menor para a maior quantidade de NaOH introduzido, o que é normal, em razão

Características papeleiras...

das características do ataque com maior quantidade de NaOH causarem freqüentemente uma maior degradação da celulose.

Em que concerne os alvejamentos, as pastas alvejadas em cinco fases forneceram papéis que apresentaram uma nítida vantagem em comparação aos das pastas branqueadas com o hipoclorito, por serem os agentes químicos, bióxido de cloro e peróxidos, mais seletivos e atacarem a celulose com menor intensidade do que normalmente o observado no alvejamento C.E.H.H.

A análise das características mecânicas dos papéis refinados entre os equipamentos, evidencia que as pastas engrossadas nos moinhos "Bauer" e "Jokro" apresentaram resistências superiores aos das pastas refinadas no moinho "Holandesa" e, entre múltiplos fatores que influenciaram nesta ocorrência, devem ser levados em consideração a velocidade de refino e o ângulo de corte (Brecht, 1967).

Em relação aos processos de fabricação, as resistências das pastas cruas obtidas pelo processo à Soda são mais fracas do que as conseguidas pelo processo Soda/Enxofre. Esta diferença também foi observada para as pastas alvejadas (Ver Quadro n.º III).

**OBTENÇÃO DE PASTAS DE ALTO REDIMENTO DO BAMBU**

As amostras do bambu do Estado do Acre foram tratadas pelos procedimentos Semiquímico e Mecano-químico, visando a obtenção de pastas de alto rendimento.

**Pasta semiquímica do bambu**

O processo utilizado para o ensaio de fabricação desta categoria de pasta foi o N.S.S.C. e as seguintes condições de tratamentos foram estabelecidas:

Cozimento N.º	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> %	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> %	Patamar interdiário	Patamar definitivo	Diluição
307	24	8			
308	18	6	1 h - 110°C	3 h - 165°C	4,5: 1

Os resultados dos cozimentos N.S.S.C. são mostrados na Tabela n.º XIII.

Os bambus estudados são facilmente tratados pelo procedimento ao sulfito neutro e apresentaram seu índice de deslignificação alto, com um N.º de  $KMnO_4$  com resultados muito baixos para este tipo de cocção.

Ao contrário do que se observa com as madeiras cujas pastas obtidas por este procedimento ainda se apresenta bastante lignificada, necessitando para sua utilização de um tratamento mecânico complementar. As pastas dos bambus do Acre mostraram-se bem deslignificadas e no conjunto suas características se relacionam mais como pastas químicas

TABELA N.º IX — Características das pastas cruas dos cozimentos soda/enxofre do bambu do Estado do Acre, resultados interpolados a 45° SR, moagem na Holandesa, no Jokro e no Bauer.

Equipamento	Cozimento N.º	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m²	Estouro Kg/cm² 100g/m²	Dobras duplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %
Holandesa	300	4.098	48	0,6	4,0	33	18	24	1,4
	298	2.706	42	0,0	3,0	7	27	37	1,2
	296	2.550	36	0,0	2,0	10	27	36	1,2
	304	4.275	57	0,7	6,0	36	24	35	1,3
	303	4.022	57	0,9	5,0	63	26	35	1,6
	302	3.935	40	0,7	4,0	53	38	35	1,0
Jokro	300	5.297	162	4,0	74,0	9	23	33	2,5
	298	5.656	132	3,0	29,0	9	26	37	2,1
	296	5.553	115	2,0	18,0	6	30	34	2,0
	304	5.814	125	4,0	90,0	9	30	36	2,3
	303	5.091	161	3,5	96,0	52	23	37	2,7
	302	6.238	113	3,2	43,0	15	30	33	2,0
Bauer	300	5.613	160	3,1	216,0	16	20	43	2,0
	298	4.952	149	2,4	55,0	25	20	43	1,5
	296	5.196	118	2,5	40,0	21	24	37	1,2
	304	6.732	158	3,0	147,0	19	18	40	1,5
	303	5.382	154	3,0	143,0	54	23	43	2,0
	302	5.728	140	3,0	40,0	13	13	38	1,4

TABELA N.º X — Características das pastas cruas dos cozimentos à soda do bambu do Estado do Acre, resultados interpolados a 45° SR — moagem no Bauer.

Equipamento	Cozimento N.º	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m²	Estouro Kg/cm² 100g/m²	Dobras-Duplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %
Bauer	305	4.308	141	2,0	41,0	9	14	47	1,0
	306	4.645	145	1,4	43,0	5	13	33	1,0

cas do que pastas semiquímicas. As pastas são claras e em relação ao rendimento e dureza são semelhantes aos das pastas químicas Soda/Enxofre. As quantidades de SO<sub>2</sub> livre e combinado nas lixívias residuais não chegam a serem relevantes, que tornem as condições retidas proibitivas para o tratamento em termos de realização industrial.

### Clareamento das Pastas Semiquímicas do bambu

As pastas cruas obtidas dos cozimentos ao sulfito neutro foram submetidas a um processo de clareamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrogênio) usualmente aplicado para as pastas de alto rendimento com percentuais as-

QUADRO N.º III — Quadro comparativo das características de resistências das pastas cruas e alvejadas dos processos soda/enxofre e à soda refinadas em moinho Bauer.

#### PASTAS CRUAS

Processo	Cozimento N.º	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobras duplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %
Soda 22%-170°C	305	4.308	141	2,0	41,0	9	14	47	1,0
Soda/enxofre 22%-170°C	298	4.952	149	2,4	55,0	25	20	43	1,5
Soda/enxofre 22%-155°C	303	5.382	154	3,0	143,0	54	23	43	2,0

#### PASTAS ALVEJADAS

Processo	Cozimento N.º	Tipo de alvejamento	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobras Duplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %
Soda 22%-170°C	305	CEHH	1.719	34	0,0	1,0	Muito porosa	15	34	0,6
		CEDPD	1.610	40	0,0	1,0	2	18	39	1,0
Soda/enxofre 22%-170°C	298	CEHH	3.796	87	1,5	6,0	35	20	44	1,5
		CEDPD	4.578	62	1,2	5,0	11	22	37	1,3
Soda/enxofre 22%-155°C	303	CEHH	3.872	91	1,4	7,0	17	15	40	1,2
		CEDPD	4.380	83	2,0	6,0	29	16	32	1,0

**TABELA N.º XI — Características das pastas alvejadas dos cozimentos soda/enxofre do bambu do Estado do Acre, resultados interpolados a 45 °SR — Moagem no Jokro e Bauer.**

Equipamento	Cozimento N.º	Processo de alvejamento	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobraduplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %
Jokro	300	CEHH	4.807	102	2,5	13,0	4	19	33	2,0
		CEDPD	6.129	122	3,2	35,0	7	22	35	2,0
	298	CEHH	3.830	69	1,0	4,0	8	26	33	1,5
		CEDPD	3.613	51	0,7	3,0	28	25	33	1,6
	296	CEHH	2.840	39	0,0	2,0	6	28	36	0,6
		CEDPD	2.313	35	0,0	2,0	4	35	36	0,6
	304	CEHH	5.168	80	2,0	9,0	9	24	34	2,0
		CEDPD	5.928	86	3,0	18,0	15	28	35	2,0
	303	CEHH	3.498	57	1,0	3,0	10	25	35	1,2
		CEDPD	4.278	55	1,3	5,0	72	33	33	2,0
	302	CEHH	3.960	99	1,3	6,0	219	39	31	2,0
		CEDPD	3.922	53	1,0	3,0	32	37	32	1,0
Bauer	300	CEHH	5.392	102	2,0	15,0	22	20	35	1,3
		CEDPD	5.562	126	3,0	42,0	44	16	33	1,5
	298	CEHH	3.796	87	1,5	6,0	35	20	44	1,5
		CEDPD	4.578	62	1,2	5,0	11	22	37	1,3
	296	CEHH	4.604	70	1,3	3,0	6	25	36	1,0
		CEDPD	4.352	97	1,1	3,0	48	22	34	1,3
	304	CEHH	4.454	93	1,5	11,0	16	18	34	1,2
		CEDPD	5.055	96	2,3	21,0	18	18	34	1,4
	303	CEHH	3.872	91	1,4	7,0	17	15	40	1,2
		CEDPD	4.380	83	2,0	6,0	29	16	32	1,0
	302	CEHH	4.832	90	2,0	4,8	10	18	37	1,2
		CEDPD	5.452	75	2,0	8,0	29	20	39	1,3

centes, a fim de se analisar o comportamento evolutivo das alvuras frente a este clareante.

Os resultados dos clareamentos das pastas Semi-químicas são vistos na Tabela N.º XIV.

Como era esperado, a pasta proveniente do cozimento com maior percentagem de reagente ofereceu uma maior facilidade de clareamento e ao nível de 5% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> apresentou um Photovolt satisfatório ao contrário da pasta obtida com 18% Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e 6% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> cuja alvura apresentada no nível mais alto de

clareante pode ser considerada como medíocre.

#### Características Mecânicas das Pastas Semi-químicas do bambu

As pastas cruas e clareadas foram refinadas em moinho "Bauer", com a mesma metodologia aplicada para as pastas químicas, até atingir um grau de engorda desejado.

Os resultados dos ensaios das pastas cruas e clareadas são vistos nas Tabelas N.ºs. XV e XVI.

As resistências mecânicas das pastas cruas e clareadas são razoáveis, mas inferiores às apresentadas pelas pastas químicas.

Entre os tratamentos, observa-se que as resistências dos papéis obtidos das pastas fa-

bricadas com menor percentagem de reagentes foram melhores, tendo como único inconveniente de apresentar uma porosidade um tanto elevada, mas que não chega a ser um problema significativo na utilização dos papéis.

TABELA N.º XII — Características das pastas alvejadas dos cozimentos à soda do bambu do Estado do Acre, resultados interpolados a 45° SR — Moagem do Bauer.

Equipamento	Cozimento	Processo de alvejamento	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobraduplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %
Bauer	305	CEHH	1.719	34	0,0	1,0	Muito poroso	15	34	0,6
		CEDPD	1.610	40	0,0	1,0	1,4	18	39	1,0
	306	CEHH	2.754	75	0,0	2,0	4,0	21	38	1,2
		CEDPD	5.422	162	2,5	132,0	6,0	19	33	2,0

TABELA N.º XIII — Resultados dos cozimentos monossulfite (SO<sub>3</sub>Na<sub>2</sub> - CO<sub>3</sub>Na<sub>2</sub>) do bambu do Estado do Acre

N.º dos cozimentos	Patamar	SO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> %	CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> %	Rendimento		SO <sub>2</sub>		"Photovolt" alvura da pasta	Índice de KMnO <sub>4</sub> (40 cc)
				Bruto %	Depurado %	Livre g	Combinado g		
307	3h-165°C	24	8	44	43	0,035	0,028	55	19
308		18	6	42	41	0,029	0,011	49	24

TABELA N.º XIV — Resultados dos clareamentos (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) das pastas cruas dos cozimentos monossulfite do bambu do Estado do Acre.

N.ºs. dos cozimentos	1.º Ensaio: H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>			2.º Ensaio: H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>			3.º Ensaio: H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> int. %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> cons. %	"Photovolt" Alvura da pasta	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> int. %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> cons. %	"Photovolt" Alvura da pasta	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> int. %	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> cons. %	"Photovolt" Alvura da pasta
307	2,0	2,0	57	5,0	5,0	62	10,0	10,0	68
308	2,0	2,0	49	5,0	5,0	53	10,0	10,0	57

**TABELA N.º XV — Características das pastas cruas dos cozimentos monossulfite do bambu do Estado do Acre, resultados interpolados a 45° SR — Moagem no Bauer.**

Equipamento	N.ºs. dos cozimentos	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobras-duplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %
Bauer	307	5.011	127	1,6	72,0	18	9	30	1,0
	308	4.602	132	1,6	23,0	8	14	34	1,0

**TABELA N.º XVI — Características das pastas clareadas (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dos cozimentos monossulfite do bambu do Estado do Acre, resultados interpolados a 45° SR — Moagem no Bauer.**

Equipamento	N.ºs. dos cozimentos	Processo de clareamento	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobras-duplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %
Bauer	307	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4.404	109	2,0	21,0	6	12	30	1,7
	308		4.852	106	2,0	27,0	14	12	27	1,5

#### Pastas Alcalinas Mecano-Químico do bambu

Procedeu-se com as amostras do bambu do Estado do Acre ensaios de fabricação de pasta de alto rendimento por cocções alcalinas a baixa temperatura, seguido de uma passagem em desfibrador.

Três séries de cozimentos foram efetuados pelo método Soda/Enxofre. As quantidades de álcalis introduzidos variaram de 18% à 26%. Os estudos foram realizados com três diferentes temperaturas: à 100°C, 125°C e 135°C, com o tempo na temperatura de pátamar variando de 3 a 9 horas, em um cozinhador rotativo de 10 litros, aquecimento elétrico e 1 rpm.

Logo após ao término dos cozimentos foram retiradas uma pequena quantidade de lixívia para a determinação de NaOH residual. Em seguida os cavacos ainda impregnados foram lavados e encaminhados para o desfibrador Sprout Waldron Mod. D2-202, potência de desfibragem de 40 C.V., disco n.º 17.804, com afastamento dos discos na ordem de cinco

unidades de polegadas, para a obtenção de pastas. Os demais procedimentos foram idênticos aos efetuados para as pastas químicas para a determinação dos rendimentos brutos e depurados, rejeitos sobre a madeira seca, alvura das pastas e índices de KMnO<sub>4</sub>. Os resultados dos cozimentos Mecano-Químico do bambu estão indicados na Tabela N.º XVII.

Os resultados obtidos mostraram que é possível se obter dos bambus do Acre pastas Mecano-Químico por cocções alcalinas a baixa temperatura.

Analisando os parâmetros retidos em relação aos resultados apresentados, as seguintes considerações poderão ser feitas:

— No que diz respeito a percentagem de reagente introduzido, aquele que evidenciou ser mais aconselhável para obtenção desta categoria de pasta foi o cozimento efetuado a um nível de 18% de NaOH, por fornecer pastas com características nitidamente mecano-químico (alto rendimento e baixo grau de deslignificação). Os ensaios efetuados nos de-

TABELA N.º XVII — Resultados dos cozimentos mecano-químico do bambu do Estado do Acre.

Cozimento N.º	Patamar	NaOH %	S %	Índice de KMnO <sub>4</sub>	RENDIMENTO		NaOH g/l	"Photovolt" alvura da pasta
					Bruto %	Depurado %		
317	3h-135°C	26	2,6	26	40	40	18,0	52
318	5h-125°C	26	2,6	28	42	48	17,0	53
319	9h-100°C	26	2,6	29	48	48	14,0	49
320	3h-100°C	22	2,2	30	50	50	10,0	50
321	3h-100°C	18	1,8	39	59	59	6,0	49

mais níveis de NaOH apresentaram pastas de característica química com durezas elevadas;

— A temperatura mais adequada para o tratamento se situou ao nível de 100° C em razão de propiciar maiores acréscimos nos rendimentos e dá a celulose fabricada propriedades inerentes as pastas de alto rendimento;

— Pelos resultados apresentados nos diferentes tratamentos, pode-se concluir como aconselhável para a fabricação de pastas mecano-químico dos bambus as condições de tratamento retidas para o cozimento de n.º 321, o que em termos de realização industrial é uma vantagem, não somente pela rapidez do ciclo de cocção, como também por um menor dispêndio de calor;

— As pastas mecano-químico do bambu obtidas são susceptíveis de serem alvejadas por processo clássico (C.E.H.H.) ou em cinco fases (C.E.D.P.D.), porém a quantidade de cloro seria muito importante, o que torna proibitivo os seus empregos. Um simples clareamento com o hipoclorito poderia ser sugerido, porém o dispêndio de reativos seria ainda muito elevado.

É importante observar a possibilidade da cocção do bambu a 100°C e pressão atmosférica que é tecnologicamente vantajosa, uma vez que existem poucas matérias-primas fibrosas capazes de fornecerem, com condições bastantes simples pastas com qualidades sa-

tisfatórias. Esta possibilidade de cocção sem pressão, representa uma vantagem para as regiões como a Amazônia, onde se poderia implantar pequenas unidades integradas de pasta e papel, utilizando este procedimento de fabricação para a obtenção de papéis de embalagens.

#### Características das Pastas Cruas do Tratamento Mecano-Químico

As pastas cruas obtidas pelo procedimento Mecano-Químico foram refinadas em moinho "Bauer" a um grau de engorda superior a 45° SR.

Para a efetivação dos ensaios físico-mecânicos, procedeu-se de maneira análoga aos executados para as pastas químicas e semi-químicas. Os resultados estão consignados na tabela n.º XVIII.

Como se pode observar, as pastas cruas da amostra dos bambus do Acre, fabricadas pelo procedimento Mecano-Químico forneceram papéis, cujas resistências variaram de uma maneira geral em sentido inverso aos rendimentos, com exceção do fator rasgo que teve suas resistências variando no mesmo sentido, com valores crescentes acima de 100, credenciando esta matéria-prima poder ser utilizada na fabricação de papéis de embalagem, que exijam alta resistência nesta característica.

**TABELA N.º XVIII — Características das pastas cruas dos cozimentos mecano-químico do bambu do Estado do Acre. Resultados interpolados a 45 °SR — Moagem do Bauer.**

Equipamento	N.ºs. dos cozimentos	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobras-duplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %
Bauer	317	5.802	117	2,1	69,0	22	16	35	1,2
	318	5.458	122	3,0	65,0	87	14	34	1,7
	319	5.530	142	2,0	75,0	66	16	33	1,3
	320	5.265	160	2,4	73,0	8	14	41	1,6
	321	4.960	180	1,5	42,0	8	9	34	1,4

**TABELA N.º XIX — Característica da pasta mecânica do bambu do Estado do Acre a 80 °SR.**

Essência	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobras duplas N.º	Porosidade Seg/100c.c.	Lisura Seg/50c.c.	Maciez Seg/100c.c.	Alongamento %	Photovolt alvura da pasta
Bambu (essência verde)	1.044	23	0,0	0,0	2	5	41	0,3	55

#### Fabricação de pasta mecânica

Para o estudo de pasta mecânica, as hastes do bambu foram transformadas em palitos, obtendo-se cerca de 200 g de material por ensaio realizado. Em seguida os palitos foram submersos em água por um período de 12 horas e submetidos a teste de fabricação em desfibrador Sprout Waldron, Mod. D2-202, potência de desfibragem de 40 CV, disco n.º 17.804. Inicialmente o equipamento operou com os discos afastados de 30 unidades de polegadas para se obter a madeira parcialmente triturada.

Posteriormente, na obtenção das pastas o afastamento dos discos foi da ordem de 5 unidades de polegadas. Com o mesmo afastamento procedeu-se o refino da pasta a uma consistência de 2,5%, com passagem suces-

siva até a obtenção de um °SR superior a 50. Obteve-se folhas-de-ensaio com gramatura aproximada de 100 g/m<sup>2</sup> para avaliação das características mecânicas.

Os resultados estão na Tabela n.º XIX.

Como se verifica, com exceção do fator rasgo, cuja resistência apresentou a nível razoável, as demais podem ser consideradas medíocres, quando comparadas com as madeiras tradicionalmente utilizadas na obtenção de pasta triturada. Se eventualmente os bambus do Estado do Acre vierem a ser utilizados na obtenção de pasta mecânica, haverá necessidade de se incorporar à pasta fabricada uma percentagem de celulose de fibra longa, de coníferas, para melhorar as suas características mecânicas.

## POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DO BAMBU

Considerando os ensaios realizados e sabendo-se que uma área aproximada de 4.250.000 ha poderia ser constituída essencialmente de bambus, em decorrência da associação desta gramínea com a floresta tropical variar de 20% a 80%, para um total de 8.500.000 ha, calculou-se a potencialidade de utilização desta matéria-prima, simulando unidade de produção que venham a produzir pasta química alvejada, pastas semiquímicas ou pastas mecano-químicas com capacidade de produção hipotética 100, 500 e 1.000 toneladas/dia.

Para efetivação dos cálculos, levou-se em consideração os seguintes fatores:

a) Rendimento: 40% para as pastas químicas alvejadas, 42% para as pastas semiquímicas N.S.S.C. e 48% para as pastas alcalinas mecano-químicas.

b) Dias de fabricação: 350.

c) Rendimento do bambu (ton/hectare). Tomou-se a média da indústria indiana 1,8 ton/hectare (Tissot, 1970).

Os resultados dos cálculos são mostrados no Quadro n.º IV.

**QUADRO N.º IV — Potencialidade de utilização da floresta monovegetal dos bambus (8.500.000 ha)**

Especificação	Capacidade de produção t/dia	Área de exploração necessária ha/ano	Tempo de suprimento-ano
Pasta química alvejada	100	50.000	85
	500	250.000	17
	1000	500.000	8
Pasta semiquímica N.S.S.C.	100	46.000	92
	500	232.000	18
	1000	463.000	9
Pasta alcalina mecano-química	100	41.000	103
	500	203.000	20
	1000	406.000	10

Como se observa, a floresta monovegetal dos bambus do Acre tem condições de explotabilidade para assegurar o suprimento de futuras fábricas de pastas que venham localizar-se nessa região.

## CONCLUSÃO

Considerando o potencial da área coberta e os resultados dos ensaios realizados, pode-se concluir que os bambus do Estado do Acre são factíveis de serem utilizados na fabricação de pasta e papel, especialmente em unidades de produção que venham utilizar esta matéria-prima na obtenção de pasta de alto rendimento, destinado a manufatura de papéis de embalagem, constituindo assim fonte de atração para investimento naquela região.

## SUMMARY

Samples from Bamboo of the Acre Region were studied from the pulp and paper stand point. Short informations about the geographical distribution of this gramineous plant and its utilization in the pulp and paper industry principally in the asiatic mainland are given. General characteristics about required soil climate and relief so are evident. The valuations about the density, classification and micrometry of the fiber, qualities of the chemical, semichemical, chemimechanical and mechanical pulps, as well as the results of the bleaching, semibleaching and the rough calculation of the potencial utilization are showed. It fallows that Acre's Bamboos are feasible to make pulp and paper, principally in the manufacture of the paperboard.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE  
1975 — *Relatório Estatístico* (Mimiografado) 1-186.
- AZZINI, A.  
1976 — Influência das dimensões dos cavacos de *Bambusa vulgaris schrad* no rendimento, percentagem de rejeitos, número kappa e alvura da celulose obtida pelo processo sulfato. *O Papel*, São Paulo, 37 : 125-137, dezembro.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, PROJETO RADAM.

- 1976 — Levantamento de Recursos Naturais. V. — 10 — Folha S.A 21-Santarém, Geologia, Geomorfologia, Vegetação Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, p. 29.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

- 1977 — PROJETO RADAM (Mimiografado).

BRECHT, W.

- 1967 — A method for comparative evolution of bar equipped beating devices. TAPPI — Technical Association of the Pulp and Paper Industry, Atlanta, 50(8): 40A-44A.

CLARK V. d' A.

- 1962 — Effects of Fiber coarseness and length. I — Bulk, Burst, Fold and Tensile Tests TAPPI, (8): 45.

CORRÊA, A.A. & LUZ, C.N.R.

- 1976 — Essência Papeleira de Reflorestamento II — O Pinus caribaea (variedade hondurensis) introduzido na Amazônia. Acta Amazonica, Manaus, 6(1): 75-98.

DOAT, J.

- 1967 — Les Bambus, Source Eventuelle de Cellulose pour L'Afrique. Bois et Forêts des Tropiques, Nogent-sur-Marne, (113): 41-59.

HUBERMAN, M.A.

- 1959 — La Silvicultura del Bambú. Unasylva, Roma, 13(1):36-43.

LE COINTE, P.

- 1947 — Amazônia Brasileira. III. Árvores e Plantas Úteis (indígenas e aclimatadas),

nomes vernáculos e nomes vulgares. Classificação botânica, habitat, principais aplicações e propriedades. 2.ª ed São Paulo, Companhia Editora Nacional. p. 443, 444, 455.

MAZZEI, F.M. & OVERBECK, W.

- 1966 — Investigação da influência da idade nos característicos físicos e químicos do lenho e das plantas celulósicas de Eucalyptus saligna. Publicação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, (758): 1-29.

MAZZEI, F.M. & REDKO, B.V.P.

- 1967 — Celulose para papel a partir do Bambu. Publicação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo (796): 1-7.

REDKO, B.V.P. & NISHIMURA, M.

- 1972 — Celulose de Bambu. O Papel, (33): 38-44, abril.

TISSOT, M.

- 1970 — Le bambou, matière première pour l'industrie papetière indienne. Bois et Forêts des Tropiques, Nogent-sur-Marne, (129): 21-45.

WAYMAN, M.

- 1973 — Información técnica sobre materias primas y fabricación de pasta y papel in guía para planificar empresas y fabricas de pasta y papel — organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma — p. 275-290.