

ISSN 0100-8102

Boletim de Pesquisa

Março, 1987

Número 82

**POLPAS BRANQUEADAS DE MISTURAS DE
MADEIRAS DA AMAZÔNIA**



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU
Belém PA

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente : José Sarney

Ministro da Agricultura :

Iris Rezende Machado

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA

Presidente :

Ormuz Freitas Rivaldo

Diretores :

Ali Aldersi Saab
Derli Chaves Machado da Silva
Francisco Ferrer Bezerra

Chefia do CPATU :

Emeleocípio Botelho de Andrade — Chefe
Paulo Choji Kitamura — Chefe Adjunto Técnico
Dilson Augusto Capucho Frazão — Chefe Adjunto de Apoio

ISSN 0100-8102

BOLETIM DE PESQUISA Nº 82

Março, 1987

POLPAS BRANQUEADAS DE MISTURAS DE
MADEIRAS DA AMAZÔNIA

Célio Francisco Marques de Melo
Sérgio de Mello Alves
Nelly Odane Rodrigues



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU
Belém, PA

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à
EMBRAPA-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n
Telefones: (091) 226-6622, 226-6612
Telex: (091) 1210
Caixa Postal 48
66240 Belém, PA

Tiragem: 500 exemplares

Comitê de Publicações:

Célio Francisco Marques de Melo (Presidente)
Francisco José Câmara Figueirêdo
João Olegário P. de Carvalho
Joaquim Ivanir Gomes
Jonas Bastos da Veiga (Vice-Presidente)
Milton G. da Costa Mota
Nazira Leite Nassar - Normalização (Secretária)
Paulo Choji Kitamura
Raimundo Freire de Oliveira
Ruth de Fátima Rendeiro Palheta - Revisão Gramatical

Apoio datilográfico:

Bartira Franco Aires Ewerton
Francisco José Farias Pereira

Melo, Célio Francisco Marques de

Polpas branqueadas de misturas de madeiras da Amazônia, por
Célio Francisco Marques de Melo, Sérgio de Mello Alves e Nelly
Odane Rodrigues. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1987.

24p. il. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 82).

1. Madeira - Polpa - Branqueamento - Brasil - Pará. 2. Pol
pa de Madeira - Tecnologia. I. Alves, Sérgio de Mello. II. Ro
drigues, Nelly Odane. III. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agrop
cuária do Trópico Úmido, Belém, PA. IV. Título. V. Série.

CDD: 676.4098115

S U M Á R I O

INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
CONCLUSÕES	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

POLPAS BRANQUEADAS DE MISTURAS
DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA

Célio Francisco Marques de Melo¹
Sérgio de Mello Alves¹
Nelly Odane Rodrigues²

RESUMO: Com o objetivo de verificar a viabilidade técnica e econômica do branqueamento de polpas sulfato de misturas de madeiras ocorrentes ao longo das rodovias Santarém-Cuiabá e Transamazônica, no Estado do Pará, foram realizados 24 branqueamentos, pelo processo em três etapas C.E.H. Concluiu-se que as misturas estudadas podem fornecer papéis branqueados com regulares características de resistências a auto-ruptura, estouro, dobras e rasgo e elevado grau de brancura quando utilizadas as seguintes condições operacionais: Cloração - quantidade de cloro, 35% do número de permanganato; consistência da polpa, 4%; tempo de cloração, 30 minutos e temperatura ambiente, 26°C. Extração Alcalina - soda aplicada, 1,3% sobre a polpa seca; consistência da polpa, 6%; tempo de extração, 60 minutos e temperatura, 50°C. Hipocloração - hipoclorito de sódio aplicado, 25% do número de permanganato; consistência da polpa, 6%; tempo de cloração, 120 minutos e temperatura, 50°C.

Termos para indexação: branqueamento, polpas sulfato, misturas de madeiras, processo em três etapas, papel.

¹ Quím. Industr. M.Sc., EMBRAPA-CPATU. Caixa Postal, 48. CEP 66240. Belém, PA.

² Eng. Quím. Bolsista CNPq/EMBRAPA-CPATU.

BLEACHED PULPS OF WOOD MIXTURES

ABSTRACT: The technical and economical viability for bleaching for sulfate pulps of mixtures from woods occurring along -side Santarem-Cuiaba and Transamazonica highways in the Para State, was tested through twenty-four bleachings by using the C.E.H. three-stages process. The author concluded that the mixtures used can provide bleached papers with regular characteristics of resistance and selfbreakage, burst, double folding and tear, besides a high brightness, if the following conditions were used: **Chlorination** - amount of chlorine equivalent to 35% of permanganate number; pulp consistency - 4%; time of chlorination - 30 minutes under a environmental temperature of 26°C. **Alkali Extraction** - 1,3% of sodium hydroxide used; pulp consistency - 6%; time of extraction - 60 minutes under a environmental temperature of 50°C. **Hypochlorination** - sodium hypochlorite used equivalent to 25% of permanganate number; pulp consistency - 6%; time of chlorination - 120 minutes under a environmental temperature of 50°C.

Index terms: bleaching, sulfate pulps, woods mixtures, three-stages process, paper.

INTRODUÇÃO

O interesse pelo aproveitamento de madeiras da floresta amazônica para produção de celulose e papel data de 1954. Com efeito, a antiga Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), hoje Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), patrocinou a realização de um estudo, em escala semi-industrial, de polpagem de uma mistura de onze espécies amazônicas, pela Sociedade Isorel, em Casteljaloux - França. O processamento utilizado para a desintegração da madeira foi o "Isogrand" (Villiere 1955).

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo (IPT), o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e os órgãos regionais de pesquisa, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU),

através de trabalhos levados a efeito por seus pesquisadores, contribuíram ponderavelmente para um melhor conhecimento das possibilidades papeleiras das essências amazônicas isoladamente ou em mistura, devendo-se realçar os trabalhos de Moura (1959), Overbeck (1968), Carvalho (1970), Azevedo Corrêa (1970, 1972, 1974), Ribeiro e Luz (1973) e Melo et al. (1971a, 1971b, 1974), Melo e Hühn (1974), Melo e Wisniewski (1976), Melo e Gomes (1979).

Mais recentemente, estudos conclusivos levados a efeito no Brasil e no exterior viabilizaram a implantação das primeiras unidades de produção de pastas, polpas e papel com base em matéria-prima heterogênea extraída de florestas tropicais nativas. Nesse contexto devem ser lembrados os trabalhos realizados por Petroff et al. (1971) e Petroff (1972) na República dos Camarões; Philips e Balodis (1975), Philips e Logan (1976), Philips (1977), Logan e Philips (1975) e Logan et al. (1978), na Papua - Nova Guiné; Azevedo Corrêa (1974), no maciço florestal ao longo da rodovia Manaus-Itacoatiara, Estado do Amazonas e, ainda, por Melo (1979, 1983), o estudo das formações florestais situadas ao longo das rodovias Santarém-Cuiabá e Transamazônica, no Estado do Pará.

Este trabalho contempla o estudo das condições de branqueamento, pelo método C.E.H., das polpas obtidas pelo processo "Sulfato", de misturas de madeiras ocorrentes nas rodovias Santarém-Cuiabá e Transamazônica, constituindo-se em um complemento às pesquisas realizadas por Melo (1979, 1983) como contribuição à avaliação das possibilidades papeleiras da floresta amazônica.

MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado foi obtido no Laboratório de Bioquímica e Tecnologia da EMBRAPA-CPATU através do cozimento, pelo processo Sulfato, de misturas de madeiras da Amazônia, ocorrentes nas rodovias Santarém-Cuiabá e Transamazônica, Melo (1979, 1983). As condições e resultados desses cozimentos são vistos na Tabela 1.

TABELA 1 - Condições e resultados dos cozimentos de misturas de madeiras ocorren-
tes nas rodovias Santarém-Cuiabá e Transamazônica.

Referência	A.A. %	S %	Tempo min.	Temp. °C	Dil. lix./mad.	A.A.R. %	Rejeito %	Rend. %	N.P. -	
M I S T A U R A	Coz.A ₁	22	25	60	170	4:1	8,92	0,18	42,18	11,74
	Coz.A ₂	20	25	60	170	4:1	6,98	0,23	43,00	15,14
	Coz.A ₃	20	25	30	170	4:1	8,20	0,47	43,89	17,15
M I S T B U R A	Coz.B ₁	22	25	60	170	4:1	8,31	0,30	43,02	14,82
	Coz.B ₂	20	25	60	170	4:1	7,04	0,25	43,53	15,88
	Coz.B ₃	20	25	30	170	4:1	7,81	1,03	44,17	18,75
M I S T C U R A	Coz.C ₁	22	25	30	170	4:1	9,37	1,11	45,40	17,58
	Coz.C ₂	20	25	60	170	4:1	5,98	0,63	41,39	17,90
	Coz.C ₃	18	25	60	170	4:1	5,32	0,76	40,56	17,69
M I S T D U R A	Coz.D ₁	18	25	30	170	4:1	6,38	2,25	43,31	13,81
	Coz.D ₂	16	25	60	170	4:1	5,07	1,05	43,03	14,60
	Coz.D ₃	16	25	30	170	4:1	5,93	2,18	42,84	16,12

A.A. - Álcali ativo
S. - Sulfidez
Temp. - Temperatura
min. - minuto
Dil. - Diluição
Coz. - Cozimento

lix./mad. - lixívia/madeira seca
A.A.R. - Álcali Ativo Residual
Rend. - Rendimento
N.P. - Número de Permanganato

Os valores contidos na Tabela 2, a seguir, referem-se às médias dos ensaios físico-mecânicos das polpas não branqueadas, de cada mistura. Estes ensaios foram realizados à temperatura de $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $55 \pm 2\%$.

TABELA 2. Valores médios dos ensaios físico-mecânicos das polpas não branqueadas.

Referência	Auto-ruptura m	Estouro kg/cm ²	Rasgo g	Dobras duplas nº
Mistura A	5.048	3,23	130,15	20,6
Mistura B	5.405	3,54	123,36	26,3
Mistura C	5.163	3,21	116,80	21,3
Mistura D	6.380	4,24	123,90	100,7

As misturas denominadas A, B e C referem-se a madeiras da rodovia Santarém-Cuiabá (SUDAM 1974), e a D, a madeiras da rodovia Transamazônica (SUDAM 1974), as quais são identificadas a seguir:

Mistura A - Admite a polpagem das madeiras de todas as espécies de maior frequência, em mistura, na mesma proporção de participação na formação do volume total da madeira, por unidade de área (70 espécies). Essa mistura, portanto, não exclui as madeiras nobres, adequadas para serraria e, na verdade, ela constitui, no presente estudo, apenas uma mistura de referência.

Mistura B - Engloba somente as espécies não tradicionalmente utilizadas para fins de beneficiamento em serraria, laminação e outros (49 espécies).

Mistura C - Admite a mistura e polpagem de todas as espécies incluídas na mistura A, entretanto, as madeiras aptas para beneficiamento em serraria, somando 21 espécies, de acordo com a mistura B, entrando nas misturas na proporção de apenas 30% do volume de participação na formação da floresta.

Mistura D - Engloba somente as espécies não tradicionalmente utilizadas para fins de beneficiamento em serraria, laminação e outros (57 espécies).

A seleção dos cozimentos foi feita em função do número de permanganato levando-se em conta que, via de regra, a redução do teor de lignina da polpa através do processo de cozimento é economicamente mais vantajosa do que pelo processo de branqueamento com compostos clorados.

O branqueamento das polpas cruas foi realizado através do processo em três etapas (C.E.H.), por ser o mais indicado para polpas Sulfato (Casey 1966), a saber:

Cloração - A cloração foi realizada utilizando-se água de cloro obtida através da passagem do gás cloro em água, embora ela apresente a desvantagem da instabilidade do cloro ativo.

Devendo-se usar uma quantidade de cloro suficiente para dissolver o máximo de lignina possível, com o mínimo de degradação da fração de carboidratos, essa quantidade foi determinada a partir do número de permanganato - $0,35 \times NP$.

Devido à baixa solubilidade do cloro em água e a não aplicação de calor, as polpas foram cloradas a uma consistência de 4%.

O tempo de cloração foi de 30 minutos à temperatura ambiente ($26^{\circ}C$). Nenhum controle foi feito para regular o pH da cloração, o qual assumiu um valor ditado pela concentração inicial do cloro presente e pelo ácido clorídrico produzido nas reações.

Extração Alcalina - O objetivo desta segunda etapa é remover as cloroligninas formadas durante a cloração e que são solúveis em meio alcalino. Sendo um processo principalmente físico, são de grande importância a temperatura, a alcalinidade e o tempo empregado. Assim, as condições utilizadas na extração alcalina foram as seguintes: soda aplicada, 1,3% e 1,5% sobre a polpa seca; consistência da polpa, 6%; tempo de extração, 60 minutos e temperatura, $50^{\circ}C$.

Hipocloração - Após a cloração e a extração alcalina a polpa apresenta-se ainda com uma cor escura, devido à presença de corantes e de cloroligninas residuais. A função do hipoclorito é de remover por oxidação essas

substâncias. Desse modo, utilizou-se hipoclorito de sódio em quantidades correspondentes a 25% e 30% de cloro sobre o número de permanganato.

O tempo de hipocloração foi de 120 minutos à 50°C, a consistência da polpa de 6% e o pH final mantido acima de 9 através da adição, quando necessária, de pequenas quantidades de carbonato de sódio.

As polpas, assim obtidas, foram lavadas, secas ao ar, refinadas a diferentes °SR em moinho JK/6, tipo JOKRO, e retiradas as folhas em formador FSS/2 (Tipo Köethen Rapid).

Para cada cozimento foram realizados dois branqueamentos com diferentes quantidades de soda, na extração alcalina, e de hipoclorito de sódio, na hipocloração, perfazendo um total de 24.

Os ensaios físico-mecânicos, realizados nas mesmas condições usadas para as polpas não branqueadas, ou seja, temperatura de 21 + 2°C e umidade relativa do ar a 55 + 2%, constaram de auto-ruptura, estouro, dobras e rasgo.

O delineamento utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado, com dez repetições para as variáveis estouro, ruptura e dobras e cinco repetições para a variável rasgo.

Os valores relativos à variável dobras, por não apresentarem distribuição normal, foram corrigidos pela expressão $\sqrt{x + 0,5}$, onde x é o número de dobras.

Os tratamentos foram formados por parte das combinações dos seguintes fatores: a. Concentração de álcali ativo: 16, 18, 20 e 22%; b. Tempo de cozimento: 30 e 60 minutos; c. Tipo de branqueamento: 1) 0,35 x NP de cloro, 1,5% de soda e 0,30 x NP de hipoclorito de sódio; 2) 0,35 x NP de cloro, 1,3% de soda e 0,25 x NP de hipoclorito de sódio, conforme pode-se observar na Tabela 3.

Para as comparações entre médias de tratamentos utilizou-se o teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3. Combinação dos fatores, concentração de álcali ativo, tempo de cozimento e tipo de branqueamento.

Mistura	Cozimento		Branqueamento
	Alcali Ativo %	Tempo min.	Tipo
A	22	60	1
	22	60	2
	20	60	1
	20	60	2
	20	30	1
	20	30	2
B	22	60	1
	22	60	2
	20	60	1
	20	60	2
	20	30	1
	20	30	2
C	22	30	1
	22	30	2
	20	60	1
	20	60	2
	18	60	1
	18	60	2
D	18	60	1
	18	60	2
	16	60	1
	16	60	2
	16	30	1
	16	30	2

Como os cozimentos usados foram diferentes para cada mistura, foi utilizado o modelo hierárquico para a análise da variância das diferentes variáveis de resposta, sendo cozimento um subfator de mistura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 reúne as condições e os resultados dos branqueamentos efetuados com as misturas A, B, C e D, nas seguintes condições operacionais: cloração, 0,35 x NP; extração alcalina, 1,5% de soda e hipocloração, 0,30 x NP.

Os resultados contidos na Tabela 4 mostram que as percentagens de soda consumida na fase da extração alcalina e, de hipoclorito de sódio, na fase de hipocloração, situaram-se a níveis relativamente baixos levando os autores a realizar novos branqueamentos, mantendo a mesma quantidade de cloro na fase de cloração e aplicando, dessa vez, 1,3% de soda e 0,25% x NP de hipoclorito de sódio, respectivamente, nas fases de extração alcalina e de hipocloração. Os resultados são vistos na Tabela 5.

A análise dos valores contidos na Tabela 5 permite concluir que os melhores resultados em termos de menor consumo de reagente químico, rendimentos mais elevados e maior grau de brancura, foram obtidos nas condições anteriormente descritas.

As médias dos resultados dos ensaios físico-mecânicos correspondentes às misturas A, B, C e D, encontram-se na Tabela 6.

A mistura B, de um modo geral, apresenta valores mais elevados embora, estatisticamente, seja igual à mistura C com referência às variáveis ruptura, dobras e rasgo e igual à mistura D em relação à variável dobras.

As variáveis ruptura e rasgo das misturas B e C não apresentaram diferenças significativas. Com relação à variável dobras as misturas B, C e D são estatisticamente iguais e, a variável estouro, da mistura B é superior às demais.

A Tabela 7 apresenta as comparações entre médias de cozimento dentro de cada mistura, segundo os mesmos critérios observados para as misturas.

TABELA 4 - Quantidades de cloro, soda cáustica e hipoclorito de sódio aplicados e consumidos e resultados de pH, rendimento e grau de brancura. Misturas A, B, C e D.

Referência	Cloração			Ext. alcalina			Hipocloração			pH		Rendimento (%)	Grau de Brancura* Photovolt		
	Cloro aplic. (g)	Cloro cons. (g)	Cloro cons. (%)	Soda aplic. (g)	Soda cons. (g)	Soda cons. (%)	Hipoc. aplic. (g)	Hipoc. cons. (g)	Hipoc. cons. (%)	Cloração calina	Ext. Al- Hipocloração				
M I	COZ.A ₁	6,16	5,73	93,02	2,25	1,64	72,89	5,28	3,27	61,93	0,7	11,1	11,1	90,23	87,2
S T A U	COZ.A ₂	7,95	6,44	81,00	2,25	1,55	68,89	6,81	3,36	49,34	1,3	11,2	11,7	93,40	87,0
R A	COZ.A ₃	9,00	8,28	92,00	2,25	18,5	82,22	7,71	2,89	37,48	1,3	9,2	12,0	90,80	87,5
M I	COZ.B ₁	7,78	7,13	91,64	2,25	1,65	73,33	6,67	3,78	56,67	1,0	11,2	11,5	88,62	85,3
S T B U	COZ.B ₂	8,34	7,15	85,73	2,25	1,71	76,00	7,14	3,55	49,72	1,4	10,7	12,2	93,33	86,8
R A	COZ.B ₃	9,84	9,19	93,39	2,25	2,06	91,55	8,43	5,85	69,39	1,3	9,8	12,3	93,20	88,5
M I	COZ.C ₁	9,22	8,25	89,49	2,25	1,83	81,33	7,90	4,40	55,70	1,4	10,0	12,0	89,93	87,5
S T C U	COZ.C ₂	9,28	8,24	88,79	2,25	1,78	79,11	7,96	3,10	38,94	1,5	9,4	12,1	93,20	89,0
R A	COZ.C ₃	9,39	8,24	87,75	2,25	1,90	84,44	8,05	5,84	72,55	1,3	9,6	12,2	92,93	88,5
M I	COZ.D ₁	7,24	6,24	86,19	2,25	1,71	76,00	6,23	3,32	53,46	1,4	11,0	11,7	91,00	86,0
S T D U	COZ.D ₂	7,66	6,36	83,03	2,25	1,59	70,67	6,57	3,45	52,51	1,6	11,1	12,0	90,27	86,0
R A	COZ.D ₃	8,46	7,52	88,89	2,25	1,23	54,67	7,25	4,35	60,00	1,4	10,2	11,9	88,20	85,5

applic. - aplicado cons. - consumido Ext. - Extração Hipoc. - Hipoclorito

* A determinação do grau de brancura foi realizada na Seção de Celulose e Papel do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.

TABELA 5 - Quantidades de cloro, soda cáustica e hipoclorito de sódio aplicados e consumidos e resultados de pH, rendimento e grau de brançura. Misturas A, B, C e D.

Referência	Cloração		Ext. alcalina		Hipocloração			pH		Rendimento (%)	Grau de Brançura* Photovolt				
	Cloro aplic. cons. (g)	Cloro cons. (%)	Soda aplic. cons. (g)	Soda cons. (%)	Hipoc. aplic. (g)	Hipoc. cons. (g)	Hipoc. cons. (%)	Ext. Al- calina	Hipocloração						
M I S	COZ.A ₁	6,16	5,32	86,36	1,95	1,32	67,69	4,40	4,02	91,36	1,9	10,9	11,7	94,60	88,5
T U R A	COZ.A ₂	7,95	6,65	83,65	1,95	1,46	74,87	5,67	4,07	71,78	1,3	10,5	11,8	94,47	90,0
M I S	COZ.A ₃	9,00	8,99	99,90	Toda consumida		6,43	5,80	90,20	1,3	8,4	11,9	11,9	91,60	87,5
T U R A	COZ.B ₁	7,78	6,74	86,63	1,95	1,53	78,46	5,55	3,98	71,71	1,8	10,0	11,9	95,20	88,5
M I S	COZ.B ₂	8,34	7,44	89,20	1,95	1,46	74,87	5,95	4,82	81,00	1,2	10,7	11,9	94,00	87,6
T U R A	COZ.B ₃	9,84	9,34	94,92	1,95	1,76	90,26	7,03	5,55	78,95	1,8	9,0	12,5	90,06	89,0
M I S	COZ.C ₁	9,22	7,85	85,14	1,95	1,74	89,23	6,59	5,73	86,95	1,1	9,0	11,9	93,00	87,0
T U R A	COZ.C ₂	9,28	8,42	90,73	1,95	1,82	93,33	6,63	5,15	77,68	1,3	9,3	12,3	90,06	89,0
M I S	COZ.C ₃	9,39	8,51	90,82	1,95	1,75	89,74	6,70	5,62	83,88	1,7	8,4	12,1	91,93	88,0
T U R A	COZ.D ₁	7,24	6,66	92,00	1,95	1,55	79,49	5,17	3,71	71,76	1,6	10,2	11,8	91,07	88,0
M I S	COZ.D ₂	7,66	6,72	87,73	1,95	1,39	71,28	5,47	4,27	78,06	0,8	10,5	11,8	90,80	88,0
T U R A	COZ.D ₃	8,46	7,60	89,83	1,95	1,67	85,64	6,04	4,77	78,97	1,4	9,3	11,7	89,90	87,5

aplic. - aplicado cons. - consumido

* A determinação do grau de brançura foi realizada na Seção de Celulose e Papel do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Ext. - Extração Hipoc. - Hipoclorito

TABELA 6. Médias dos valores dos ensaios físico-mecânicos das polpas branqueadas.

Referência	Auto-ruptura m	Estouro kg/cm ²	Rasgo g	Dobras duplas nº
Mistura A	1.541	0,737	42,45	7,58
Mistura B	2.179	0,981	53,63	11,50
Mistura C	2.138	0,832	55,06	10,21
Mistura D	2.012	0,835	51,46	9,75

Nota: Médias seguidas por um traço vertical não diferem entre si a nível de 95% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 7, que as maiores médias, para todas as variáveis, foram obtidas com o tratamento 20% AA e 30 minutos, dentro da Mistura B (Santarém-Cuiabá).

Para a Mistura D (Transamazônica) as maiores médias foram as obtidas com o tratamento 16% AA e 30 minutos.

A Tabela 8 apresenta as comparações entre as médias obtidas com a aplicação do branqueamento em função dos cozimentos adotados em cada mistura.

Analisando-se os resultados do cozimento com 20% AA e 30 minutos, referentes à mistura B, verifica-se que com exceção da variável rasgo, não existe diferença significativa entre os branqueamentos tipo 1 e 2. Os resultados correspondentes ao cozimento com 16% AA e 30 minutos, da mistura D, mostraram não haver diferenças significativas entre os branqueamentos tipo 1 e 2, para as variáveis dobras e rasgo.

Finalmente, a mistura B (Santarém-Cuiabá) apresentou, de um modo geral, os valores mais elevados e, dentro dessa mistura, o melhor cozimento foi o realizado com 20% de álcali ativo no tempo de 30 minutos. Como, com exceção feita para a variável rasgo, não existem diferenças significativas entre os branqueamentos 1 e 2 (Tabela 8) nas condições acima citadas, sugere-se, por motivo de economicidade, que seja utilizado o branqueamento tipo 2.

TABELA 8 - Comparação entre médias das variáveis físico-mecânicas obtidas de diferentes misturas e submetidas a dois tipos de branqueamento.

Mistura	Cozimento		Branqueamento	Variáveis			
	A.A(%)	T(min.)		Auto ruptura m	Estouro kg/cm ²	Dobras n ²	Rasgo g
A	22	60	1	603,4	0,360	1,0	21,53
	22	60	2	745,7	0,350	1,3	18,61
	20	60	1	1.485,0	0,667	6,1	41,89
	20	60	2	2.196,7	0,730	8,3	48,73
	20	30	1	1.491,6	1,130	10,6	58,90
	20	30	2	2.729,0	1,185	18,2	65,07
B	22	60	1	1.214,9	0,678	3,7	38,44
	22	60	2	2.093,6	0,734	8,8	46,22
	20	60	1	1.481,1	0,712	5,9	45,36
	20	60	2	2.825,7	1,032	12,2	53,63
	20	30	1	2.795,9	1,318	21,1	61,36
	20	30	2	2.664,8	1,413	17,3	76,77
C	22	30	1	1.647,7	0,912	8,3	50,88
	22	30	2	2.382,9	1,033	10,9	64,50
	18	60	1	2.802,4	1,149	21,8	58,92
	18	60	2	2.189,4	0,704	9,4	60,88
	20	60	1	1.824,5	0,510	4,6	35,39
	20	60	2	2.283,7	0,684	6,3	59,84
D	18	60	1	1.835,2	0,770	8,3	48,88
	18	60	2	1.676,7	0,413	5,1	37,20
	16	60	1	1.705,0	0,864	7,8	44,96
	16	60	2	2.360,7	0,763	14,1	58,63
	16	30	1	1.724,3	0,928	9,3	58,09
	16	30	2	2.769,4	1,272	13,9	61,03

Obs: Médias seguidas por um traço vertical não diferem entre si pelo teste de Duncan, a nível de 5% de probabilidade.

A.A - Álcali Ativo
T - Tempo
min. - minuto

Para a mistura D (Transamazônica), as melhores médias foram obtidas com o cozimento de 16% de álcali ativo e 30 minutos. Nessas condições observou-se que não existem diferenças significativas para as variáveis rasgo e dobras em relação aos tipos de branqueamento e, assim, sugere-se que seja utilizado, também, o branqueamento tipo 2, reforçado pelo fato de que os valores de resistência à auto-ruptura e estouro, para o tipo 2, foram significativamente superiores.

As Figs. 1 e 2, permitem que seja feita uma comparação visual mais adequada entre as resistências dos papéis branqueados e não branqueados, obtidos a partir das misturas A, B, C e D. Considerando que tanto o cloro como o hipoclorito atuam sobre a estrutura das cadeias dos carboidratos, com a conseqüente degradação da celulose, os valores mais baixos referentes às resistências físico-mecânicas das polpas branqueadas em relação às polpas cruas, são normais e eram esperados.

CONCLUSÕES

É perfeitamente viável o branqueamento pelo processo em três etapas C.E.H. (Cloração, Extração alcalina e Hipocloração), de polpas de misturas de madeiras ocorrentes ao longo das rodovias Santarém-Cuiabá e Transamazônica. Com efeito, utilizando-se as condições operacionais descritas no processo de branqueamento denominado tipo/2, pode-se obter papéis branqueados com elevado grau de brancura e rendimento e, ainda, com satisfatórias características de resistências à auto-ruptura, estouro, dobras e rasgo.

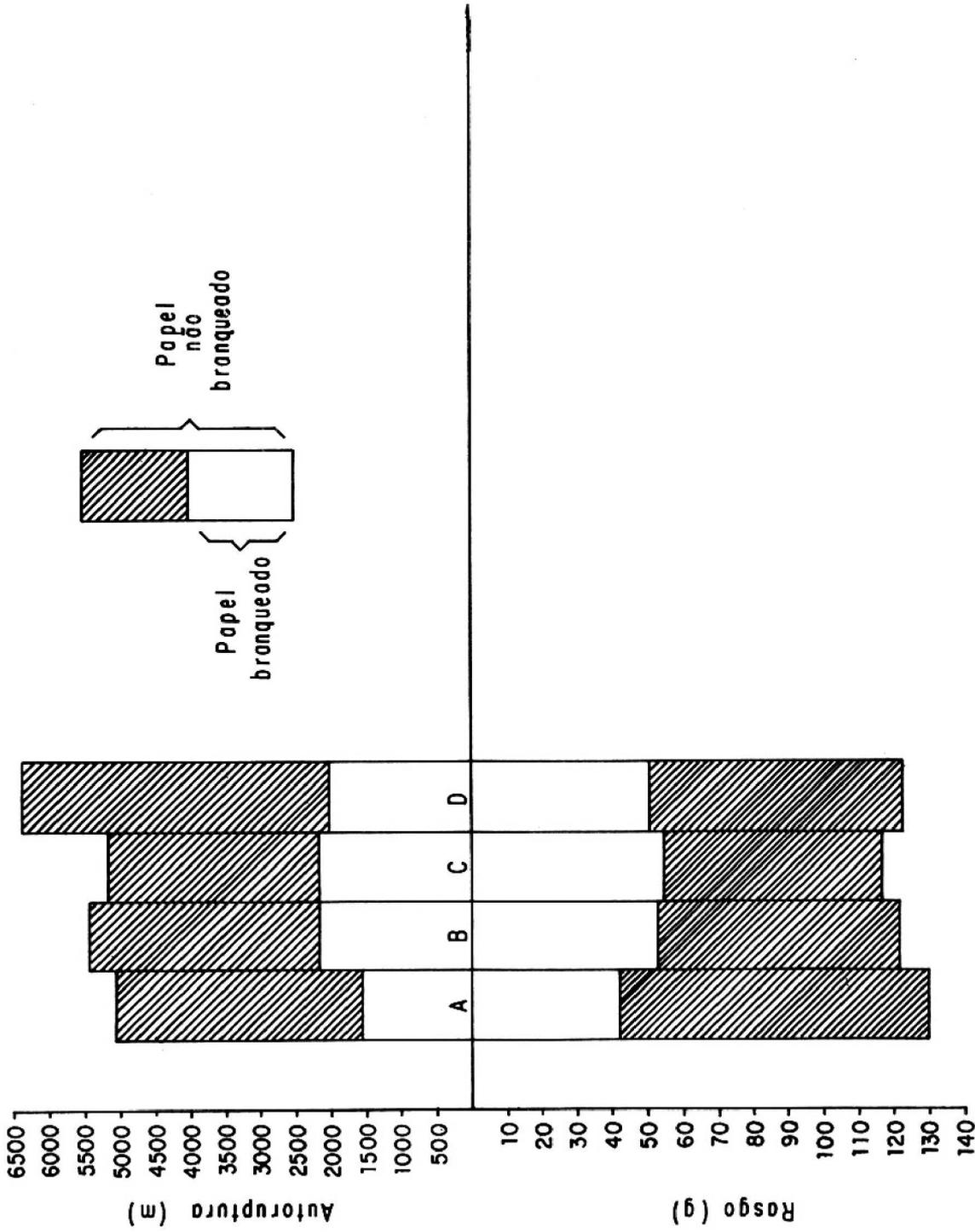


FIG. 1. Resistência à auto-ruptura e rasgo dos papéis branqueados e não branqueados.

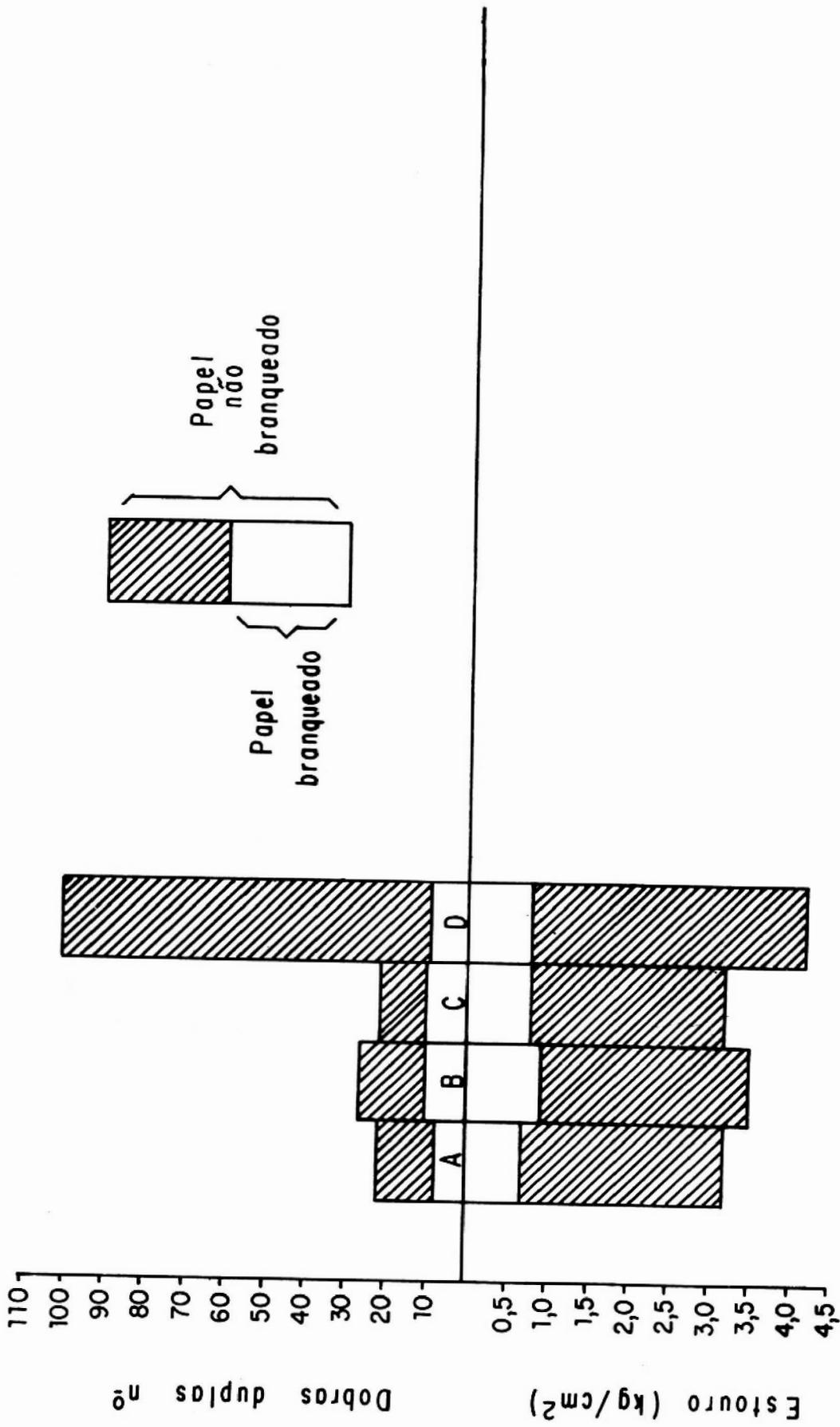


FIG. 2. Resistência a dobras e estouro dos papéis branqueados e não branqueados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO CORREA, A.; LOBATO, R. de F. **Estudo papeleiro de madeiras da Amazônia**, Manaus, INPA, 1970. 36p.
- AZEVEDO CORREA, A.; LOBATO, R. de F. O Marupá como essência papeleira de reflorestamento. **Acta Amaz.**, Manaus, 2(3):83-91, 1972.
- AZEVEDO CORREA, A.; LOBATO, R. de F. Estudo papeleiro de maciços florestais amazônicos, I. Maciço florestal da estrada Manaus-Itacoatiara. **Acta Amaz.**, Manaus, 4(2):23-46, 1974.
- CASEY, J.P. Pulping and bleaching. In: ———. **Pulp and paper chemistry and chemical technology**. 2. ed. New York, Interscience, 1966. v.1, 675p.
- CARVALHO, W.A.T. de. A tecnologia das matérias primas celulósicas brasileiras. I. Região Amazônica. **O Papel**, São Paulo, 31:27-44, 1970.
- LOGAN, A.F.; PHILLIPS, F.H. **The pulping and papermaking potential of tropical hardwoods; III Properties of pulps from wood chip mixtures representing block 2 in the Vamimo timber area, Papua New Guinea**. Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1975. 25p. (Division of Chemical Technology Technical Paper, 6).
- LOGAN, A.F.; PHILLIPS, F.H.; EDDOWES, P.J.; HARRIES, E.D.Z.; BAIN, R. B. **The pulping and papermaking potential of tropical hardwoods, V. Individual species from Papua New Guinea and their application in theoretical and simulated samples**. Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1978. 37p. (Division of Chemical Technology. Technical Paper, 9).
- MELO, C.F.M. de. Aproveitamento industrial da pimenta-do-reino: resultados, conclusões e recomendações. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (Belém, PA). **Projeto de Pesquisa 022.83.0210. Form 13 - Relatório**. Belém, 1986. p.2-8.

- MELO, C.F.M. de. **Potencial papeleiro do naciço florestal situado entre o Km 50 e 217 da rodovia Santarém-Cuiabá.** Curitiba, s.ed., 1979. 184p. Tese mestrado.
- MELO, C.F.M. de; ALVES, M.S.; DUARTE, M.L.; & SOUZA, H. **Madeiras tropicais para reflorestamento, celulose e papel.** Belém, IPEAN, 1971b. 75p. (IPEAN. Tecnologia, v.2, n. 1).
- MELO, C.F.M. de & GOMES, J.I. **Estudo químico e micrográfico de madeiras da Amazônia.** Belém, CPATU, 1979. 70p. (Comunicado Técnico, 19).
- MELO, C.F.M. de; HÜHN, S. **Polpas branqueadas de madeiras da Amazônia.** Belém, IPEAN, 1974. p.1-23 (IPEAN. Boletim Técnico, 61).
- MELO, C.F.M. de; SOUZA, H.B.; LOUREIRO, M.R.; WISNIEWSKI, A. **A "Ucumbá" como fonte de celulose para papel.** Belém, IPEAN, 1971a. 24p. (IPEAN. Tecnologia, v.2, n. 2).
- MELO, C.F.M. de; WISNIEWSKI, A. **Papel, um subproduto da heveicultura.** In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 9, São Paulo, 1976. Trabalhos Técnicos. São Paulo, ABCP, 1976. p.59-68.
- MELO, C.F.M. de; WISNIEWSKI, A. & ALVES, S. **Possibilidades papeleiras do Açaizeiro.** Belém, IPEAN, 1974, p.1-34 (IPEAN. Boletim Técnico, 63).
- MOURA, F.I. **Celulose e papel como essência da Amazônia.** *Tecnologia*, Rio de Janeiro, 2(2):63-91, 1959.
- OVERBECK, W. **Pastas celulósicas de madeiras da Amazônia.** São Paulo, IPT, 1968. (IPT. Publicações, 828).
- PETROFF, G. **La production de cellulose dans les pays de l'O.C.A.I.M. Bois Forêts Trop.**, Norgent Sur Marne, 143:35-44, 1972.
- PETROFF, G.; DOAT, J. & TISSOT, M. **Paper pulp characteristics of a heterogeneous tropical forests; The forest zone of EDEA in the Cameroons.** Norgent Sur Marne, Centre Technique Forestier Tropical, 1971. 189p.

PHILLIPS, F.H. **The pulping and papermaking potential of tropical hardwoods. IV. A quality assessment of pulps from the forest resource at Vanimo, Papua New Guinea.** Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1977. 31p. (Division of Chemical Technology Technical Paper, 8).

PHILLIPS, F.H.; BALODIS, V. **The pulping and papermaking potential of tropical hardwoods. II. Properties of pulps from wood chip mixtures representing block 6 in the Vanimo Timber Area, Papua New Guinea.** Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1975. 34p. (Division of Chemical Technology Technical Paper, 5).

PHILLIPS, F.H. & LOGAN, A.F. **Papua New Guinea hardwoods: future source of raw material for pulping and papermaking.** South Melbourne, CSIRO, 1976. 12p.

RIBEIRO, E.B.P. & LUZ, C.N.R. **A *Trema micrantha* (L) blume, como matéria prima para a produção de celulose.** *Acta Amaz.*, Manaus, 3(3):45-52, 1973.

SUDAM, (Belém, PA). **Levantamentos florestais realizados pela missão FAO na Amazônia (1956-1961).** Belém, Divisão de Documentação, 1974. v.1, 397p.

VILLIERE, A. **Le procédé "isogrand" pour le fabrication de pâte cellulosique a partir des bois feuillus.** *Bois Forêts Trop.*, (39):45-8, 1955.