

## RESUMO

Neste trabalho, são mostrados os resultados das pesquisas das madeiras da família Moraceae, sobre as suas qualidades papeleiras, comparadas com espécies papeleiras clássicas, para a produção de polpa, através do processo Soda-Aq. Preliminarmente, procurou-se na literatura, informações botânicas, florísticas e silviculturais, tanto das madeiras pesquisadas como das de comparação. Fez-se a determinação da composição química de todas as espécies. Procedeu-se ensaios de fabricação de pasta química-soda-Aq, para o conjunto das essências. Realizou-se os branqueamentos das polpas cruas pelos processos C.E.D.E.D., C.E.H.D.E.D. e D/C.E.D.E.D., para as polpas oriundas de todas as madeiras envolvidas na pesquisa. Efetuou-se os ensaios de refino e a caracterização das suas propriedades físico-mecânicas, tanto das polpas cruas como alvejadas. Nos ensaios efetuados são descritas as metodologias e discutidos os resultados. Inferiram-se várias conclusões, da qual a síntese é que dos indivíduos da família Moraceae pesquisados, o Amapá e a Imbaubarana, podem ser aconselhados como espécies papeleiras para reflorestamento.

## INTRODUÇÃO

Duas alternativas para o futuro:

As madeiras da floresta Amazônica como essências papeleiras de reflorestamento e o processo Soda-Antraquinona como eventual substituto do processo Kraft.

As madeiras da hileia Amazônica são densas e silicosas. Entretanto, algumas famílias como as das Moraceae, grande parte do elenco de seus gêneros caracterizam-se por terem densidades de médias para baixa e não apresentarem grandes teores de sílica, e mostrarem perspectivas de crescimento rápido em termos silviculturais.

Por outro lado, o processo Soda-Antraquinona tem sido, exaustivamente testado tanto no hemisfério norte como no sul. As conclusões dessas pesquisas nas suas linhas

---

(\*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, CP 478, 69011, Manaus-AM.

mestras mostram em que termos operacionais este processo pode substituir o processo Kraft com algumas vantagens significativas, tais como: melhoria na taxa de deslignificação, estabilização no rendimento, decréscimo nos rejeitos e ação benéfica sobre as resistências das polpas.

O mérito do processo Soda-Antraquinona frente a alguns indivíduos da família Moraceae da floresta Amazônica brasileira e algumas essências papeleiras clássicas introduzidas na região, é descrito neste trabalho, tendo como fundamento as qualidades das pastas e suas características papeleiras.

### Informações botânicas, florestais e silviculturais

No Quadro 1, apresenta-se as espécies pesquisadas, especificando a denominação vulgar, a nomenclatura botânica e a origem. Tratam-se de quatro espécies nativas e três exóticas. As nativas são da família Moraceae e as exóticas das famílias Rubiaceae, Myrtaceae e Verbenaceae, respectivamente. As exóticas, por serem tradicionais espécies papeleiras, principalmente, o Eucalipto e a Gmelina, entram no estudo como espécies de comparação.

No quadro 2, mostra-se a ocorrência das espécies nativas pesquisadas nas diferentes regiões e tipologias da Amazônia ocidental.

Depara-se com uma ocorrência medíocre, em volume de madeiras dessas espécies, na floresta, que nunca ultrapassam 12 m<sup>3</sup>/ha e que em algumas tipologias florestais, várias dessas espécies não chegam nem a existir. O que se leva a concluir, aprioristicamente, que seria inexequível pensar-se, independente da qualidade, que elas poderiam a partir da floresta natural, servir como suprimento de unidades produtoras de polpa. A qualidade das suas pastas poderá, entretanto ser incentivo para pesquisas de reflorestamento e de manejo, com fins papeleiros.

**Quadro 1.** Denominação vulgar, classificação botânica e origem das espécies pesquisadas.

Denominação vulgar	Nomenclatura Botânica	Origem
Amapá	<i>Brosimum parinarloide</i> - Ducke - Moraceae	Nativa
Chinesa	<i>Anthocephalus chinenses</i> Hassk - Rubiaceae	Exótica
Eucalipto	<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume - Myrtaceae	Exótica
Guimelina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb - Verbenaceae	Exótica
Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i> R. et Fr. - Moraceae	Nativa
Imbaubarana	<i>Pourouma longipendule</i> Ducke - Moraceae	Nativa
Inharé	<i>Helicostyles tormentosa</i> Rusby - Moraceae	Nativa
Pau-rainha	<i>Brosimum rubeacens</i> Toubert - Moraceae	Nativa

**Quadro 2.** Ocorrência nos diferentes ecossistemas florestais da Amazônia ocidental das espécies da família Moraceae pesquisadas.

Região Juruá		
Tipologia Florestal - m <sup>3</sup> /ha		
Madeiras	Floresta Densa	Floresta Aberta
Amapá	4,359	2,009
Guariúba	1,238	1,220
Imbaubarana	0,000	0,000
Inharé	0,387	0,691
Pau-rainha	0,620	0,477

Fonte: Projeto RADAMBRASIL, 1777 e V. 15a.

Região Manaus				
Tipologia Florestal - m <sup>3</sup> /ha				
Madeiras	Campinarana	Floresta Densa	Floresta Aberta	Floresta sempre verde
Amapá	0,000	0,747	0,000	0,059
Guariúba	0,137	3,163	0,701	0,301
Imbaubarana	0,000	0,000	0,000	0,000
Inharé	0,000	1,332	0,177	0,160
Pau-rainha	0,000	1,162	0,112	0,282

Fonte: Projeto RADAMBRASIL e V. 18b.

Região Porto Velho				
Tipologia Florestal - m <sup>3</sup> /ha				
Madeiras	Floresta Densa	Floresta Aberta	Contato-Savana Floresta	Area - Antropica
Amapá	11,794	6,221	1,424	0,189
Guariúba	2,768	3,871	0,713	0,324
Imbaubarana	0,000	0,000	0,000	0,000
Inharé	3,372	0,982	0,120	0,228
Pau-rainha	0,000	0,517	0,150	0,000

Fonte: Projeto RADAMBRASIL, 1978 e V. 16c.

Região Purús			
Tipologia Florestal - m <sup>3</sup> /ha			
Madeiras	Floresta Densa	Floresta Aberta	Formações Pioneiras
Amapá	2,235	0,620	0,235
Guariúba	5,712	1,479	0,478
Imbaubarana	0,000	0,000	0,000
Inharé	1,621	1,101	0,442
Pau-rainha	8,866	1,837	0,148

Fonte: Projeto RADAMBRASIL, 1918 e V. 16d.

No quadro 3 expõe-se os parques dados silviculturais existentes.

**Quadro 3.** Informações silviculturais existentes das espécies nativas e exóticas pesquisadas.

Madeiras	Existência de Informação Silvicultural	Incremento	m <sup>3</sup> /ha/ano
Amapá	não existe		
Chinesa	existe	17,84	a
Eucalipto	existe	43,27	a
Gmelina	existe	19,43	a
Guariúba	existe	1,73	b
Imbaubarana	não existe		
Inharé	não existe		
Pau-rainha	não existe		

Fonte: (a) Batista, M. P.; Borges, L. F., 1983.

(b) SUDAM, 1979.

O incremento da espécie nativa é terrivelmente medíocre. Esta espécie, no que diz respeito a geração de material lenhoso é impraticável para a indústria de celulose.

Em relação as exóticas, melhor desempenho foi para o Eucalipto que praticamente, teve o dobro do incremento das outras duas.

#### Composição química das madeiras

A determinação da composição química das madeiras foi delimitada observando-se as seguintes normas:

- Solubilidade da madeira em água quente.  
M 4/68 - A.B.C.P. (Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel);
- Solubilidade da madeira em Hidróxido de Sódio a 1%.  
M 5/68 - A.B.C.P. (Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel);
- Solubilidade da madeira em Álcool-Benzeno.  
M 6/68 - A.B.C.P. (Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel);
- Lignina na madeira.  
Método Kürschner e Hoffer;
- Cinza na madeira.  
TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry.  
T - 15-05.58;
- Pentosamas na madeira.  
TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry.  
T - 10 m-50.

Os resultados são mostrados no Quadro 4.

Quadro 4. Composição química das madeiras pesquisadas.

Madeiras	Extração com Água Quente (%)	Extração com Alcool-Benzeno (%)	Extração com Al Soda 1%	Pentosamas (%)	Lignina (%)	Celulose Corrigida - (%)	Cinzas (%)
Amapá	1,17	2,87	12,86	12,07	28,16	50,68	0,35
Chinesa	0,46	2,09	14,08	16,44	25,93	41,65	0,79
Eucalipto	1,23	3,28	18,08	15,69	23,86	43,17	0,57
Gmelina	1,57	3,79	13,49	14,28	22,97	51,40	0,82
Guariúba	1,81	7,39	19,34	16,56	27,33	40,58	0,32
Imbaubarana	2,67	4,81	13,83	12,94	27,71	50,87	0,38
Inharé	0,59	2,31	9,73	12,38	35,21	44,27	0,70
Pau-rainha	1,96	12,02	18,98	13,31	33,28	42,62	0,29

Para análise dos resultados, tomou-se como referência teórica, as relações entre os constituintes químicos da madeira e as propriedades das pastas Kraft, revisadas por Amidon (1981) (ver Quadro 5).

**Quadro 5.** Influência das propriedades químicas da madeira sobre as propriedades da pasta.

Constituintes da madeira	Efeitos Sobre as Propriedades da Pasta
Lignina	Negativamente correlacionada com rendimento em Pasta e resistência da fibra.
Holocelulose	Fracamente e positivamente correlacionada com rendimento da pasta.
Alfa-Celulose	Positivamente correlacionada com rendimento da pasta e resistência da fibra.
Hemicelulose	Importante agente de aderência entumescimento e plasticidade.
Solúveis em NaOH - 1%	Somente relacionada com o teor de decomposição da madeira.
Solúveis em Alcool-Benzeno	Negativamente correlacionada com rendimento em pasta. Indicador primário de "Tall-oil" na pasta Kraft.
Solúveis em água quente	Negativamente correlacionada com rendimento em pasta.

Fonte: Amidon, 1981.

Contrastando com a tabela de Amidon *Ibid*, onde as Holoceluloses estão citadas como fracamente e positivamente correlacionadas com rendimento em pasta, sendo estas sinônimo dos Polissacarídeos, principais componentes da parede celular, os quais se dividem em Celulose e Hemicelulose e que são os principais componentes químicos da madeira e responsáveis pela maioria das propriedades da polpa e do papel, exercendo segundo Foekel *et al.*, 1975, influência na resistência da fibra individual e associada com as Hemiceluloses determinam as características das pastas celulósicas, em termos de rendimento e resistência.

Tomando ao pé da letra estes conceitos pode-se agrupar as madeiras pesquisadas em três extratos conforme os seus teores de Polissacarídeos. Assim, no primeiro extrato figurariam as espécies Gmelina, Imbaubarana e Amapá, que apresentaram em média 64,08% de Holocelulose. Em conseqüência, delas resultariam pastas com rendimento superior e sólidas. No segundo extrato, estariam as madeiras: Eucalipto, Chinesa e Guariúba, que mostraram um teor de Holocelulose ao redor de 58,03% e por esta razão teriam um rendimento médio e seriam medianamente sólidas. No terceiro extrato incluiriam as espécies Inharé e Pau-rainha, cujas qualidades das pastas, pelos conceitos explicitados seriam inferiores.

No quadro de Amidon I bid, a Lignina está negativamente correlacionada com o rendimento em pasta e a resistência do papel. Assim sendo, na análise feita, considerando este parâmetro, três situações são apresentadas pelas madeiras pesquisadas. Na primeira, onde se reúnem as espécies: Inharé, Pau-rainha, que mostraram, em média, um teor de Lignina próximo a 34% e que forneceriam, em consequência pastas com baixo rendimento e características físico-mecânicas fracas. Na segunda situação, reunir-se-iam as espécies: Amapá, Guariúba e Imbaubarana, que apresentaram teores de Lignina médios de 27,73% e das quais, por motivo da correlação existente, resultaram pastas com rendimentos médios e razoável solidez. Finalmente, a terceira situação onde aglutinar-se-iam as madeiras: Chinesa, Eucalipto e Gmelina, que mostraram em termos médios um teor de Lignina próximo de 24% e por este motivo, delas resultariam pastas com ótimos rendimentos e solidez.

As Hemiceluloses, representadas pelos teores de Pentosamas, além da importância que têm no rendimento e solidez das polpas, são importantes agentes de aderência e plasticidade conforme informa Amidon I bid. Estas características têm reflexo importante nas operações de refino. Desta forma, pastas oriundas de madeiras, que determinam teores de Hemiceluloses superiores são mais fáceis de serem refinadas do que as polpas oriundas de madeiras com baixo teor de Hemiceluloses. Este conceito sobreposto aos resultados das análises de Pentosamas das madeiras pesquisadas configuram três arranjos distintos: o primeiro concernente às madeiras: Guariúba e Chinesa que apresentaram em média 16,50%, significando que as polpas oriundas dessas espécies seriam brandas e facilmente refináveis. O segundo arranjo caracterizado pelas essências Eucalipto e Gmelina, que obtiveram, em termos médios, um teor de Hemiceluloses de 14,98%. Estas pastas, por consequência, seriam de dureza intermediárias e seus refinamentos demandariam mais tempo e energia. Finalmente, o terceiro arranjo, onde estariam as madeiras: Pau-rainha, Inharé e Imbaubarana, que nos moldes dos conceitos expressos, dessas espécies resultariam pastas duras que exigiriam maior tempo e potência para serem refinadas.

Nas assertivas de Amidon I bid os solúveis em NaOH a 1%, estão positivamente, e somente relacionado com o teor de decomposição da madeira. Assim sendo as madeiras estudadas que mostrariam maiores propensão de serem atacadas por organismos xilófagos seriam respectivamente: Pau-rainha, Eucalipto e Guariúba. As demais espécies mantiveram teores de NaOH 1% normais, indicando níveis saudáveis de sanidade.

Os solúveis em Álcool-Benzeno e Água Quente, nas considerações de Amidon I bid, estão correlacionados, negativamente, com o rendimento em pasta, sendo que o teor de Álcool-Benzeno é também um indicador primário de "Tall oil" na pasta Kraft.

Pelos resultados mostrados dos teores de Álcool-Benzeno e Água Quente das madeiras pesquisadas pode-se agrupá-las em três blocos: O primeiro constituído pelas espécies Pau-rainha e Guariúba, que em decorrência dos seus elevados teores de extrativos, deteriam a possibilidade de suas pastas apresentarem baixo rendimento mas, em contrapartida gerariam qualidades consideráveis de "Tall oil". O Segundo grupo representado pelas espécies Imbaubarana, Gmelina e Eucalipto, verificar-se-iam, nas polpas resultante, um equilíbrio; isto é: estas essências teriam a probabilidade de suas polpas terem

Pastas químicas Soda-Antraquinona ...

bom rendimento e razoável quantidade de "tail oil". Finalmente o terceiro grupo composto pelas espécies Amapá, Inharé e Chinesa, cujas pastas mostraram ótimos resultados, mas menores porcentagens de "Tail oil".

Os gravames da análise química das madeiras permitem inferir que as espécies Inharé, Pau-rainha e Guariúba não seriam boas essências papeleiras.

### **Fabricação de pastas químicas Soda-Antraquinona**

As toras das madeiras depois de transformadas em hastes com dimensões suficientes para alimentar o Picador, foram convertidas em cavacos, através de picador de laboratório Appleton, 15 HP, velocidade do disco 500 Rpm, com facas de 7/8", estando as mesmas em Ângulo de 45°, em relação ao alimentador.

Os cavacos picados foram classificados, através de um Separador Vibrador Sweco com peneiras de malhas com diâmetros correspondentes a 28,57 mm, 19,04 mm e 4,76 mm, respectivamente, em quatro frações de materiais, assim descritos: a primeira composta de cavacos grandes e lascas de madeiras, que não ultrapassaram a malha de maior diâmetro. A segunda e a terceira representadas por porção de cavacos retidas nas malhas das peneiras de 19,04 mm, 4,7 mm. E quarta constituída de palitos e serragem.

Os cavacos grandes e as cascas foram repicadas e agrupados aos cavacos originados das telas de 19,04 mm e 4,75 mm, de forma que se obteve, no conjunto dos cavacos, destinados ao cozimento as seguintes especificações máximas:

- a) Comprimento: direção da grã ou longitudinal 30 mm.
- b) Espessura: direção radial: 5 mm.
- c) Largura: direção tangencial: 50 mm.

Dentro dessas especificações os cavacos foram cozidos utilizando-se dois cozinhadores: o primeiro marca "Auximeca" rotativo 1,5 rpm, aquecido eletricamente, com duas alternativas para a realização do cozimento. A primeira efetivada no próprio corpo do Cozinhador, a segunda no Digestor onde o aquecimento se faz através de vapor, que atua sobre sete tubos com dois litros introduzidos no corpo do mesmo. O segundo marca "Schmidt" modelo A-11, aquecido eletricamente 1 rpm, dez litros de capacidade.

O circuito de lavagem e depuração foi composto de um desintegrador "Allibe" de zessete litros de capacidade, 1.700 rpm, de um Depurador Voith - "Valley Laboratory Flat Screen" com abertura da peneira de 0,3 mm, e de uma centrífuga de desaguamento marca Rousselet, tipo S-A-30 AWZ com velocidades de 1.800 rpm e 3.600 rpm.

Das pastas preparadas determinaram-se rendimento, rejeitos, números Kappa e álcali residual.

As condições de fabricação, bem como os resultados dos cozimentos das madeiras pesquisadas são mostrados, no Quadro 6. Procurou-se, também agregar, neste quadro, as densidades das espécies com vista a um referir melhor da análise dos resultados.

As densidades foram determinadas de acordo com o método RC-91-TAPPI.

Como instrumento analítico para a análise dos resultados, tomou-se o conceito de Corrêa (1979), de que a densidade da madeira folhosa está correlacionada com o rendimento em pasta de forma negativa ou inversa. Isto significaria que a medida que a



Quadro 6. Densidades, condições e resultados dos cozimentos Soda-Antraquinona das madeiras pesquisadas.

C O N D I Ç Õ E S D E C O Z I M E N T O S						
Antraquinona	NaOH %	Relação Líquido/Madeira	Tempo à Temperatura máxima (min)	Tempo na Temperatura máxima (min)	Temperatura máxima °C	Pressão Kg/cm <sup>2</sup>
0,32	19	4:1	90	30	170	7 - 8

DENSIDADES DAS MADEIRAS E RESULTADOS DOS COZIMENTOS

M a d e i r a s	Densidades Kg/m <sup>3</sup>	Rendimento (%)	Rejeito (%)	nº Kappa	Alcali residual g/l
Amapá	522	50,39	0,33	23,90	4,52
Chinesa	278	46,58	0,17	18,91	5,76
Eucalipto	354	45,20	0,36	18,90	0,82
Gmelina	380	51,75	0,39	20,40	6,17
Guariúba	512	48,61	0,49	23,55	5,76
Imbaubarana	335	49,68	0,37	21,20	6,58
Inharé	650	47,68	1,93	30,02	12,34
Pau-rainha	724	47,84	1,80	33,06	6,99

densidade decresça o rendimento aumentaria. Hipoteticamente, portanto, madeira muito leve teria alto rendimento o que não é verdade. O limite deste conceito foi estabelecido por Dias et al., 1985, que concluíram que durante o processo, a produção de polpas de madeiras folhosas no caso *Eucalyptus grandis*, o rendimento da polpação atinge o máximo para densidades em torno de  $480 \text{ kg/m}^3$ , tornando a decrescer com o aumento da densidade básica, acompanhado de um incremento nos rejeitos.

Esperado, também que o rendimento da pasta Soda-Antraquinona seja superior ao rendimento da pasta Kraft tradicional, como comenta Bruun et al., 1979, que a adição da Antraquinona aumenta consideravelmente a taxa de deslignificação da parede secundária e lamela média, tanto do lenho inicial como tardio. A lamela média, marcadamente, apresenta uma taxa alta de deslignificação, maior que na parede secundária, assim sendo segundo o autor a adição de Antraquinona resulta no aumento do rendimento da polpa a um dado nível de Lignina, em razão da deslignificação acelerada e da proteção dos Carboidratos através da oxidação.

Analisando-se vis-a-vis os rendimentos das pastas com as densidades dentro do conceito de Dias et al., Ibid, nota-se que em certa medida, ele foi observado, porque as pastas que mostraram maior rendimento, foram aquelas que, de certa forma se aproximaram ou não ultrapassaram muito a cifra de densidade mencionada por aqueles pesquisadores. Realce, no entanto deve ser feito para o rendimento da pasta de Eucalipto, cuja densidade apesar de próxima de  $480 \text{ kg/m}^3$  apresentou um baixo rendimento em polpa. Esta excessão pode estar relacionada à maior deslignificação por ela sofrida.

Pelos resultados dos rendimentos, as pastas das madeiras pesquisadas também podem ser catalogadas em três grupos: o primeiro grupo representado pelas espécies cujos rendimentos em pasta foram superiores à 48% e foram, notadamente, a Gmelina, o Amapá e a Imbaubarana. O grupo que apresentou rendimento em polpa de 47% a 48% cujas madeiras foram: Guariúba, Pau-rainha e Inharê. Finalmente as espécies Chinesa e Eucalipto cujas pastas mostraram de 45% à 46%. Normais, no processo Kraft, mas inferior no Soda-Antraquinona.

Corrêa, Ibid, indica que existe uma correlação positiva entre o Índice de deslignificação (Número Kappa ou Número de Permanganato) com a densidade da madeira. No trabalho específico, esta tendência foi observada porque nas madeiras mais densas resultaram polpas com maiores Números Kappa. O exemplo bem típico são os Números Kappa das polpas das madeiras Inharê e Pau-rainha.

De forma análoga pode-se, de acordo com o Número Kappa, caracterizar as pastas em três categorias: pastas brandas, com dureza média e duras. Entre as brandas foram incluídas as polpas do Eucalipto, Chinesa, Gmelina e Imbaubarana. Com dureza média foram catalogadas as pastas de Guariúba e Amapá e as pastas duras resultaram das espécies Inharê e Pau-rainha e que, por este parâmetro, dificilmente poderiam ser utilizadas na produção de polpa.

Corrêa, Ibid, relata que existe correlação a nível de significância de 99% entre a taxa de rejeito e a densidade da madeira. Isto foi observado na pesquisa em tela, haja visto que: as pastas com maiores percentuais de rejeitos foram as oriundas das

madeiras mais duras, notadamente: Inharê e Pau-rainha, e isto seria mais um indicativo para descartar estas duas espécies, como essências papleiras para plantios. As demais espécies apresentaram resultados razoáveis variando desde 0,17% para o Eucalipto até 1,49% para a Guariúba.

Rydholm (1965), afirma que o consumo de Alkali, ocorre, virtualmente, em paralelo com a dissolução dos Carboidratos e em menor extensão com a taxa de deslignificação. Pelos resultados obtidos do Alkali residual este conceito foi observado, uma vez que as madeiras que mais demandaram reagentes foram aquelas que apresentaram maiores teores de carboidratos (cf. análise química da madeira).

No conjunto os resultados dos ensaios de cozimentos indicam que as madeiras Inharê e Pau-rainha seriam desaconselháveis como essência papleira de reflorestamento.

### Alvejamento das Pastas Cruas

Os ensaios de Branqueamento visaram conhecer o comportamento das pastas Soda-Antraquinona, resultantes das madeiras pesquisadas frente aos processos de Alvejamento: C.E.D.E.D., C.E.H.D.E.D., C/D.E.D.E.D.

As condições operacionais utilizadas nos estágios dos Alvejamientos são mostradas no Quadro 7.

**Quadro 7.** Condições operacionais utilizadas nos estágios dos Alvejamientos.

Estágio Variável	Cloração	Extração Alcalina	Hipocloração	Dioxidação
Temperatura °C	ambiente	60	40	60
Tempet. mínima	30	90	120	120
Consistência %	3,5	12	12	12
Ph Final	1,5-2,0	11,0-11,5	10,5-11,5	10,5-11,0

O cálculo do cloro ativo aplicado nos alvejamientos foi realizado utilizando-se a equação Cloro total = 0,319 x Número Kappa, estabelecida por Zvinakevicius et al., 1979. A distribuição do cloro ativo (total) nos processos foi processada segundo a metodologia dos pesquisadores supramencionados a saber:

- 1º estágio -  $1,02 \times 0,108$  (Número Kappa);
- 2º estágio -  $2,225 \times$  (Número Kappa) após estágio precedente;
- 3º estágio - estágio 0,75 (Cloro  $\Sigma$  Cloro gasto nos estágios anteriores);
- 4º estágio -  $0,25 \times$  (Cloro total -  $\Sigma$  nos estágios anteriores contendo Cloro).

A seqüência com cinco estágio, o Cloro foi calculado da mesma maneira, somente que no último estágio aplicava-se 0,5% do Cloro ativo e assim diminuía-se ligeiramente as dosagens do penúltimo e antepenúltimo estágios.

A introdução do NaOH nos estágios de extração alcalina, foram realizados segundo pastas químicas Soda-Antraquinona ...

os pressupostos formulados pelos pesquisadores acima mencionados, assim especificados:

Primeira extração alcalina:

$\text{NaOH} = 1,36 \times 0,31 \times (\text{Número Kappa da celulose não branqueada});$

Segunda extração alcalina:

$\text{NaOH} = 0,5\%.$

O balanço dos reagentes, bem como os resultados dos diferentes alvejantes, são mostrados nos Quadros 8, 9 e 10.

Macleod et al., 1982, confere que as pastas Kraft e Soda-Aq provenientes de madeiras duras foram, no seu trabalho equivalentes em todas as facetas da branqueabilidade. Entretanto, considera que as pastas Soda-Aq apresentaram resistências físicas, marginalmente inferior.

As pastas das madeiras pesquisadas se adequam a conclusão dos autores supracitados. Isto é, podem ser alvejadas pelos procedimentos de Alvejamento utilizados na pesquisa.

As análises se sobrepõem sobre o consumo de reagentes e a qualidade das pastas alvejadas, cujas medidas de avaliação foram: a Viscosidade, determinada segundo a norma A.B.C.P. C 9/72; Alvura P 6/82, estabilidade da Alvura ou Reversão da cor, segundo Doat (1970).

Os resultados são mostrados nos Quadros 8, 9 e 10.

No que diz respeito ao consumo de alvejamentos testados, nas pastas das madeiras com maiores Kappa demandaram produtos químicos.

Como na discussão relativa aos cozimentos, pode-se agrupar as pastas originadas das diferentes madeiras em três categorias: polpas com alto consumo de alvejantes, notadamente, Inharê e Pau-rainha. Estas espécies também pela avidez no consumo de produtos químicos de Branqueamento, podem ser descartáveis como essência para reflorestamento, com fins papeleiros. Em outra categoria estariam as polpas com o consumo de produtos químicos elevado, mais inferiores ao precedente. Somariam nesta categoria as polpas da Guariúba. Finalmente, na categoria de boas polpas com o balanço de produtos químicos normais, se incluiriam as pastas das madeiras de comparação: Eucalipto e Gmelina mais as espécies Chinesa e Imbaubarana.

Segundo Seymour (1963), o teste da Viscosidade é de grande valia, na determinação de perdas, na resistência das polpas. Sobrepondo este conceito sobre os resultados das Viscosidades das pastas cruas e das polpas alvejadas oriundas dos Branqueamentos utilizados, verifica-se que as espécies Pau-rainha, Amapá e Inharê, nas próprias pastas não alvejadas já mostraram polpas profundamente fracas, a despeito destas apresentarem números Kappa um tanto elevado. Das pastas cruas com Viscosidade satisfatória nota-se as polpas provenientes das madeiras Imbaubarana, Chinesa e Gmelina e ótima resistência as pastas do Eucalipto e Gmelina.

Em termos médios, a queda da Viscosidade da pasta crua para a pasta alvejada foi da ordem de 19%, para as polpas branqueadas pelos processos C.E.D.E.D., D/C.E.D.E.D. e de 25% para as polpas alvejadas pelo procedimento C.E.H.D.E.D., o que é normal devido a

Quadro 8. Alveamento das polpas dos cozimentos Soda Antraquinona das madeiras pesquisadas pelo processo C.E.D.E.D.

M A D E I R A S	Gmelina	A. chi-nensis	Eucalipto	Amapá	Imbauba	Guariúba	Inharé	Pau-rainha
	71,5	70,0	70	71	69,5	77	78	77
Número Kappa	20,44	18,91	18,91	23,97	21,20	23,9	30,02	31,23
Viscosidade	14,40	13,62	18,03	8,30	12,89	27,80	7,52	10,10
C	Cl ativo aplicado	3,23	3,06	3,06	3,61	3,60	4,26	4,39
	Cl consumido	3,22	3,06	3,06	3,60	3,60	4,26	4,39
E	NaOH aplicado	1,99	1,95	1,95	2,10	2,10	2,29	2,33
	NaOH consumido	1,45	1,27	1,32	1,75	1,55	1,66	1,75
E	Cl ativo aplicado	2,47	2,22	2,22	3,03	3,02	3,98	4,18
	Cl ativo consumido	2,47	2,22	2,22	3,03	3,02	3,98	4,18
E	NaOH aplicado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	NaOH consumido	0,40	0,36	0,40	0,40	0,37	0,49	0,50
D	Cl ativo aplicado	0,82	0,74	0,74	1,00	1,00	1,33	1,39
	Cl ativo consumido	0,77	0,72	0,66	1,00	0,86	1,00	1,33
Photovolt (alvura)	92,0	91,0	91,0	91,5	91,0	89,5	83,5	82,5
Estabilidade da alvura	97,5	98,90	98,90	97,8	97,80	98,88	98,20	98,78
Viscosidade	11,81	9,05	13,64	7,12	10,25	20,77	6,62	8,89

Quadro 9. Alvejamento das polpas dos cozimentos Soda Antraquinona das madeiras pesquisadas pelo processo C.E.H.D.E.D.

M A D E I R A S	Gmelina	A. chi-nensis	Eucalipto deglupta	Amapá	Imbauba rana	Guariúba	Inharé	Pau-rainha
Alvarura Pasta Crua	71,5	70	70	71	69,5	77	78	77
Número Kappa	20,44	18,91	18,91	23,97	21,20	23,9	30,02	31,23
Viscosidade	14,4	13,62	18,03	8,30	12,9	27,80	7,52	10,10
<b>C</b>	Cl ativo aplicado	3,23	3,06	3,61	3,31	3,60	4,26	4,39
	Cl consumido	3,22	3,06	3,60	3,30	3,60	4,26	4,39
<b>E</b>	NaOH aplicado	1,99	1,95	2,10	2,02	2,1	2,29	2,33
	NaOH consumido	1,45	1,27	1,32	1,55	1,66	1,87	1,75
<b>H</b>	Cl ativo aplicado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Cl consumido	0,99	0,96	0,95	0,99	0,99	0,99	1,00
<b>D</b>	Cl ativo aplicado	1,72	1,48	1,48	2,28	2,27	3,23	3,43
	Cl ativo consumido	1,70	1,48	1,48	2,28	2,27	3,23	3,43
<b>E</b>	NaOH aplicado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	NaOH consumido	0,35	0,31	0,38	0,35	0,33	0,41	0,50
<b>D</b>	Cl ativo aplicado	0,57	0,49	0,49	0,76	0,76	1,08	1,14
	Cl consumido	0,47	0,41	0,41	0,71	0,58	0,76	1,14
Photovolt (alvura)	91,0	91,5	91,3	93	92	91	85,5	85
Estabilidade da alvura	97,80	99,45	99,67	96,77	97,8	98,35	98,24	98,23
Viscosidade	10,4	7,32	13,08	7,43	10,46	15,88	6,16	8,85

Quadro 10. Alveamento das polpas dos cozimentos Soda Antraquinona das madeiras pesquisadas pelo processo C/D.E.D.E.D.

M A D E I R A S	Gmelina	A. chi-nensis	Eucalipto deglupta	Anapá	Imbaubá-rana	Guariúba	Inharé	Pau-rainha
Alvura Pasta Crua	71,5	70	70	71	69,5	77	78	77
Número Kappa	20,44	18,91	18,91	23,97	21,20	23,9	30,02	31,23
Viscosidade	14,4	13,62	18,03	8,30	12,9	27,80	7,52	10,10
C I D E	Cl ativo aplicado	3,23	3,06	3,06	3,61	3,60	4,26	4,39
	Cl ativo aplicado como Cl	2,42	2,30	2,30	2,71	2,70	3,19	3,29
	Cl ativo aplicado como ClO <sub>2</sub>	0,81	0,76	0,76	0,90	0,83	0,90	1,07
	Cl consumido	3,23	3,06	3,06	3,61	3,30	3,60	4,26
E D E	NaOH aplicado	1,99	1,95	1,95	2,10	2,10	2,29	2,33
	NaOH consumido	1,31	1,23	1,28	1,66	1,46	1,55	1,82
E D E	Cl ativo aplicado	2,47	2,22	2,22	3,03	3,02	4,0	4,18
	Cl ativo consumido	2,47	2,22	2,22	3,03	2,59	3,02	4,0
E D E	NaOH aplicado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	NaOH consumido	0,42	0,37	0,40	0,42	0,42	0,44	0,50
D	Cl ativo aplicado	0,82	0,74	0,74	1,00	1,00	1,33	1,39
	Cl ativo consumido	0,82	0,67	0,65	1,00	0,86	1,00	1,33
Photovolt (alvura)	90,5	91,0	91,5	91,0	89,0	90,5	85,0	83,5
Estabilidade da alvura	98,39	98,90	99,45	98,35	98,87	98,34	98,23	98,20
Viscosidade	11,61	9,45	13,69	6,95	10,04	20,76	6,79	9,03

presença da fase de Hipoclorito.

As alvuras, mesmo para as piores pastas, foram satisfatórias, situando-se entre 82,5% (Pau-rainha) a 92% Gmelina, no processo C.E.D.E.D. No procedimento C.E.H.D.E.D., esta amplitude foi de 85% para a pasta do Pau-rainha e 93% para a polpa do Amapá. Para o processo C/D.E.D.E.D. esta variação foi de 83,5% ainda para a polpa ou Pau-rainha à 91,5% para a pasta de Eucalipto.

As reversões, para todas as pastas e todos os procedimentos de branqueamento, não chegaram a 5%, tendo, como consequência, uma ótima estabilidade nas alvuras.

### Refino e Propriedade Físico-Mecânicas das Pastas Cruas e Alvejadas

As pastas cruas foram refinadas em refinadores "Bauer", "Holandesa" e "Jokro", enquanto que as celuloses alvejadas, foram refinadas somente em moinho "Bauer".

Os refinamentos nos três equipamentos foram assim conduzidos:

a) "Bauer" - 16 g de pasta seca a uma concentração de 0,2%, submetida a uma potência de 3,72 kw; área de contato entre os discos a nível de 38 mm. Foram realizadas passagens sucessivas (o máximo três) até atingir o grau de refino desejado.

b) "Holandesa" - 200 g de pasta seca com uma consistência de 1%. A massa foi, inicialmente, desintegrada no próprio equipamento (operação realizada com os discos se parados) 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 com intervalo de 35 min.

c) "Jokro" - 16 g de pasta seca levada a uma consistência de 6% com cinco pontos de refino, dos quais o primeiro ponto zero (pasta bruta) cobrindo uma escala  $^{\circ}$ SR de 17 a 50.

Das pastas refinadas cruas e alvejadas foram feitas folhas de ensaios, em formadores "Rapid Khöten" com dois aquecedores; com gramatura de  $60 \pm 2$  g/m<sup>2</sup>, calculada segundo a norma P 6/70 A.B.C.P. Estas foram climatizadas de acordo com a norma P 4/70 A.B.C.P. e após a climatização foram realizados os ensaios físico-mecânicos abaixo especificados:

- a) resistência à tração de papel e papelão - P 7/70, A.B.C.P.;
- b) resistência ao estouro (Müllen) do papel e papelão - P 8/71 A.B.C.P.;
- c) resistência a dobras - duplas T - 423-68-Tappi;
- d) resistência ao rasgo do papel P 9/65, A.B.C.P.;
- e) porosidade do papel e cartão P 11/71, A.B.C.P.;
- f) determinação do fator de reflectância no Azul (alvura) em papel cartão e papelão pelo aparelho Photovolt P 16/82, A.B.C.P.;
- g) determinação da lisura do papel P 25/72, A.B.C.P.;
- h) determinação da maciez do papel P 29/72.

Os resultados são mostrados nos Quadros n<sup>os</sup> 11, 13, 14 e 15.

Agregou-se, também, no estudo do refino e das características físico-mecânicas das pastas cruas e alvejadas, o Quadro 12, onde estão mencionados o coeficiente de flexibilidade e o índice de enfeltramento, por serem dois indicadores sensíveis das



características mecânicas das pastas, os quais segundo Petroff et al., 1963, polpas com coeficientes de flexibilidades elevadas teriam a probabilidade de terem boas resistências à tração e vice-versa. Da mesma forma, segundo os mesmos autores, índices de enfeitramento seria indicativo de que as pastas possuiriam boa resistência ao rasgo. Inversamente, polpas detentoras de baixo índice de enfeitramento teriam baixa resistência ao rasgo.

Para o cálculo do coeficiente de flexibilidade e do índice de enfeitramento necessitou-se da realização do estudo de classificação das fibras e micrométrico, que foi realizado segundo a seguinte metodologia: Para a classificação das fibras o método foi T - 223 - S<sub>11</sub> - 64 - Tappi, tendo como equipamento o classificador "Clark" modelo M-46. Para a micrometria, porções das pastas classificadas tiveram as suas fibras coradas, com safarina e mensuradas em comprimento através de um projetor Regmed modelo R/pm-4. Os diâmetros e lúmens foram medidos utilizando-se um microscópio E. Leitz com ocular 10x, objetiva 43x fator 3,14. De cada peneira do classificador foram mensuradas trinta fibras, no comprimento, dez fibras, no diâmetro e lúmen, respectivamente.

Para a análise do comportamento do refino e das características, físico-mecânicas das polpas, levou-se em consideração os conceitos de Rydholm, 1965, onde afirma: que o refino tem por propósito o aumento da área de contato entre as fibras, pelo incremento das suas próprias superfícies, através da fibrilação, tornando-as mais flexíveis e facilitando a embebeção das fibras, seus inchamentos e formação de ponte de hidrogênio. Assim como o conceito de Clark (1978), que considera em razão dos resíduos das fibras, sensivelmente, restringirem a passagem da água, através do entrelaçamento espesso da polpa. Por esta razão, segundo o autor, a quantidade de restos de fibras gerados, durante o refino, que é medido indiretamente, por meio do teste de drenagem, é reconhecido como medida válida para o grau de refino.

Considerando o comportamento das pastas cruas e alvejadas frente à ação do refino, nota-se que as polpas de um modo geral não foram difíceis de serem refinadas. Assim é que, no caso do Moinho "Bauer, nunca foi necessário uma terceira passagem para se atingir o grau de refino desejado. Em relação à Holandesa, houve polpas que necessitaram de cento e quarenta minutos para se conseguir o grau de refino satisfatório. Entre estas incluem-se as polpas do Amapá, Eucalipto, Gmelina e Pau-rainha. Estes resultados seriam válidos para as pastas do Amapá e Pau-rainha, mas não se aplicariam às do Eucalipto e Gmelina, por serem estas espécies, tradicionalmente papeleiras e terem seus padrões de refino perfeitamente estabelecidos, entre os quais a facilidade das suas pastas serem refinadas. A explicação para o tempo de refino elevado estaria relacionado ao equipamento, porque talvez o moinho Holandesa não seja eficaz em aumentar a área de contato entre as fibras. A moagem, no "Jokro" revelou o mesmo comportamento do moinho "Bauer". Isto é, nunca foi necessário mais do que três pontos de refino para se obter a hidratação desejada.

Como demonstraram os resultados, as características físico-mecânicas das pastas cruas e alvejadas variaram das condições de refino associado ao equipamento, mais principalmente, em razão das características morfológicas das polpas. Desta forma, em relação

Pastas químicas Soda-Antraquinona ...

Quadro 11. Resultados do comportamento dos refinamentos das pastas cruas oriundas das diferentes madeiras segundo o equipamento utilizado.

POLPAS	B A U E R		H O L A N D E S A		J O K R O	
	Passagens	SR <sup>o</sup> Corrigido	Tempo de Refino min.	SR <sup>o</sup> Corrigido	Tempo de Refino min.	SR <sup>o</sup> Corrigido
Anapá	1ª	33	35	22	0	20
	2ª	52	70	33,5	15	29
Chinesa	1ª	33	105	43	30	52
	2ª	55	140	58		
Eucalipto	1ª	32,5	35	22	0	17,3
	2ª	51	70	35,5	15	28,5
Gmelina	1ª	32	105	55	30	49,7
	2ª	50,5	140			
Guariúba	1ª	32	35	22	0	18,3
	2ª	53,5	70	30	15	30
Imbaubarana	1ª	30	105	40,7	30	50
	2ª	52	140	57		
Inharé	1ª	32,5	35	25	0	17
	2ª	55	70	43	15	31,3
Pau-rainha	1ª	30,7	105	62	30	50,7
	2ª	52	140			
	1ª	30,7	35	23	0	18
	2ª	52	70	32,5	15	32,3
	1ª	32,5	105	47	30	54
	2ª	55	140			
	1ª	32,5	35	22,7	0	17
	2ª	55	70	32,5	15	28,5
	1ª	30,7	105	47	30	48,5
	2ª	52	140			
	1ª	30,7	35	22	0	18,7
	2ª	52	70	30	15	29,7
	1ª	30,7	105	43,7	30	49
	2ª	52	140	58,5		

Quadro 12. Coeficiente de flexibilidade e índice de enfeitramento das diferentes madeiras.

Madeiras	Coeficiente de flexibilidade Lumen/Largura das fi- bras x 100	Índice de enfeitramento, comprimento/largura das fi- bras
Amapá	60,15	107,77
Chinesa	72,32	59,34
Eucalipto	64,62	83,55
Gmelina	72,31	61,21
Guariúba	60,16	74,07
Imbaubarana	55,58	56,87
Inharé	40,43	139,04
Pau-rainha	45,53	131,74

**Quadro 13.** Resultados do comportamento dos refinos das pastas alvejadas oriundas das diferentes madeiras, refinadas em moído de disco Bauer.

POLPAS	Processo C.E.D.E.D		Processo C.E.H.D.E.D.		D/C. E.D.E.D.	
	Passagens	SRº Corrigido	Passagens	SRº Corrigido	Passagens	SRº Corrigido
Amapá	1ª	31,7	1ª	31	1ª	31,5
	2ª	53,5	2ª	50	2ª	53,5
Chinesa	1ª	31,7	1ª	30,5	1ª	33
	2ª	51,5	2ª	53	2ª	54
Eucalipto	1ª	31,7	1ª	32	1ª	27,5
	2ª	53,5	2ª	49,5	2ª	50
Gmelina	1ª	28,5	1ª	27,6	1ª	32
	2ª	51	2ª	47	2ª	53
Guariúba	1ª	33	1ª	29,7	1ª	30
	2ª	52,7	2ª	50	2ª	52,5
Imabaubarana	1ª	31,7	1ª	27,7	1ª	31,7
	2ª	55	2ª	51	2ª	53,5
Inharé	1ª	30,3	1ª	32	1ª	31
	2ª	51,7	2ª	51	2ª	53
Pau-rainha	1ª	27	1ª	31	1ª	30
	2ª	30,7				
	3ª	58	2ª	52	2ª	49

**Quadro 14.** Características das resistências das pastas químicas - Soda-Antraquinona cruas das diferentes espécies pesquisadas. Resultados interpolados para 45<sup>o</sup> SR.

POLPAS	EQUIPAMENTO	Autruptura (m)	I. Rasgo g/m <sup>2</sup> /100 g/m <sup>2</sup>	Estouro kg/m <sup>2</sup> /100g/m <sup>2</sup>	Dobras Duplas n <sup>o</sup>	Porosidade s/100 cm <sup>3</sup>	Lisura s/500 cm <sup>3</sup>	Maciez s/100 cm <sup>3</sup>	Alongamento (%)
Amapá	Bauer	6.521	114	3,0	87	26	48	50	1,5
	Holandesa	4.237	53	0,6	9	92	49	44	1,3
	Jokro	6.167	106	2,5	94	8	41	40	1,3
Chinesa	Bauer	6.725	68	2,7	150	224	49	41	1,2
	Holandesa	4.029	45	0,2	7	140	51	42	1,0
	Jokro	7.069	78	3,2	122	104	52	43	1,6
Eucalipto	Bauer	5.971	68	2,4	43	44	43	46	1,8
	Holandesa	4.719	43	1,0	7	61	59	47	1,2
	Jokro	7.082	82	3,4	85	51	48	41	1,8
Gmelina	Bauer	5.426	87	1,6	36	12	39	48	1,4
	Holandesa	3.769	44	0,7	7	46	39	39	1,0
	Jokro	7.681	83	3,7	158	51	48	36	1,5
Guariúba	Bauer	5.652	84	1,5	9	27	41	40	1,2
	Holandesa	3.950	43	0,0	3	12	26	40	0,9
	Jokro	5.772	79	2,2	19	8	38	34	1,4
Imbaubarana	Bauer	5.061	72	1,5	34	86	46	51	0,8
	Holandesa	3.530	38	0,0	4	63	47	44	0,9
	Jokro	5.411	80	1,5	15	40	51	38	1,2
Inharé	Bauer	5.562	113	2,3	50	22	27	44	1,7
	Holandesa	2.385	37	0,0	1	3	26	33	0
	Jokro	5.248	99	2,4	64	4	29	41	0,9
Pau-rajinha	Bauer	5.701	90	1,9	27	16	33	41	1,2
	Holandesa	2.137	48	0,0	4	6	13	40	0,4
	Jokro	4.325	73	1,2	10	4	25	41	0,7

Quadro 15. Características das resistências físico-mecânicas das pastas químicas alvejadas - Soda-Aq., das amostras das madeiras pesquisadas. Refinadas em moinho Bauer com resultados interpolados para 45°SR.

POLPAS	Processos de Alvejamentos	Autorruptura (m)	Rasgo g/cm <sup>2</sup> /100S/m <sup>2</sup>	Estouto kg/cm <sup>2</sup> /100g/m <sup>2</sup>	Dobras Duplas nº	Porosidade s/100 cm <sup>3</sup>	Lisura s/50 cm <sup>3</sup>	Maciez s/100 cm <sup>3</sup>	Alongamento (%)
Amapá	C.E.D.E.D.	5.234	103	2,5	43	42	34	43	1,4
	C.E.H.D.E.D.	5.369	93	2,9	54	46	37	41	1,5
	D/C.E.D.E.D.	5.642	103	2,5	31	17	33	42	1,6
Chinesa	C.E.D.E.D.	5.476	89	2,8	107	129	53	43	1,6
	C.E.H.D.E.D.	5.471	87	2,9	94	289	40	43	1,4
	D/C.E.D.E.D.	5.624	83	2,6	94	520	45	43	1,6
Eucalipto	C.E.D.E.D.	5.805	86	3,3	72	260	39	42	1,7
	C.E.H.D.E.D.	5.750	72	3,3	61	349	43	43	2,0
	D/C.E.D.E.D.	6.364	87	3,5	86	287	56	43	1,9
Gmelina	C.E.D.E.D.	6.038	83	3,8	169	106	48	42	1,7
	C.E.H.D.E.D.	5.955	92	4,4	169	88	53	41	1,6
	D/C.E.D.E.D.	5.994	84	3,2	25	128	49	41	1,8
Guariúba	C.E.D.E.D.	6.895	101	4,2	183	193	38	43	1,9
	C.E.H.D.E.D.	6.338	91	3,8	139	170	41	42	2,0
	D/C.E.D.E.D.	6.879	95	4,0	203	242	43	41	2,0
Imbaubarana	C.E.D.E.D.	5.536	82	1,9	40	144	49	45	0,9
	C.E.H.D.E.D.	5.420	92	2,1	28	75	39	43	1,2
	D/C.E.D.E.D.	5.081	82	1,4	18	94	41	43	1,2
Inharé	C.E.D.E.D.	5.931	83	2,9	54	301	44	41	1,9
	C.E.H.D.E.D.	6.310	93	3,2	87	43	41	40	1,9
	D/C.E.D.E.D.	6.657	91	2,9	66	168	35	45	1,7
Pau-rainha	C.E.D.E.D.	7.428	98	3,8	121	335	46	45	1,9
	C.E.H.D.E.D.	6.765	103	3,6	103	328	49	42	1,9
	D/C.E.D.E.D.	6.310	89	3,3	86	78	33	41	1,8

aos equipamentos, as pastas refinadas no moinho "Jokro" mostraram resistências, relativamente maiores do que as polpas refinadas no refinador Bauer, mas bem superiores às refinadas no moinho Holandesa. A condição do refino que deve ter influído, sensivelmente, para a superioridade das resistências das polpas refinadas, no moinho "Jokro" teria sido a consistência trinta vezes superior à do Bauer e seis vezes maior do que a Holandesa. Isto proporcionaria uma melhor embebeção das fibras, concorrendo para que as outras condições, citadas por Rydholm *Ibid*, para uma boa ação de refino fosse atingida e em extensão resistências mais eficazes nas polpas fossem conseguidas.

As características morfológicas expressas pelos dois indicadores: coeficiente de flexibilidade e Índice de enfiamento mostraram-se, perfeitamente compatível com as resistências das polpas. Assim é que, as madeiras Chinesa, Eucalipto e Gmelina apresentaram boa resistência e tração, constatação verificada, nos três refinadores, por detem maiores coeficientes de flexibilidade. Ilação semelhante pode ser feita para o Índice de enfiamento, porque as polpas das madeiras que apresentaram miores resistências ao rasgo, foram aquelas cujos Índices de enfiamento, foram também superiores aos das demais, notadamente Amapã, Inharé e Pau-rainha.

No que diz respeito às resistências das pastas alvejadas, tendo em confronto com os processos de braqueamento, considera-se que em termos médios, as polpas que melhores resistências apresentaram foram as alvejadas pelo processo D/C.E.D.E.D., vindo em seguida, as pastas branqueadas pelo procedimento C.E.D.E.D. e, finalmente, as polpas alvejadas pelo processo C.E.H.D.E.D., esta razão bem conhecida, que é a presença do Hipoclorito, em uma fase do processo. Este alvejante não sendo tão seletivo, a Lignina como o Dióxido, tem a característica, ainda, de degradar a celulose.

Comparando as resistências tanto das polpas cruas e alvejadas, obtidas por meio do processo Soda-Aq das madeiras da família Moraceae, ocorrente na Amazônia brasileira, com as espécies, tradicionalmente papeleiras, evidencia-se que as essências Imbaubarana, Amapã poderiam ser aconselhadas para teste silvicultural de crescimento a fim de verificar os seus desempenhos, neste campo, porque no plano de pesquisa laboratorial de fabricação elas se impõem como boas essências papeleiras.

Por outro lado, o processo Soda-Aq utilizado na pesquisa revelou-se equivalente ao processo Kraft como aliás é relatado na literatura especializada.

## CONCLUSÕES

Os resultados e as discussões permitem inferir as seguintes conclusões:

- A ocorrência, nas diferentes tipologias florestais, dos indivíduos da família Moraceae pesquisada, na Amazônia Ocidental é medíocre;
- Aprioristicamente, seria inexequível que estas espécies pudessem a partir da floresta natural suprir unidades produtoras de polpas;
- Os ensaios silviculturais existentes revelam que o rendimento por hectare das

espécies nativas é baixo e mostram, também, que os das exóticas o Eucalipto teve o melhor desempenho;

- De acordo com os teores de Polissacarídeos existentes nas madeiras pesquisadas as polpas delas oriundas poderiam ser classificadas em extratos decrescentes, em rendimentos e resistências;

- Em decorrência do teor de Lignina na madeira, está correlacionado, negativamente, com o rendimento em polpa e resistência dos papéis, as polpas provenientes das madeiras pesquisadas teriam rendimento e resistências medíocres, médias e satisfatórias;

- As madeiras pesquisadas, em função de Hemicelulose originariam polpas, que demandariam maior e menor energia para os seus refinos;

- Os resultados dos ensaios em NaOH a 1% mostraram madeiras com maiores possibilidades para serem atacadas por organismos xipófagos e outras espécies com níveis saudáveis de sanidade;

- Pelos teores de Água Quente e Alcool-Benzeno das madeiras pesquisadas, delas resultariam pastas com três características: polpas com alto rendimento e baixa percentagem da "Tail-oil", pastas com rendimento e "Tail-oil" médio, polpas com baixo rendimento e alto teor de "Tail-oil";

- Os resultados gerais das análises químicas das madeiras mostraram que as espécies Inharé, Pau-rainha e Guariúba não seriam boas essências papeleiras;

- O rendimento em polpas das madeiras pesquisadas seguiram as observações de Dias et al., 1985, em relação às densidades das espécies folhosas e seus respectivos rendimentos;

- Os resultados dos rendimentos permitem classificar as espécies em três grupos:

- a) madeiras com rendimento alto;
- b) madeiras com rendimento médio;
- c) madeiras com rendimento baixo.

- Das madeiras mais densas resultaram Números Kappa maiores;

- De acordo com os resultados dos Números Kappa as pastas das madeiras podem ser classificadas em dureza branda, dureza média e duras;

- As pastas que apresentaram maiores teores de rejeitos foram aquelas oriundas das madeiras mais densas;

- Os resultados dos cozimentos confirmaram que as espécies Inharé e Pau-rainha não seriam boas madeiras para serem recomendadas para reflorestamento com fins papeleiros;

- As pastas das madeiras pesquisadas podem ser alvejadas pelos processos de Branqueamento utilizados na pesquisa;

- As polpas com maiores Números Kappa demandaram mais produtos químicos nos seus Alvejamentos;

- O consumo de produtos químicos pelas pastas permitiu classificá-las em polpas com demanda de reagentes normais, pastas com o consumo de produtos químicos um pouco superior aos normais e polpas com o consumo de agentes alvejantes elevado;

- A demanda de produtos químicos alvejantes pelas polpas das espécies Inharé e



Pau-rainha também desaconselham como essências papeleiras de reflorestamento;

- As Viscosidades das polpas cruas das espécies Pau-rainha, Amapã e Inharé mostraram-se extremamente baixas, mesmo apresentando Números Kappa elevados;

- As Viscosidades das polpas cruas das madeiras Imbaubarana, Chinesa, Eucalipto e Gmelina foram satisfatórias;

- Na média a queda da Viscosidade das pastas cruas para as polpas alvejadas foi de 19% para os processos de alvejamentos sem fase de Hipoclorito e 25% no processo em que existe uma fase de Hipoclorito;

- As alvuras das pastas alvejadas foram satisfatórias, mesmo para as piores polpas, com variações para mais ou para menos inerentes a cada processo de Branqueamento;

- As reversões das alvuras para todas as polpas e processos de Alvejamento não atingiram 5%;

- As polpas tanto não alvejadas como branqueadas não foram difíceis de serem refinadas;

- O tempo de refino elevado na Holandesa verificado para as pastas das espécies, tradicionalmente papeleiras, é atribuído à dificuldade que teria este equipamento de aumentar a área de contato entre as fibras;

- As pastas cruas e alvejadas refinadas, no muoinho "Jokro" foram superiores, nas resistências físico-mecânicas do que as polpas refinadas, nos refinadores "Bauer" e Holandesa, respectivamente;

- As características morfológicas das polpas expressas pelo coeficiente de flexibilidade e o índice de enfiamento mostraram-se compatíveis com as respectivas resistências físico-mecânicas;

- As polpas alvejadas pelo processo D/C.E.D.E.D., em termos médios apresentaram resistências físico-mecânicas superiores às pastas branqueadas pelos processos C.E.D.E.D. e C.E.H.D.E.D., respectivamente;

- Os resultados de todos os ensaios evidenciaram que os indivíduos da família *Moraceae* Amapã e Imbaubarana podem ser aconselhadas como espécies papeleiras;

- O processo Soda-Aq, utilizado na pesquisa, mostrou-se equivalente ao processo Kraft.

## SUMMARY

*This paper show the results from research made of the wood family Moraceae, on its pulp qualities compared to classical pulp species for the production of pulp, throught the Soda-Aq process. Firstly, botanic, floristic, and silviculture information was sought in the existing literature as to the wood researched as well as comparison. Determination of the chemical composition was made of all the species. Experiment were conducted of the fabrications of chemical pulp Soda-Aq, for the group of essences. Bleaching of the unbleached pulp were made by the C.E.D.E.D., C.E.H.D.E.D, and*

D/C.E.D.E.D. process, for the pulps derived from all the woods involved in the research. Experiments of refining and the characterization of its physical-mechanical properties of unbleached as well bleached pulp were conducted. Methodologies are described and the results discussed at the experiments. Various conclusions can be inferred, from which can be deduced that of the individuals of the family Moraceae researched, the *Amapá* and the *Imbaubarana* can be considered as pulp species for reforestation.

## Referências Bibliográficas

- Amidon, T. E. - 1981. Effect of the wood properties of hardwoods on Kraft paper properties. *Tappi*(3):123-26. op. cit. Corrêa, A. de A. In: Estudo Papeleiro da Mistura dos "Rolos-Restos" das Fábricas de Compensados do Estado do Amazonas. *Acta Amazonica*, 12(3):619-38, 1982.
- Batista, M. P. & Borges, L. F. - 1983. Avaliação do crescimento de quatro espécies exóticas, na região do Jari - Pará. In: III Congresso Latino Americano de Celulose e Papel e XVI Congresso Anual da ABCP - Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. v. I. p. 3.
- Braun, H; Gadda, L.; Storsjo, M - 1979. Soda pulpings with anthraquinone effect on the delignification on the tracheid cell wall. *Tappi*, 62(4):67.
- Clark, J. d'A. - 1978. *Pulp technology and treatment for paper*. Miller Freeman Publications Inc. San Francisco - USA. 279 p.
- Corrêa, A. de A. - 1979. A demanda por celulose e papel e estudo comparativo de pastas celulósicas de folhosas da Amazônia com *Eucalyptus alba*, *Reinw ex Blume* e *Gmelina arborea* Roxb. Tese de Mestrado apresentada no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. p. 116-17.
- Dias, R. L. de & Silva Junior, C. da S. - 1985. A influência da densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* em suas características químicas e propriedades de polpação e do papel. In: *Anais do 18º Congresso Anual de Celulose e Papel*. ABCP - Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. p. 54.
- Doat, J. - 1970. Le blanchiment des pâtes chimiques des bois tropicaux. *Bois et forêt des tropiques*, (132):150.
- Foelker, C. E. B. & Barrichelo, L. E. G. - 1975. Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. *O papel*, (36):49-53.
- Macleod, V. M.; Lierop, B. van; Fleming, B. I.; Kubes, G. J.; Bolker, H. I. - 1982. The bleachability of kraft-Aq and Soda-Aq pulps. *Tappi*, (65):6. p. 115.
- Petroff, G.; Doat, J.; Tissot, M. - 1963. *Expérimentation D'une nouvelle méthode de recherche pour l'étude papetière D'une forêt tropicale hétérogène*. Constitution et traitement de Mélanges spécifiques de bois sélectionnés d'après leurs caractéristiques chimiques et morphologiques. Centre Technique Forestier Tropical. Nogent - sur-Marne (seine) - France.
- RADAMBRASIL - 1977. *Levantamento de recursos naturais*. v. 15, folha SB 19. Juruá. *Análise Estatística de Dados*. Anexo pp. 99, 101, 103, 217, 218, 308, 310, 424, 427, 429, 102, 219, 311, 427.
- - 1978a. *Levantamento de recursos naturais*. v.18, folha SA 20. Manaus. IV. *Vegetação*. *Análise Estatística de Dados*. Anexo pp. 159, 299, 611, 102, 137, 162, 300, 358,

414, 488, 589, 614, 138, 164, 415, 537, 616, 162, 358, 414, 488, 357, 589, 614.

---- - 1978b. **Levantamento de recursos naturais**. v. 16, folha SC 20. Porto Velho. IV. **Vegetação. Análise Estatística de Dados**. Anexo pp. 138, 139, 147, 149, 222, 224, 333, 334, 377, 378, 379, 388, 389, 439, 442, 444, 596, 598, 696, 699, 700, 802, 803, 139, 149, 224, 334, 389, 435, 598, 659, 803.

---- - 1978c. **Levantamento de recursos naturais**. v. 17, folha SB 20. Purus IV. **Vegetação. Análise Estatística de Dados**. Anexo pp. 138, 141, 142, 275, 277, 279, 382, 384, 385, 403, 405, 406, 494, 495, 496, 554, 556, 557, 624, 625, 676, 677, 678, 733, 736, 737.

Rydholm, S. A. - 1965. **Pulping processes**. Interscience Publishers a Division of John Wiley & Sons. New York. p. 587, 1140.

SUDAM - Departamento de Recursos Naturais/Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - 1979. **Características silviculturais das espécies nativas e exóticas dos plantios do Centro de Tecnologia Madeireira**. Estação Experimental de Curuá-Una. p.66.

Seymour, G. W. - 1963. Bleach plant testing control, and instrumentation. In: The Bleaching of pulp. A project of the pulp pyrification committee. Rapsow, W. H. ed. Chapter, p. 370.

Zvinakeviceus, C.; Foelkel, C. E. B.; Kaso, J.; Fonseca, M. J. de O. - 1979. Sequência exótica para branqueamento em múltiplos estágios de celulose Kraft de Eucalipto. **O papel**, 4:33-43.

(Aceito para publicação em 21/02/90)