

Estudo papelero da mistura dos "rolos-restos" das fábricas de compensados do Estado do Amazonas

Antônio de Azevedo Corrêa (1)

Resumo

Nesta pesquisa é apresentado o estudo da mistura dos "rolos-restos" das Fábricas de Compensado do Estado do Amazonas, tendo em vista o seu aproveitamento pela indústria de celulose a papel. Este estudo foi efetuado para complementar a pesquisa anterior (Acta Amazonica, março/82) efetuada com a mesma finalidade, mas enfocando os "roletes" individualmente. O material utilizado na pesquisa foi a mistura dos cavacos dos "roletes", correspondentes às seguintes espécies madeireiras: Copaíba, *Copaifera multijuga* Hayne; Jacareúba, *Calophyllum brasiliense* Camb; Virola, *Virola surinamensis* Warb; Hévea, *Hevea guianensis* Aubl, escolhidas de acordo com as suas composições químicas e tendo cada espécie a mesma participação em peso, na mistura. A metodologia empregada nos ensaios foi a que tradicionalmente é utilizada em pesquisa para avaliar matérias-primas para a indústria de celulose a papel. Mostraram-se os resultados obtidos e fez-se a discussão desses resultados na parte concernente à análise química, classificação e micrometria das fibras, densidade dos cavacos, cozimento, considerando os processos Soda/Enxofre, Soda e Sulfato, para a produção de pasta química e Sulfito Neutro para a obtenção de pasta de alto rendimento. Examinaram-se os alvejamentos das pastas cruas, efetuados pelos processos C.E.H.H.; C.E.D.E.D. e C.E.H.D.E.D., bem como, as características físico-mecânicas dos papéis e cartões obtidos das pastas cruas e alvejadas. Tiraram-se inúmeras conclusões, sendo a mais positiva a de que as pastas de alto rendimento obtidas dos "rolos-restos" são passíveis de ser utilizadas principalmente na manufatura de corrugado para cartão.

INTRODUÇÃO

Em recente trabalho, elaborado pela Divisão de Celulose e Papel do INPA, foram avaliadas isoladamente, as qualidades das pastas dos "rolos-restos" das Fábricas de Compensado do Estado do Amazonas, sendo considerado satisfatórios especialmente no que diz respeito as pastas de alto rendimento a Sulfito Neutro. Entretanto, como se pode facilmente avaliar, o procedimento isolado, se

tem a vantagem de fornecer informações qualitativas individuais e intrínsecas das pastas resultantes desses materiais lenhosos, nos afasta da realidade, porque os "rolos-restos" originários somente de uma espécie, provavelmente, não seriam suficientes para suprir uma fábrica de alto porte econômico. Por essa razão, o estudo da mistura é peça fundamental na avaliação das pastas celulósicas originárias dos "roletes", pela forma complementar que proporciona a avaliação isolada. A sua execução e resultados é neste trabalho relatada.

MATERIAL

O material utilizado na pesquisa foi a mistura dos "rolos-restos" das Fábricas de Compensado do Estado do Amazonas. O critério utilizado na escolha dos "roletes" que participariam da mistura, foi baseado principalmente na composição química dos mesmos. Em decorrência deste princípio, por apresentarem teores elevados em cinzas, os "rolos-restos" das espécies Cáucho e Muiratinga foram suprimidos, enquanto que, o "rolete" de Copaíba, mesmo apresentando elevado teor em extrativos a Álcool-Benzeno, foi mantido por serem seus componentes menos perniciosos ao equipamento, processo e produto do que os teores de cinzas e a supressão dos primeiros definiria a mistura em termos de composição. A mistura foi composta, tomando quantidades equivalentes de cavacos fabricados a partir dos "roletes", que suplantaram as condições exigidas das análises químicas dos componentes individuais. Desta forma, compuseram a mistura, os cavacos obtidos dos "roletes", oriundos das seguintes espécies: Copaíba, Hévea, Jacareúba e Virola.

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

MÉTODOS

ANÁLISE QUÍMICA

- Solubilidade da madeira em água quente
M 4/68 — A.B.C.P. (Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel)
- Solubilidade da madeira em hidróxido de sódio a 1%
M 5/68 — A.B.C.P.
- Solubilidade da madeira em álcool-benzeno
M 6/68 — A.B.C.P.
- Lignina na madeira
M 10/71 — A.B.C.P.
- Celulose na madeira
Método Kurschner e Hoffer
- Classificação das fibras
Método T-233-Su-64 TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry)
Equipamento: Classificador Clark modelo M-46
- Micrometria das fibras
Amostragem — realizada ao acaso com porções representativa de pasta retirada de cada compartimento do classificador.
Mensurações das fibras — Coradas com safranina.
Comprimento, 100 fibras mensuradas.
Diâmetro, 100 fibras mensuradas.
Lúmen, 10 fibras mensuradas
Coeficiente de flexibilidade — calculado
Índice de enfiamento — calculado
- Instrumentação
Projeter Olympus — 4P — 360
Microscópio E. Leitz com ocular 10X, objetiva 43X, fator 3,14
- Densidade
Método RC — 91 — TAPPI
- Tratamento da madeira
Pasta química soda enxofre
Ensaio exploratório — Condições
NaOH/Madeira seca .. 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 %
S/madeira seca 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 %
Tempo no Patamar 90 min.
Tempo de impregnação ... 120 min.
Temperatura de Patamar .. 170°C
Pressão 7-8 Kg/cm²
Diluição 3,3 : 1

Ensaio definitivo — Condições

NaOH/madeira seca	23%
S/madeira seca	2,3%
Tempo de Patamar	90 min.
Tempo de impregnação ...	120 min.
Temperatura no Patamar ..	170°C
Pressão	7-8 Kg/cm ²
Diluição	3,3 : 1

Pasta química à soda

Ensaio exploratório — Condições

NaOH/madeira seca ...	22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 %
Tempo no Patamar	90 min.
Tempo de impregnação ...	120 min.
Temperatura no Patamar ..	170°C
Pressão	7-8 Kg/cm ²
Diluição	3,3 : 1

Ensaio definitivo — Condições

NaOH/Madeira seca	23%
Tempo no Patamar	90 min.
Tempo de impregnação ...	120 min.
Temperatura no Patamar ..	170°C
Pressão	7-8 Kg/cm ²
Diluição	3,3 : 1

Pasta química Kraft

Ensaio exploratório — Condições

Alcali ativo como Na ₂ O	16,17, 18, 19, 20, 21, 22 %
Sulfidez	25±1%
Tempo de Patamar	90 min.
Tempo de impregnação ...	120 min.
Temperatura no Patamar ..	170°C
Diluição	3,3 : 1
Pressão	7-8 Kg/cm ²

Ensaio definitivo — Condições

Alcali ativo como Na ₂ O ...	22%
Sulfidez	25±1%
Tempo no Patamar	90 min.
Tempo de impregnação ...	120 min.
Temperatura no Patamar ..	170°C
Diluição	3,3 : 1
Pressão	7-8 Kg/cm ²

Pasta semi-química ao sulfito neutro

Ensaio definitivo — Condições

Na ₂ SO ₃	24%
Na ₂ CO ₃	8%
Tempo de impregnação in- termediário	55 min.
Temperatura no Patamar intermediário	110°C

Tempo no Patamar intermediário	60 min.
Tempo de elevação da temperatura (110° e 165°C) ..	65 min..
Tempo no Patamar definitivo	180°C
Temperatura no Patamar definitivo	170°C
Diluição	3,3 : 1
Pressão	7-8 Kg/cm ²

— Resultado do tratamento da madeira

Alcali residual calculado por acidimetria Na₂SO₃ residual, calculado por iodometria e acidimetria

N.º Kappa — C 5/69 — A.B.C.P.

Rendimento, percentagem da pasta seca obtida em relação a madeira seca.

Viscosidade — C 9/72 — A.B.C.P.

— Equipamentos utilizados no tratamento do material

Cozinhadores

a) — 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, o digestor é parcialmente carregado com água e o aquecimento se faz através de vapor, que atua sobre 7 bombas com 2 litros de capacidade introduzidas no corpo do digestor

b) — Marca "Schmidt" modelo A-11, aquecido eletricamente 1 rpm, 10 litros de capacidade

Desintegrador marca "Allibe" 17 litros de capacidade de, 1.700 rpm.

Centrífuga de desaguamento marca "Rousselet", tipo S-A 30 AWZ com duas velocidades fixas de 1.800 e 3.600 rpm, realizando desaguamento até 30% de consistência.

Depurador marca "Brecht Holl" (Peneiras com fendas de 0,2 mm)

— Tratamento de pasta (Refino)

Equipamento e condições

a) — "Bauer" — Tomou-se 16g de pasta seca. Preparou-se uma pasta com consistência de 0,2%. Submeteu-se

esta pasta a uma potência de 3,72 kw com circulação forçada e área de contato de 38 divisões no equipamento. Foram realizadas passagens sucessivas (o máximo três), até atingir o grau de refino desejado.

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

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

— Formação de folhas para ensaios

Equipamentos

a) — Formador "Rapid Köethen" com 2 aquecedores, marca "Frank".

b) — Formador "Rapid Köethen" com 2 aquecedores, marca "Regmed".

— Ensaios físico-mecânicos

Condicionamento de papel e papelão para ensaio (P 4/70 ABCP)

Gramatura (peso por metro quadrado) de papel e papelão (P 6/70 — A.B.C.P. folhas de 60±2 g/m² e 150 g/m²)

Resistência à tração de papel e papelão P, 7/70 — A.B.C.P.

Resistência ao estouro (Mullen) do papel e papelão P 8/71 — A.B.C.P.

Resistência a dobras-duplas T 423-Su-68-TAPPI

Resistência ao rasgo do papel P 9/69 — A.B.C.P.

Porosidade de papel e papelão P 11/71 — A.B.C.P.

Determinação da alvura do papel cartão P 16/73 — A.B.C.P.

Determinação da maciez do papel P 29/72
— A.B.C.P.

Resistência à compressão do papelão
T-472-Su-68-TAPPI

— Alveijamento das pastas

Processos e condições
C.E.H.H.

1.^a fase — C — Cloração a alta consistência. Injetou-se o Cloro na forma de gás na pasta cuja consistência variava entre 20% e 35%, até a total formação das cloroligninas caracterizada pela mudança da cor escura da pasta para uma amarelo-clara.

2.^a fase — E — extração alcalina.

NaOH introduzido em relação a
pasta seca 2,1%
Temperatura 60°C
Tempo 90 min.
Consistência 5%

3.^a fase — H — hipocloração

Cloro introduzido 2,8%
Temperatura 40°C
Tempo 360 min.
Consistência 5%

4.^a fase — H — hipocloração

Cloro introduzido 0,9%
Temperatura 40°C
Tempo 360 min.
Consistência 5%

C.E.D.E.D.

1.^a fase — C — Cloração alta densidade. Idêntica a do processo C.E.H.H.

2.^a fase — E — extração alcalina

NaOH introduzido em relação a
pasta seca 2,1%
Temperatura 60°C
Tempo 90 min.
Consistência 5%

3.^a fase — D — dioxidação

Cloro introduzido 0,8%
Temperatura 70°C
Tempo 240 min.
Consistência 5%

4.^a fase — E — extração alcalina

NaOH introduzido em relação a
pasta seca 0,5%
Temperatura 60°C

Tempo 90 min.

Consistência 5%

5.^a fase — D — dioxidação

Cloro introduzido 0,9%

Temperatura 70°C

Tempo 240 min.

Consistência 5%

C.E.H.D.E.D.

1.^a fase — C — cloração a alta densidade. Idêntica às fases anteriores.

2.^a fase — E — extração alcalina

NaOH introduzido em relação a
pasta seca 2,1%

Temperatura 60°C

Tempo 90 min.

Consistência 5%

3.^a fase — H — hipocloração

Cloro introduzido 1,4%

Temperatura 40°C

Tempo 120 min.

Consistência 5%

4.^a fase — D — dioxidação

Cloro introduzido 1,7%

Temperatura 70°C

Tempo 240 min.

Consistência 5%

5.^a fase — E — extração alcalina

NaOH introduzido 0,5%

Temperatura 60°C

Tempo 90 min.

Consistência 5%

6.^a fase — D — dioxidação

Cloro introduzido 0,6%

Temperatura 70°C

Tempo 240 min.

Consistência 5%

O cálculo do cloro ativo total aplicado nos alveijamentos foi calculado com base na equação: cloro ativo total = 0,319 x N.º Kappa, estabelecida por Zvinakevicius *et al.*, 1979. Nos procedimentos C.E.H.H. e C.E.D.E.D., após deduzir-se o cloro gasto na cloração a gás à alta consistência, aplicou-se o excedente de cloro ativo, na taxa de 75% na primeira e 25% na segunda hipocloração ou dioxidação respectivamente. No processo C.E.H.D.E.D., a aplicação do cloro ativo foi observada, segundo a metodologia estabelecida pelos pesquisadores acima mencionados, a saber: após a cloração

a gás e processada a correção, o restante do cloro ativo projetado foi aplicado através das seguintes equações:

2.º estágio — $0,225 \times (\text{N.º Kappa após o estágio precedente})$

3.º estágio — $0,75 \times (\text{cloro total} - \text{E cloro nos estágios anteriores})$

4.º estágio — $0,25 \times (\text{cloro total} - \text{E cloro nos dois primeiros estágios contendo cloro})$

Nas extrações, a introdução de NaOH seguiu os níveis aconselhados pelos pesquisadores, relatados na seguinte seqüência: primeira extração alcalina $\text{NaOH} = 1,36 + 0,03 \times \text{N.º Kappa}$. Segunda extração alcalina $\text{NaOH} = 0,5\%$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A serragem preparada com a mistura dos cavacos dos "rolos-restos" foi analisada segundo normas e procedimentos já consagrados na indústria papelreira, incluindo determinações de celulose, pentosanas, lignina, cinzas, solubilidade em álcool-benzeno, solubilidade em soda à 1%, solubilidade em água quente. O Quadro I, encerra os valores e a título de comparação a composição química da *Gmelina arborea* Roxb bem como composição química típica de uma mistura representativa de madeiras tropicais.

Comparando os valores para a mistura dos "rolos-restos" com os correspondentes a Gme-

lina e a mistura representativa de madeiras tropicais nota-se certas diferenças, mas não disparidades. Esta dissimilação se faz ora para mais, ora para menos, entre os diferentes componentes da análise química.

Comparando os resultados apresentados pela mistura dos "rolos-restos" com a de *Gmelina* e na mistura representativa, verificou-se que elas diferem, mas não de forma largamente dispar. Esta dissimilação se faz ora para mais, ora para menos, entre os diferentes componentes da análise química.

A influência das propriedades químicas das madeiras sobre as propriedades das pastas correspondentes, foi motivo de recente revisão por parte de Amidon, 1981, onde ele evidência as seguintes correlações. Quadro II.

Considerando as conclusões de Amidon, *ibidem*, e, sobrepondo as correlações estabelecidas sobre os resultados das análises químicas das misturas, dos "rolos-restos" e dos materiais lenhosos, estabelecidos como padrão de comparação, nota-se que os reflexos na qualidade das pastas decorrente da performance destas características, assim seriam verificadas: em relação à lignina, as pastas originárias da mistura dos "rolos-restos" teriam rendimentos superiores aos da *Gmelina arborea* Roxb e mistura representativa. Por outro lado, os cavacos da mistura dos "rolos-restos" estariam propensos a serem atacados por agentes xilófagos mais do que os oriundos da *Gmelina arborea* Roxb e mistura representativa. Pelos resultados das análises a álcool-

QUADRO I — Composição química da mistura dos "rolos-restos", mistura representativa e *Gmelina arborea* Roxb.

Material	Celulose %	Pentosanas %	Lignina %	Solúveis em Água quente	Solúveis em Álcool-benzeno	Solúveis em NaOH 1%	Cinza %
Mistura "rolos-restos"	44,6	15,9	23,5	1,7	3,5	19,4	1,2
<i>Gmelina arborea</i> Roxb	42,8	16,2	27,5	1,5	4,5	13,3	0,7
Mistura representativa	47,4	13,6	29,9	2,2	2,8	11,5	0,9

QUADRO II — Influência das propriedades químicas da madeira sobre as propriedades da pasta.

Constituintes na madeira	Efeitos sobre as propriedades da pasta
Lignina	Negativamente correlacionada com rendimento em pasta e resistência da fibra
Holocelulose	Fracamente e positivamente 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 álcool-benzeno	Negativamente correlacionada com rendimento em pasta, fonte primária de "tall-oil" na pasta Kraft
Solúveis em água quente	Negativamente correlacionada com rendimento em pasta

FONTI: AMIDON, 1981

benzeno e a água quente, os rendimentos seriam em escala descendentes representados pela mistura representativa, mistura dos "rolos-restos" e *Gmelina arborea* Roxb. Os teores em hemicelulose revelam que as pastas das misturas dos "rolos-restos" e *Gmelina arborea* Roxb teriam propriedades de aderência plásticas e entumescimento, superiores às das polpas da mistura representativa.

A classificação das fibras foi realizada segundo Clark, 1955 as mensurações das características anatômicas de acordo com Foelkel *et al.*, 1981. O coeficiente de flexibilidade e o índice de enfiletramento foram determinados conforme Petroff & Normand, 1961. Os resultados estão indicados no Quadro n.º II. Comparando as fibras originárias dos "rolos-restos" com as fibras da celulose como referência verifica-se que as fibras das pastas dos "rolos-restos" apresentam comprimento apreciavelmente maior do que as da *Gmelina* e

ainda ligeiramente superior as das pastas da mistura representativa. No que diz respeito as larguras, as fibras da *Gmelina* por sua forma achatada e larga mostraram diâmetros quase duplicado em termos dos observados para os das pastas das misturas. Situação semelhante a das larguras foi notada para lúmens das fibras.

Em relação ao coeficiente de flexibilidade as pastas das misturas dos "rolos-restos" foram superiores 1,2 vezes o coeficiente de flexibilidade das pastas da mistura representativa e inferior 1,6 vezes o coeficiente de flexibilidade da *Gmelina arborea*. Análise semelhante, realizada para o índice de enfiletramento mostrou uma equivalência para este parâmetro, entre as pastas provenientes da mistura dos "rolos-restos" e as originárias da mistura representativa e uma superioridade acima de 2 pontos sobre o índice de enfiletramento das pastas dos "rolos-restos" e sobre o índice correspondente ao das polpas da *Gmelina*. A classificação das fibras revelou em termos percentuais, que as fibras da mistura dos "rolos-restos" e da mistura representativa se parecem, e, diferem da *Gmelina* porque apresentam fibras mais compridas, estreitas, com coeficiente de flexibilidade baixo e índice de enfiletramento elevado, enquanto que esta folhosa introduzida na Amazônia, mostrou comprimento de fibra menores, maiores diâmetros, coeficiente de flexibilidade elevado e índice de enfiletramento baixo. O peso médio do comprimento das fibras tanto das pastas da mistura dos "rolos-restos" quanto das polpas da mistura representativa, que formam parelha, mostram-se superiores ao da *Gmelina*.

As características anatômicas têm importância relevantes sobre as qualidades das pastas, especialmente nas resistências dos papéis. Assim é que, em relação ao comprimento da fibra o Forest Biology Subcommittee n.º 2 On Test and Quality Objectives 1960 argumentava que o comprimento longo era desejável para a resistência do papel, exceto quando este apresentava defeitos, que causariam danos na formação das folhas. Discutiam aqueles autores que o comprimento médio longo é geralmente acompanhado por uma alta resis-

QUADRO III — Classificação, características anatómicas das pastas da mistura dos “rolos-restos”, mistura representativa e Gmelina.

Características	Mistura “rolos-restos” (m _μ)					Mistura representativa (m _μ)					Gmelina (m _μ)				
	Compartimento					Compartimento					Compartimento				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Comprimento das fibras (m _μ) - L - valores médios	—	1.947	1.271	1.104	979	—	1.966	1.506	1.111	915	—	1.435	1.152	981	729
Largura das fibras (m _μ) - l - valores médios	—	16	15	16	14	—	17	17	16	—	—	30	29	27	—
Largura das cavidades (m _μ) - C - valores médios	—	8	8	8	7	—	5	7	10	—	—	25	23	23	—
Coefficiente de flexibilidade C/1	—	50	53	50	50	—	29	41	62	—	—	83	79	85	—
Índice de enfeitramento L/1	—	122	85	66	70	—	115	38	69	—	—	48	40	36	—
Classificação das fibras	—	46	36	8	10	—	26	50	16	8	—	7	62	20	11
Peso médio dos comprimentos das fibras (m _μ)			1.519					1.510					1.098		

tência ao rasgo e em menor extensão por um incremento no estouro, tração e dobras-duplas. Fundamentavam as suas conclusões na teoria de que a fibra longa dá margem a uma grande área, sobre a qual o esforço aplicado era melhor distribuído e uma maior fadiga podia ser tolerada. Posteriormente, Barefoot *et al.*, 1964, mostraram uma correlação positiva e benéfica entre o comprimento da fibra e a resistência ao estouro e à tração. Estes pesquisadores relatavam, antepondo-se ao que já era normalmente aceito de que o comprimento da fibra representava pequena ou quase nenhuma correlação com o rasgo. Dinwoodie (1965) referiu que o comprimento da fibra estava entre as três características mais importantes condicionantes a resistência do papel e afirmava que um comprimento mínimo era exigido, para que houvesse ligações das fibras e conseqüentemente formação das folhas. Em seguida, Dinwoodie, 1967, confirmava que o comprimento da fibra estava entre os três parâmetros mais significativos para a solidez das pastas e mostrava a existência de relação direta e positiva, entre o comprimento da fibra e a resistência à tração e ao estouro, como conseqüência da existência do mínimo de comprimento para a dissipação das tensões. Considerava, ainda, aquele autor que a resistência ao fator rasgo, bem como o alongamento e dobras-duplas estavam positivamente correlacionados com o comprimento da fibra. Finalmente Amidon (Ibid.) mencionava que existe uma forte correlação positiva entre o comprimento da fibra e a resistência ao rasgo.

Considerando estas relações teóricas entre comprimento da fibra e solidez das pastas, observar-se-ia uma ligeira predominância das pastas da mistura dos "rolos-restos" e da mistura representativa, sobre as pastas da Gmelina.

O diâmetro da fibra, segundo o Forest Biology Subcommittee n.º 2 (Ibid.), levava importância relevante na conduta das pastas: fossem nas operações de depuração e refino, bem como tinham efeito meritório nas ligações, mobilidade das fibras e formação da folha. Afirmavam os membros daquela comissão, que as fibras de pequeno diâmetro e pa-

redes finas eram desejáveis para a resistências, em contrapartida às fibras de largo diâmetro e paredes grossas. Por outro lado, Tamolang & Wangaard (1961) consideravam que as fibras de paredes finas e largo diâmetro entrariam em colapso ao achatarem-se para formar a fita, no processo de formação de folha em conseqüência de as suas pastas serem compactas com alta efetividade entre as fibras na área de contato, resultando pastas com alta resistência ao estouro e à tração. Inversamente, segundo aqueles pesquisadores, fibras de paredes espessas e diâmetro reduzido resistiriam ao colapso e reteriam o seu perfil tubular e por causa da reduzida área de contato entre as fibras, tais pastas apresentariam, efetivamente, baixa resistência ao estouro e à tração, em contrapartida, haveria uma ligação maior fibra-fibra, o que possibilitaria, de acordo com os mesmos autores, que as pastas formadas dessas fibras, mostrassem maiores resistência ao rasgo, do que as pastas originárias de fibras de paredes delgadas.

Segundo estes conceitos, as pastas resultantes das misturas dos "rolos-restos" e representativa mostrariam maior resistência ao rasgo, do que a pasta da Gmelina. Contrariamente, a pasta da Gmelina, pela teoria exposta, apresentaria maior resistência ao estouro e à tração do que as pastas da misturas. Tamolang & Wangaard (Ibid.) mencionavam que a taxa de flexibilidade é reportada como tendo uma relação parabólica com a auto-ruptura e o estouro e consideravam ser a melhor grandeza em termos de fibrilas relacionada com a tração. Van Buijtenen, citado por Amidon (Ibid.) estipulava que o estado de flexibilidade era a chave na determinação das qualidades das pastas químicas. Teorizava aquele pesquisador que a flexibilidade das fibras influenciava as ligações interfibrilares, porque as fibras mais flexíveis possibilitavam maior contato interfibra. Estas afirmações, simplesmente, corroboram as assertivas de Petroff & Normand (Ibid.) quando definiram o coeficiente de flexibilidade como a relação expressa em percentagem, entre o diâmetro da cavidade da fibra e a largura da mesma e confirmaram, por estudo de regressão simples, as cor-

relações entre o coeficiente de flexibilidade e as seguintes propriedades das pastas: drenagem da pasta não refinada, correlação positiva; tempo de refino, relação negativa; tração, enlace positivo; dobras-duplas, correlação positiva; lisura, enlace negativo, porosidade, relação negativa.

Por estes conceitos, é de esperar-se que em função do coeficiente de flexibilidade encontrado no material em estudo e nos tomados para comparação, a pasta de Gmelina se mostraria superior tanto à da mistura dos "rolos-restos", quanto a da representativa, naquelas propriedades onde o coeficiente de flexibilidade tem influência positiva proeminente.

O índice de enfeltramento, também definido por Petroff & Normand, (Ibid.), como sendo a relação entre o comprimento da fibra e sua largura, estava diretamente relacionado com a dobras-duplas e o rasgo e inversamente com a tração e o estouro. Dentro deste con-

ceito, seriam as propriedades das pastas da mistura representativa e dos resíduos, relacionadas positivamente com o índice de enfeltramento e superiores ao da Gmelina.

Através dos resultados mostrados no Quadro IV, foram escolhidas as condições satisfatórias empregadas nos ensaios definitivos. Para fixar essas condições levaram-se em consideração duas variáveis, N.º Kappa e taxa de rejeitos. Em relação ao N.º Kappa, estabeleceu-se que seriam retiradas aquelas pastas, cujos índices de deslignificação estivessem compreendidos entre 16 e 23. Foram consideradas como pastas aceitáveis as que apresentassem taxa de rejeito inferior a 2%. As condições escolhidas estão formuladas na metodologia, na parte concernente aos ensaios definitivos.

Os resultados evidenciados no Quadro V, mostram que os rendimentos, excetuando o alcançado pelo processo a soda se situaram

QUADRO IV — Resultados dos cozimentos exploratórios da mistura dos "rolos-restos" segundo os diferentes processos utilizados.

Processo	Rendimento (%)	N.º Kappa	Rejeito (%)	Alcali residual g/L
Soda/enxofre	43,0	21,6	2,3	1,2
	44,0	17,5	2,3	1,6
	43,0	19,3	2,0	2,8
	44,0	21,0	1,5	2,4
	46,0	19,8	1,2	3,6
	42,0	17,1	0,7	4,4
	41,0	15,5	0,8	6,5
Sulfato	41,0	27,0	5,4	1,3
	39,0	26,0	4,3	1,3
	39,0	25,0	3,1	1,0
	39,0	23,0	3,0	1,6
	39,5	23,0	1,7	1,9
	39,0	21,0	1,6	2,2
	37,5	21,0	1,4	2,2
Soda	39,0	27,8	1,0	3,8
	40,0	21,7	0,8	6,5
	38,0	20,9	0,9	9,7
	39,0	18,6	0,8	10,5
	37,0	18,7	0,6	8,3
	37,0	18,6	0,6	10,5
	37,0	17,2	0,4	13,3

QUADRO V — Resultados do cozimento padrão da mistura dos “rolos-restos” segundo os diferentes processos.

Processo	Rendimento (%)	N.º Kappa	Rejeito (%)	Alcali residual g/L
Sulfato	38,0	16,0	0,8	1,6
Soda	46,8	20,9	0,8	9,7
Soda/enxofre	39,0	22,8	1,1	0,8

abaixo dos valores, dos normalmente observados em essências papeleras convencionais e mesmo em pastas derivadas de mistura de madeiras tropicais.

Observou-se o melhor rendimento para a pasta originária do processo a soda, enquanto que, as pastas ao sulfato e soda/enxofre mostraram rendimentos menores, equivalentes entre si.

Através do N.º Kappa, foi revelada uma melhor deslignificação para a pasta ao sulfato, enquanto as pastas soda e soda/enxofre apresentaram índices menos elevados.

A tendência à degradação foi mais acentuada no processo sulfato do que nos procedimentos soda e soda/enxofre.

O consumo de reagentes e os resultados dos alvejamentos das pastas cruas, oriundas dos cozimentos soda/enxofre, soda e sulfato, mostrados no Quadro VI, revelam que por serem mais duras (Kappa = 22,8), as pastas provindas do procedimento soda/enxofre demandaram um maior percentual de cloro total, enquanto menores quantidades foram requeridas pelas pastas fabricadas pelo processo sulfato.

Considerando os tipos de cozimento e confrontando os processos de branqueamento nota-se pelos diferentes resultados obtidos uma tendência para uma maior quebra nas cadeias celulósicas nas pastas alvejadas pelo processo C.E.H.H. do que pelos demais procedimentos alvejantes, o que fica revelado pelo decréscimo das viscosidades finais.

As alvuras alcançadas nas pastas alvejadas pelos procedimentos com dióxido foram

superiores as resultantes do processo C.E.H.H. enquanto que, a estabilidade foi equivalente nos três procedimentos branqueantes, para todos os tipos de pastas químicas.

As características mecânicas das pastas cruas e alvejadas mostradas nos Quadros VII a XII confirmam que as polpas oriundas dos “rolos-restos” são mais fracas do que as celuloses provenientes de espécies florestais que são normalmente utilizadas na fabricação de pastas de fibras curtas como os *Eucalyptus* e a *Gmelina*.

Confrontando os processos de fabricação, as pastas oriundas do processo soda/enxofre foram mais resistentes do que as provenientes do processo sulfato e esta superiores as originárias do procedimento somente à soda.

Entre os processos de alvejamento, os procedimentos à base de dióxido de cloro foram mais seletivos a lignina, evitando maior degradação da celulose e proporcionando em consequência, melhores resistências, do que processos usando hipoclorito.

A possibilidade das pastas das misturas dos “rolos-restos” mostrarem maiores resistências ao rasgo do que à tração, estouro e dobras-duplas, detectados no estudo anatômico das fibras, não foram verificadas com real nitidez nos resultados apresentados pelas características físico-mecânicas.

Nos Quadros XIII e XIV, apresentam-se as características observadas em pasta de alto rendimento ao sulfato neutro.

O rendimento foi ligeiramente inferior ao valor obtido por Petroff *et al.*, 1968, nas mesmas condições, com *Eucalyptus robusta* de Madagáscar.

QUADRO VI — Consumo de reagentes e resultados dos branqueamentos das pastas cruas oriundas dos diferentes cozimentos da mistura dos "bolos-restos".

Tipos de Pasta	Processos de Alvejamento	Cloro Consumido %	NaOH Consumido %	ClONa Consumido %	ClO ₂ Consumido %	"Photovolt" %	Estabilidade de Alvura %	Viscosidade %
Soda/Enxofre	CEHH	3,2	1,5	2,7	—	87	95	17,6
Soda	CEHH	2,6	1,6	2,6	—	89	95	12,1
Sulfato	CEHH	2,3	1,8	2,0	—	88	97	17,2
Soda/Enxofre	CEDED	3,2	1,7	—	3,7	89	97	26,8
Soda	CEDED	2,6	1,9	—	3,2	88	97	17,0
Sulfato	CEDED	2,3	2,2	—	2,3	86	96	21,0
Soda/Enxofre	CEHDED	3,2	1,7	1,3	2,3	89	97	25,6
Soda	CEHDED	2,6	1,9	1,0	1,9	89	97	17,6
Sulfato	CEHDED	2,3	2,1	0,9	1,2	89	97	22,1
Sulfito Neutro	CEHDED	24,1	8,3	2,5	—	90	96	22,7

QUADRO VII — Características das pastas cruas dos cozimentos soda/enxofre da mistura dos “rolos-restos”. Resultados interpolados a 45°SR, moagem na Holandesa e Jokro.

Equipamento	Auto-ruptura (m)	Rasgo g por 100g/m ²	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-duplas N.º	Porosidade Seg/100cc	Lisura Seg/50cc	Maciez Seg/100cc	Alongamento %
Holandesa	3.749	34	0	3,0	17	23	42	1,1
Bauer	6.219	70	1,9	53	70	26	38	1,5
Jokro	7.547	62	2,9	82	35	26	34	1,8

QUADRO VIII — Características das pastas cruas dos cozimentos soda da mistura dos “rolos-restos”. Resultados interpolados a 45°SR, segundo moagem nos diferentes equipamentos.

Equipamento	Auto-ruptura (m)	Rasgo g por 100g/m ²	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-duplas N.º	Porosidade Seg/100cc	Lisura Seg/50cc	Maciez Seg/100cc	Alongamento %
Jokro	4.614	48	0,5	5	18	34	36	1,1
Holandesa	2.492	26	0,0	2	8	22	50	0,8
Bauer	4.677	55	1,1	12	26	25	45	1,5

QUADRO IX — Características das pastas cruas dos cozimentos sulfato/Kraft da mistura dos “rolos-restos”. Resultados interpolados a 45°SR, segundo moagem nos diferentes equipamentos.

Equipamento	Auto-ruptura (m)	Rasgo g por 100g/m ²	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-duplas N.º	Porosidade Seg/100cc	Lisura Seg/50cc	Maciez Seg/100cc	Alongamento %
Bauer	5.251	53	1,7	16	63	24	37	1,5
Holandesa	3.048	46	0,0	2	16	18	47	0,9
Jokro	5.874	68	2,1	37	64	32	47	1,7

QUADRO X — Características das pastas alvejadas dos cozimentos soda/enxofre da mistura dos “rolos-restos”. Resultados interpolados a 45°SR, segundo os diferentes processos de alvejamento. Moagem no Bauer.

Processos de Alvejamento	Auto-ruptura (m)	Rasgo g por 100g/m ²	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-duplas N.º	Porosidade Seg/100cc	Lisura Seg/50cc	Maciez Seg/100cc	Alongamento %
CEHH	5.059	68	1,4	19	86	26	40	1,4
CEDED	6.018	70	2,0	88	454	29	38	1,6
CEHDED	6.499	66	2,3	75	> 1.800	32	40	1,7

QUADRO XI — Características da qualidade das pastas alvejadas dos cozimentos soda da mistura dos “rolos-restos”. Resultados interpolados a 45°SR, segundo os diferentes processos de alvejamento. Moagem no Bauer.

Processos de Alvejamento	Auto-ruptura (m)	Rasgo g por 100g/m ²	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-duplas N.º	Porosidade Seg/100cc	Lisura Seg/50cc	Maciez Seg/100cc	Alongamento %
CEHH	4.959	58	1,2	8	42	27	41	1,5
CEDED	5.617	54	1,8	21	149	39	41	1,7
CEHDED	5.800	59	1,9	22	> 1.800	37	39	1,4

QUADRO XII — Características da qualidade das pastas alvejadas dos cozimentos sulfato/Kraft da mistura dos “rolos-restos”. Resultados interpolados a 45°SR, segundo os diferentes processos de alvejamento. Moagem no Bauer.

Processos de Alvejamento	Auto-ruptura (m)	Rasgo g por 100g/m ²	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-duplas N.º	Porosidade Seg/100cc	Lisura Seg/50cc	Maciez Seg/100cc	Alongamento %
CEHH	5.284	64	2,2	29	215	38	41	1,8
CEDED	4.998	65	2,1	26	164	27	42	1,6
CEHDED	5.674	67	2,2	35	>1.800	21	47	1,5

QUADRO XIII — Resultados do cozimento ao sulfito neutro da mistura dos “rolos-restos”.

Característica	Resultados
Rendimento	64,8 %
N.º Kappa	62,7
Na ₂ SO ₃ g/l	23,7

As características mecânicas das pastas cruas foram satisfatórias e as pastas alvejadas mostraram também bons níveis de resistência. No conjunto, as resistências mecânicas das pastas cruas e alvejadas estiveram em consonância com os valores de Petroff, *Ibid.*

Nos ensaios típicos para correspondentes de papelão corrugado, os resultados foram aceitáveis, sendo a resistência ao esmagamento (índice de Concora) ligeiramente superior encontrado por Gomez & Mondragon (1974), no seu estudo de cozimento de madeiras duras tropicais para miolo de cartão: desta maneira os “rolos-restos” mostram-se adequados para a fabricação de corrugado para cartão.

CONCLUSÃO

O estudo da mistura foi fundamental na avaliação das pastas celulósicas originárias dos “roletes”, pela forma complementar, que proporcionou a avaliação isolada.

O critério utilizado na escolha dos “roletes”, que participaram da mistura, foram os resultados das suas composições químicas.

Os “rolos-restos” que participaram das misturas foram os das madeiras, Copaíba, *Copaifera multijuca* Hayne; Jacaréúba, *Colophyllum brasiliense* Camb.; Virola, *Virola surinamensis* Warb; Hévea, *Hevea guianensis* Aubl.

A composição química da mistura dos “rolos-restos” divergiu de certo modo das composições da mistura representativa e da *Gmelina arborea* Roxb.

Pelas correlações existentes entre a composição química e os produtos do cozimento, as pastas originárias da mistura dos “rolos-restos” teriam: a) — rendimentos superiores; b) — os cavacos estariam mais propensos a serem atacados por agente xilófagos; c) — mostraram aderência plástica e inchamento equivalente a *Gmelina arborea* Roxb e superiores à mistura representativa.

As características dimensionais das fibras da mistura dos “rolos-restos” foram semelhantes às das fibras da mistura representativa, mas diferiram das dos componentes fibrosos da *Gmelina arborea* Roxb.

Com base nas considerações teóricas com respeito ao comprimento da fibra solidez das pastas, observou-se uma ligeira superioridade das pastas da mistura dos “rolos-restos” e da mistura representativa sobre a pasta da *Gmelina arborea* Roxb.

Segundo o critério de correlação existente entre os diâmetros das fibras e as características mecânicas dos papéis; as pastas resultantes das misturas dos “rolos-restos” mostram maior resistência ao fator rasgo do que a pasta da *Gmelina arborea* Roxb.

QUADRO XIV — Características das pastas cruas e alvejadas da mistura dos “rolos-restos” obtidas através do cozimento monosulfito. Resultados interpolados a 45°SR. Moagem no Bauer.

Forma da Pasta	Espessura µ	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m ²	Estouro Kg/cm/ 100g/m ²	Dobras- duplas	Porosi- dade seg/100cc	Maciez seg/100cc	Lisura seg/50cc	Alonga- mento %	Rigidez Kg	Esmaga- mento Kg
Cruas	—	6.134	74	1,9	72	52	37	25	1,3	27,1	28
Alvejada CEHH	224	5.915	50	2,5	28	391	31	26	1,5	—	—

Quanto ao coeficiente de flexibilidade, a pasta da *Gmelina arborea* Roxb mostra-se mais resistente do que as da mistura dos "rolos-restos" e da mistura representativa.

Com respeito ao índice de enfiamento, a pasta da mistura representativa e mistura dos "rolos-restos" teriam as propriedades mecânicas, relacionadas com este índice superiores aos da pasta de *Gmelina arborea* Roxb.

Os rendimentos das pastas químicas dos "rolos-restos" excetuando o alcançado pelo processo soda, situam-se abaixo da média dos que normalmente são encontrados para essências papeleiras convencionais, ou mesmo para pastas provenientes de madeiras tropicais.

A pasta mais deslignificada foi do processo sulfato, como se notam maior degradação da celulose neste processo.

A pasta provinda do procedimento soda/ enxofre demandou um maior percentual de cloro total nos alveamentos.

Existe uma tendência para uma maior quebra nas cadeias celulósicas, nas pastas alvejadas pelo processo C.E.H.H.

A alvura alcançada na pasta alvejada pelos procedimentos com dióxido foi superior à resultante do processo C.E.H.H.

As características mecânicas das pastas cruas e alvejadas confirmam que as pastas oriundas dos "rolos-restos" foram mais fracas do que as celulosas provenientes de espécies florestais utilizadas na fabricação de pastas de fibras curtas.

Os resultados dos ensaios de fabricação de pastas de alto rendimento a sulfito neutro, justificam o uso das pastas originárias das misturas dos "rolos-restos" na fabricação de corrugado para cartão.

SUMMARY

This study involves the use of leftover wood rolls from the manufacture of plywood in Amazonas State for use in the pulp and paper industry. This is a continuation of a previous study with the same goal, but focussing on individual logs.

Estudo...

The material utilized in this research was a mixture of chips of rolls, corresponding to the following species: *Copaifera multijuga* Hayne, *Hevea guianensis* Aubl., Jacareúba *Calophyllum brasiliense* Camb., and *Virola surinamensis* Warb., chosen because of their chemical composition; each species having the same percentage by weight, in the pulp mixture.

The methods used in the samples were those traditionally utilized to evaluate raw materials for the pulp and paper industry.

Results obtained are discussed in relation to chemical analysis, classification, micromerements of fiber density of chips, and cooking. The sulphur-soda process and soda and sulphate process for the production of chemical pulp and neutral sulphite are compared. Bleaching of raw pulp, affected by C.E.H.H., C.E.D.E.D. and C.E.H.D.E.D. processes is examined, as well as are the physical-mechanical characteristics of the paper and corrugated board obtained from the raw and bleached pulp. Numerous conclusions are inferred, the most important of which is that pulp produced from residual logs from plywood manufacturing is of practical use, especially in the production of corrugated board.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMIDON, T.E.
1981 — Effect of the wood properties of hardwoods on kraft paper properties. **TAPPI**, 64 (3): 123-126.
- BAREFOOT, A.C.; HITCHINGS, R.G.; ELLWOOD, E.L.
1964 — Wood characteristics and kraft paper properties of four selected loblolly pines. I — Effect of fiber morphology under identical cooking conditions. **TAPPI**, 47 (6): 343-357.
- CLARK, J. d'A.
1955 — Fiber length and beating control by classification. **TAPPI**, 38 (11): 702-704.
- DINWOODIE, J.M.
1965 — The relationship between fiber morphology and paper properties. Review of literature. **TAPPI**, 48 (8) 441-446.
1967 — The influence of **anatomical** characteristics of softwood on the properties of sulphate pulp. **TAPPI**, 49 (2): 57-67.
- FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO, C.A.; ZVINAKECIUS, C.; BORSSATO, M. de F.B.
1981 — Em busca da qualidade ideal do eucalipto para produção de celulose. I — *Eucalytus* tropicais. **O Papel**, 42: 52-56, fev.
- FOREST BIOLOGY SUBCOMMITTEE N.º 2 ON TESTS AND QUALITY OBJECTIVES
1960 — Pulpwood properties: response of processing and of paper quality to their variation. **TAPPI**, 43 (11): 40a-64a.

- GOMEZ, C.H.; MONDRAGON, I.
1974 — The pulping of tropical hardwoods for linerboard. **TAPPI**, 57 (5): 140-142.
- PETROFF, G. & NORMAND, D.
1961 — Relations entre les caractéristiques morphologiques des fibres de quelques bois feuillus tropicaux. **Revue L'Association Technique de L'Industrie Papetière**, 15 (5): 353-371.
- PETROFF, G.; DOAT, J.; TISSOT, M.
1968 — **Caractéristiques papetières de quelques essences tropicales de reboisement** Tome III Centre Technique Forestier Tropical. Pg. 50-74.
- TAMOLANG, F.N. & WANGAARD, F.F.
1961 — Relationship between hardwood fiber characteristics and pulp sheet properties. **TAPPI**, 44 (3): 202-216.
- ZVINAKECIUS, C.; FOELKEL, C.E.B.; KATO, J.; FONSECA, M.J. de O.
1979 — Sequências exóticas para branqueamento em múltiplos estágios de celulose kraft de eucalipto. **O Papel**, 50: 33-43.

(Aceito para publicação em 25/06/82)