

RESUMO

Relatam-se os ensaios de Laboratório sobre 8 espécies florestais amazônicas, visando a sua utilização como Essências Papeleiras de Reflorestamento. Inicialmente, analisam-se as suas distribuições geográficas na Amazônia brasileira, bem como mencionam-se as *in* formações silviculturais sobre elas existentes. Descrevem-se os ensaios realizados sobre a composição química, densidade, classificação dos cavacos e picagem das madeiras. Relatam-se as metodologias empregadas na fabricação de pastas químicas alcalinas e polpas semiquímicas NSSC. Descrevem-se os vários métodos utilizados nos alvejamentos dessas pastas. Citam-se as metodologias empregadas para a caracterização físico-mecânicas dos papéis e cartões fabricados dessas pastas. Discutem-se os resultados dos ensaios. Fazem-se várias influências sobre eles. Conclui-se que as espécies pesquisadas são recomendadas a nível de pesquisa de Laboratório como Essência Papeleira para Reflorestamento.

INTRODUÇÃO

As espécies florestais exóticas de crescimento rápido têm sido introduzidas com sucesso nos trópicos. Árvores de **Eucalyptus** originárias do continente australiano, são encontradas em plantios puros, em quase todas as regiões tropicais e intertropicais. Plantios homogêneos de espécies de **Pinus**, também, avançaram pela África, Ásia e América Latina. Este notável feito quebrou em parte, o monopólio exclusivo da produção de polpa das nações do hemisfério norte, que até então lhes eram de exclusiva competência, tornando nações totalmente importadoras a exportadoras, não somente de polpa, mas também de seus conexos. O exemplo digno desta alternância foi o Brasil, que, na década de 50, tinha o seu parque industrial composto quase que somente da indústria de conversão e cuja matéria prima era alicerçada na polpa importada. Hoje, o Brasil produz 1% da produção mundial de pasta, com mais de 90% desta produção oriunda do **Eucalyptus**.

Os bosques homogêneos são, em contrapartida, acusados, especialmente, pelos ecologistas de: Mata silenciosa, Floresta muda, Deserto verde, Emprobecedores de solos e

(*) INPA. Divisão de Tecnologia de Celulose e Carvão Vegetal, Manaus - AM.

Precursores da desertificação. Postula-se, em seu lugar, uma nova ótica silvicultural que seria o manejo florestal, onde a monocultura seria substituída, por um conjunto de espécies florestais, que apresentassem características dendrológicas equivalentes e sobre as quais pudessem ser executadas práticas de manejo que não causassem impactos maiores sobre a Ecologia.

Por outro lado, cabe pesquisar porque, especificamente, no caso brasileiro, as espécies nativas da mata atlântica não se impuseram sobre as do *Eucalyptus* introduzido? Não teria faltado maior perspicácia na mentalidade da época?

Por estas razões, a elaboração da pesquisa em foco teve entre os seus maiores objetivos:

- a) - A provável recomendação destas espécies para futuros plantios homogêneos tradicionais;
- b) - Possibilidade de virem a ser utilizados em manejo florestal, bosquejamento com várias espécies;
- c) - Caracterizá-las como prováveis alternativas para madeiras papeleiras exóticas.

Entre estes e outros motivos é que se apresenta a determinação das características papeleiras destas 8 espécies nativas da floresta amazônica.

Distribuição Geográfica e Informações Silviculturais

No quadro nº 1 apresentam-se as espécies mencionando os seus nomes locais, bem como as suas nomenclaturas botânicas.

No quadro nº 2, evidencia-se a ocorrência dessas espécies por regiões e por diferentes tipologias florestais da Amazônia Brasileira.

Como se pode observar, não são espécies dominantes e geralmente apresentam baixo rendimento: 2m³/ha. Neste particular, vale realçar a cubagem do Breu Almescla na região de Porto Velho. Tipologia florestal; Floresta aberta, que mostra um volume de 3,798m³/ha, bem superior aos das demais espécies mas, medíocre quando comparada com qualquer plantio homogêneo papeleiro.

Sobre algumas dessas espécies, quadro nº 3, foram realizados ensaios de plantios na estação experimental de Silvicultura Tropical CTM (Centro de Tecnologia Madeireira) localizada à margem direita do rio Curuã-Una, afluente do rio Amazonas e aproximadamente a 50 km de sua embocadura, cuja longitude é de 54° 24' e latitude, 2° 23'.

O clima, comum e geral para toda a Amazônia Brasileira, é quente úmido. A temperatura média anual varia de 25,4° C a 27° C, tendo 26° C como média no ano.

A insolação total anual é 2091,5 horas, com variação mensal de 105,9h. a 243h. A umidade relativa para todos os meses do ano é, em termos médios, 84%. Os índices pluviométricos mensais variam de 390 mm (setembro) a 3500 mm (março) com total anual de 2095 mm.

Considerando as características geomorfológicas, a região apresenta três formações distintas: Igapô, Várzea e Terra firme. A terra firme, em contrapartida, divide-se em

Planalto e Flanco tendo como parâmetro de diferenciação, a altitude e a natureza dos solos.

O Projeto Radam (1975) assinala que os solos do Planalto são classificados como latossóis amarelos, distróficos, de textura mediana argilosa, sob floresta densa e relevo plano.

Em relação ao Flanco, os solos predominantes são os latossóis amarelos, com variações que permitem a classificação do sítio em:

a) - Flanco baixo, caracterizado por solos profundos, bem drenados, textura muito leve, muito ácidos (pH 4, 5, 5), facilmente penetráveis por raízes e água, reduzida fertilidade, susceptíveis à seca. Estes solos foram classificados em: Latossóis amarelo-avermelhados.

b) - Flanco baixo de transição. Esta área apresenta solos semelhantes aos acima descritos, porém com texturas mais pesadas que os anteriores e estão menos sujeitos às secas. São classificados como latossóis.

c) - Flanco alto. Esta região mostra solos com características semelhantes aos do Flanco baixo, mas diferenciam-se nas texturas, que nestes solos são mais pesadas, sendo fortemente concrecionários a uma profundidade de 1.00 m a 1.50 m.

Com exceção para a Tatajuba, o desempenho dos plantios dos indivíduos no Planalto foi superior ao dos plantios do Flanco. Por outro lado, o Morototô foi a espécie que mostrou maior incremento, tanto no Flanco como no Planalto, com volume total estimado da ordem de 37m³/ha/ano, equivalendo-se aos volumes do *Eucalyptus* sp, introduzido no cerrado brasileiro e segundo o IBDF (1980), seria em termos médios da ordem de 35m³/ha/ano.

Picagem das Madeiras e Classificação dos Cavacos

As madeiras foram transformadas em cavacos num picador de laboratório "Appleton" potência de 15hp, velocidade do disco 500 r.p.m., com duas facas de 7/8" colocadas num ângulo de 45° em relação ao alimentador.

Após a picagem, os cavacos foram classificados usando-se um Separador Vibrador Sweco de malhas com diâmetro correspondente a 28,57mm, 19,04mm e 4,76mm respectivamente em quatro frações de materiais assim descritos: a primeira composta de cavacos grandes e lasca de madeiras que não ultrapassaram a malha de maior diâmetro; a segunda e a terceira representadas por porções retidas nas malhas de 19,04 mm, 4,76 mm e a quarta constituída de palitos e serragem. A classificação dos cavacos é mostrada no quadro nº 4.

Os cavacos após classificados apresentaram os seguintes limites máximos de dimensões:

- a) - Comprimento, direção e grã ou longitudinal - 30mm;
- b) - Espessura direção radial - 5 mm;
- c) - Largura direção tangencial - 50 mm.

Nas modernas fábricas de polpa, todos os componentes do vegetal são aproveitados: as folhas são deixadas no campo como adubo e reciclantes de nutrientes e os galhos finos cascas e serragens são utilizados como combustíveis nas caldeiras. A quase totalidade do tronco transformado em cavacos é utilizada. Na polpação, espera-se que a madeira apresente qualidade, de modo que esteja em condições para a produção de cavacos, os quais após a picagem, resultam em condições ótimas para a impregnação do licor branco e em consequência um cozimento satisfatório.

Por outro lado, a avaliação da qualidade do cavaco é, normalmente, efetuada pela classificação. As características restritivas da madeira para a formação de um bom cavaco, necessário para um bom rendimento e boa qualidade da pasta, são em maior grau, a formação de serragem e poeira e em menor, o surgimento de lascas. O inconveniente das lascas é solucionado pela colocação no circuito de preparação da madeira no Repicador.

Sob este enfoque, no caso das madeiras pesquisadas, verifica-se que, para todas as espécies, os cavacos classificados nas peneiras intermediárias - cavacos para o Cozinhador, constituíram-se os maiores percentuais. Para os cavacos grandes e lascas retidos na primeira peneira, os percentuais variaram desde 3,26% para a Envira Surucucu a 21,05% para a Caroba. Quanto aos palitos e serragens, os resultados foram normais e não ultrapassaram 2%, estando portanto dentro de padrões de especificações aceitáveis.

Composição Química das Madeiras e Densidade

As análises químicas das diferentes madeiras foram realizadas segundo os métodos tradicionalmente aceitos pelas associações especializadas: A.B.C.P. (Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel). TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry). Assim especificadas:

- a) - Solubilidade da madeira em Água quente M4/68 - A.B.C.P.
- b) - Solubilidade da madeira em Álcool-Benzeno M6/8 - A.B.C.P.
- c) - Solubilidade da madeira em Hidróxido de Sódio a 1% M5/68 - A.B.C.P.
- d) - Lignina na madeira M10/71 - A.B.C.P.
- e) - Celulose na madeira método KURSCHNER e HOFFER.
- f) - Cinzas na madeira T 15 05 - 58 - TAPPI.

As densidades foram definidas pelo método RC 91 - TAPPI.

Os resultados são indicados no quadro nº 5.

As influências dos constituintes químicos da madeira na qualidade da pasta têm sido exaustivamente pesquisados. Amidom (1981), *sumarizou* estas influências em relação ao rendimento em polpa e outras propriedades, como mostrado no quadro nº 6.

Por outro lado, é sobejamente conhecida a importância da densidade da madeira tanto no processamento da matéria prima, como também, na qualidade da pasta e dos papéis dela advindo.

Tendo como arcabouço teórico a tabela estabelecida por Amidom *Ibid* e os conhecimentos sobre as conseqüências da densidade da madeira sobre a pasta, estima-se de um modo geral, que os resultados da composição química e das densidades das madeiras pesquisadas, caracterizaram-se no conjunto, como boas essências papeleiras. Corroborando esta afirmação, o teor de extrativos em água, normalmente, relacionado, negativamente, com o rendimento nunca ultrapassou a 3%, bem inferior aos encontrados por Foelkel *et al.* para as espécies de **Eucalyptus**: **saligna**, **paniculata**, **citriodora**, **maculata** e **tereticornis**.

Os resultados dos teores em álcool-benzeno, que estão negativamente correlacionados com rendimento em pasta e são indicados como fonte primária de "Tail-oil", nas pastas Kraft, mostraram-se superiores aos das espécies de **Eucalyptus** pesquisados por Foelkel *et al.*, significando que as essências da Amazônia pesquisadas teriam menores rendimentos do que as espécies de **Eucalyptus** relatadas por Foelkel *et al.* *Ibid*; mas, em compensação apresentariam, após cada ciclo de cozimento Kraft, maior rendimento na produção de Tail-oil.

Considerando o teor em Soda a 1%, positivamente, correlacionado com a decomposição da madeira e comparando os resultados dos teores das madeiras nativas da Amazônia com os encontrados por Foelkel *et al.* *Ibid*, para os diferentes **Eucalyptus**, verifica-se uma certa similaridade nos resultados, com variações ou para mais ou para menos, que, entretanto não chegam a ser díspares.

A Hemicelulose, como agente de entumescimento e plasticidade, tem importância singular nas operações de refino. A sua presença em maior quantidade significa obtenção de pasta com mais facilidade de ser refinada. Comparando os teores prováveis de Hemicelulose apresentados pelas madeiras da Amazônia, com os citados por Foelkel *et al.* (1975) para as espécies de **Eucalyptus**, poder-se-ia inferir que as polpas provenientes dessas espécies seriam mais brandas do que as pastas das madeiras pesquisadas.

Os teores de Lignina que estão, negativamente correlacionados com o rendimento em pasta e resistência da fibra, foram maiores para as madeiras da Amazônia, do que para as espécies de **Eucalyptus** já mencionadas, esta diferença pode estar relacionada com a juvenidade das espécies de **Eucalyptus** versus caducidade das essências da Amazônia.

As madeiras nativas da Amazônia apresentaram, também, teores mais elevados de Cinzas e são menos densas do que as de **Eucalyptus** pesquisadas pelos autores referidos.

Fabricação de Pasta Química Alcalina

A pasta química produzida foi a "Kraft" clássica, com o licor de cozimento preparado, observando-se as seguintes percentagens expressas em Na_2O :

$$\text{NaOH} = 60 \pm 1\%$$

$$\text{Na}_2\text{S} = 25 \pm 1\%$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 15 \pm 1\%$$

O equipamento utilizado no ensaio de fabricação foi um digestor 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 sete bombas com dois litros de capacidade introduzidas no corpo do digestor. Após a descarga do cozinhador, as pastas foram desintegradas em desintegrador "Allibe" 17 litros de capacidade de 1700 rpm e lavadas até a completa exaustão do licor negro remanescente. Em seguida, as pastas foram depuradas em depurador "Valley Laboratory Flat Screen", peneira de retenção de 0,33 mm de fenda. Finalmente, calculou-se o rendimento depurado, taxa de rejeitos, álcali residual e nº Kappa.

As demais condições, bem como os resultados, são mostrados no quadro nº 7.

Com exceção da espécie *Tatajuba*, que mostrou rendimento medíocre, para outras espécies os resultados não foram decepcionantes. Vale realçar que os rendimentos alcançados pelas pastas do *Cajuaçu* e *Breu Vermelho* foram superiores a 50%.

As pastas, por sua vez, estavam bem deslignificadas, com os números Kappa caracterizados, que não ultrapassaram de 22.

As taxas de rejeitos não foram proibitivas e as viscosidades normais para os padrões de pastas químicas obtidas.

A pasta da madeira *Tatajuba* foi a que mostrou rendimento inferior à das espécies de *Eucalyptus* pesquisadas por Foekel et al, Ibid. Enquanto, para as demais espécies nativas, os rendimentos foram, algumas vezes, equivalente ou superiores aos dos *Eucalyptus* citados pelos pesquisadores mencionados.

Alvejamentos das Pastas Químicas Alcalinas Kraft

As pastas químicas alcalinas cruas foram alvejadas pelos processos: C.E.D.E.D., C.E.H.D.E.D, D/C.E.D.E.D., C.E/P.D.E/P.D.

As condições operacionais utilizadas nos estágios dos alvejamentos são mostrados no quadro nº 8.

O cálculo do cloro ativo total aplicado nos alvejamentos foi realizado, utilizando-se a equação cloro ativo total = $0,319 \times \text{N}^\circ \text{Kappa}$, estabelecido por Zvinakevicius et al. (1979).

Na seqüência da dosagem do cloro ativo por estágio, seguiram-se as equações estabelecidas por esses pesquisadores obedecendo a seguinte ordem:

1º Estágio: $1,02 + 0,108 (\text{N}^\circ \text{Kappa})$

2º Estágio: $2,225 (\text{N}^\circ \text{Kappa})$ após estágio precedente)

3º Estágio: $0,75 (\text{Cloro} - < \text{Cloro gasto nos estágios anteriores})$.

4º Estágio: $0,25 (\text{Cloro total} - < \text{nos estágios contendo Cloro})$.

A partir do quinto estágio em diante, 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, foi realizada segundo os pressupostos formulados pelos pesquisadores acima mencionados, assim especificados:

Primeira extração alcalina.

NaOH = 1,36 + 0,31 (Nº Kappa da celulose não branqueada).

Segunda extração alcalina.

NaOH = 0,5%.

A adição do Peróxido utilizado, de acordo com os pesquisadores relatados, variou entre 0,25% e 1%, base da polpa absolutamente seca, dependendo do estágio onde se procedeu à introdução.

O balanço de reagentes, bem como os resultados dos diferentes alvejamentos, são mostrados nos quadros nºs 9 a 12.

As pastas Kraft das madeiras da Amazônia de crescimento rápido foram facilmente alvejadas pelos procedimentos utilizados.

O consumo de reagentes variou com o número Kappa.

As viscosidades finais das pastas alvejadas mostraram-se sempre superior a 15, revelando pastas sólidas, sem grandes quebras nas unidades Glucosídicas.

As alvuras variaram entre 86 a 92 de Photovol, para as pastas alvejadas por todos os processos. Caracterizando que, das polpas das madeiras pesquisadas, pode-se fabricar pastas alvejadas, que satisfaçam nesta qualidade os mercados mais exigentes.

As estabilidades das alvuras variaram entre as madeiras e entre os processos de alvejamento.

Entre os processos de alvejamentos, as estabilidades das alvuras situaram-se ao redor de 93% para os procedimentos em que o agente alvejante, foi unicamente, o Dióxido e 92% para o processo no qual o Hipoclorito tomou parte. Isto é perfeitamente razoável em decorrência do maior ataque, que geralmente o Hipoclorito causa às cadeias Celulósicas.

A queda das viscosidades das pastas cruas para as pastas alvejadas, nos diferentes processos de branqueamentos, foram as seguintes: 34% para o processo C.E.D.E.D., 36% para o procedimento C.E.H.D.E.D., 38% para o processo D./C.E.D.E.D. e 46% para o procedimento C.E./P.D.E./P.D.

Inúmeras variáveis devem ter influenciado para que a variação das viscosidades das pastas cruas para as pastas alvejadas, entre os diferentes alvejamentos não se verificassem com percentuais equivalentes ou com resultados próximos de uma equivalência. Essas diferenças estariam relacionadas aos estágios dos branqueamentos. Para o alvejamento C.E.H.D.E.D., a causa de apresentar uma maior quebra nas cadeias Glucosídicas seria a fase do Hipoclorito, porque como é bem conhecido, o Hipoclorito causa mais danos nas cadeias celulósicas do que o Dióxido. No alvejamento C/D.E.D.E.D., a brusca queda de 38% entre a celulose crua e alvejada, talvez se deva ao primeiro estágio, cuja mistura Cloro e Dióxido constituiria um ataque muito severo à cadeia Celulósica. Para o processo com sodação oxidante, a razão do decréscimo de mais de 40% entre a viscosidade das pastas cruas e alvejadas diz respeito à própria extração alcalina oxidante, como foi demonstrado

por Doat (1970), que caracteriza as pastas alvejadas por este procedimento, com queda relativa nas viscosidades, ganhos nas alvuras e estabilidade nas reversões.

Considerando que a viscosidade permite conhecer a extensão da degradação da Celulose causada pelos agentes do alvejamento e sobrepondo este conceito sobre os resultados obtidos, observa-se, nos dois extremos, em média, para todos os processos de alvejamentos, as pastas, onde houve maior degradação, foram as oriundas do Breu Almescla e Envira Surucucu, respectivamente.

Características Físico-Mecânicas e Morfológicas das Pastas Químicas Cruas e Alvejadas

A análise da caracterização das resistências das pastas químicas cruas e alvejadas foi associada à análise das características morfológicas das fibras das pastas, pela íntima correlação existente entre esta e aquela.

As classificações das fibras foram realizadas sobre as pastas cruas, de acordo com o método T - 233 - Su - TAPPI, tendo como equipamento um classificador "Clark", modelo M-46.

A micrometria das fibras foi processada tendo como instrumentação: Projeter Olympus 4P - 360, Microscópio E. Leitz com ocular 10X, objetiva 43X fator 3,14.

Porções representativas de pasta retiradas ao acaso de compartimento do classificador, foram coradas com Safranina e mensurados o comprimento e diâmetro (cem fibras), lúmen (dez fibras), sendo eliminadas as fibras cortadas, quebradas e restos de fibras. De posse dessas mensurações, calculou-se o coeficiente de flexibilidade e o índice de enfeutramento.

As pastas cruas e alvejadas, depois dos processos de lavagem final, foram enxugadas através de uma centrífuga de desaguamento marca "Rousselet" tipo S.A. 30 AWZ, com duas velocidades fixas de 1.800 e 3.600 rpm, até 30% de consistência.

O refino das pastas cruas procedeu-se em três refinadores, notadamente: "Holandesa", "Bauer" e "Jokro", enquanto as pastas alvejadas foram processadas no refinador "Bauer".

As condições empregadas em cada refinador foram as seguintes:

- a) - Holandesa - Tomaram-se 200g de pasta seca. Preparou-se uma polpa com uma consistência de 1%. A massa foi inicialmente desintegrada no próprio equipamento (operação realizada com os discos separados) por 30 minutos, adicionaram-se em seguida os discos. Quatro pontos do refino foram obtidos com intervalos subseqüente de 35 minutos.
- b) - Bauer - Tomaram-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, com a abertura de contato entre os discos do Refinador de 0,34 mm. Foram realizadas passagens sucessivas (o máximo três) até atingir o grau de refino desejado.
- c) - Jokro - 16g de pasta seca levada a uma consistência de 6% com cinco pontos, dos quais o primeiro ponto zero (pasta não refinada), cobrindo uma escala $^{\circ}$ SR que foi de 11 $^{\circ}$ SR até 63 $^{\circ}$ SR.

Após os refinamentos das pastas, prepararam-se folhas de ensaios, em formadores "Rapid Koethen", com dois aquecedores, marcas "Frank" e "Regmed". Em seguida, procedeu-se aos ensaios físico-mecânicos, observando-se as seguintes normas:

- a) - Condicionamento de Papel e Papelão para ensaio (P 4/70 A.B.C.P.).
- b) - 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).
- c) - Resistência à Tração de Papel e Papelão (P 7/70 A.B.C.P.).
- d) - Resistência ao Estouro (Mullen) de Papel e Papelão (P 8/71 A.B.C.P.).
- e) - Resistência a Dobras-Duplas (T 423 - SU - 68 TAPPI).
- f) - Resistência ao Rasgo do Papel (P 9/69 A.B.C.P.).
- g) - Porosidade de Papel e Papelão (P 11/71 A.B.C.P.).
- h) - Determinação da Alvura do Papel e Papelão (P 16/73 A.B.C.P.).
- i) - Determinação da Maciez do Papel (P 29/72 A.B.C.P.).
- j) - Resistência à Compressão do Papelão (T 472 - SU - 68 TAPPI).

Os resultados desses ensaios são mostrados nos quadros nºs 13, 14 e 15.

É bem conhecido que o comprimento da fibra está perfeitamente correlacionada com as características mecânicas dos papéis, especificamente em maior escala ao rasgo e em menor grau à tração, estouro e dobras duplas.

Contraopondo os resultados com esse postulado, observa-se que, de um modo geral, esse corolário foi seguido. Assim, as madeiras com os percentuais de fibras de comprimento maior, apresentaram melhores resultados quanto à característica rasgo e em menor grau à tração, estouro e dobras duplas.

O diâmetro da fibra também tem importância substancial nas resistências dos papéis. Fibras com largo diâmetro e paredes estreitas, geralmente apresentam menores resistências à tração e ao estouro do que ao rasgo. Por outro lado, de forma inversa, fibras espessas com diâmetros reduzidos teriam tendência a apresentar as características tração e ao estouro inferiores a resistência ao rasgo.

Esta hipótese, no caso específico para a resistência ao rasgo, não se verificou haja vista que a madeira que apresentou melhor resistência, especificamente nas pastas alvejadas, foi a espécie Tatajuba, que se caracterizou por diâmetros inferiores aos do Breu Almescla, por exemplo.

Para as resistências à tração e estouro, essa relação foi perfeitamente observada, uma vez que, a madeira que apresentou fibra de menor diâmetro foi a Envira Surucucu, que também mostrou menor resistência à tração e ao estouro.

O coeficiente de flexibilidade e o índice de enfiletramento estão, perfeitamente correlacionados de forma linear direta com a resistência à tração e ao rasgo. Assim sendo, as madeiras que mostraram coeficiente de flexibilidade elevado e índice de enfiletramento alto teriam, por conseguinte, alta resistência à tração e ao rasgo.

Inserindo este conceito no resultado, nota-se que, a despeito de algumas anomalias nos dados encontrados, como por exemplo os resultados concernentes à madeira de Envira Surucucu, que por ter mostrado valores elevados para o coeficiente de flexibilidade e o índice de enfiamento deveria, dentro das correlações consideradas, manter elevados para a tração e rasgo. No entanto, comportou-se de forma inversa, mostrando resultados médios para estas duas características. Entretanto, para outras espécies - Breu Amescla, Caroba e Breu Vermelho, as correlações foram verificadas.

Os resultados das características físico-mecânicas, tanto das pastas cruas como das alvejadas de todas as madeiras, caracterizam estas espécies nativas da Amazônia, como *essências promissoras para a produção de celulose*, por isso faz mister desenvolver-se sobre elas um intenso programa de pesquisas silviculturais.

Ensaio de Fabricação de Pasta Semicelulósica - N.S.S.C.

Sittig (1977) menciona que, aproximadamente, 12.000 ton. de pasta N.S.S.C. são produzidas, diariamente, nos Estados Unidos da América do Norte. Setenta e cinco por cento desta produção, segundo o mesmo autor, são utilizadas na fabricação de papelão corrugado. No Brasil, desconhecemos a existência de fábricas que produzam pasta para cartão corrugado e que utilizem este procedimento. As fábricas brasileiras produtoras desta qualidade de pasta utilizam, geralmente, o processo Kraft de baixa alcalidade, ou o procedimento somente a Soda e ainda a Cal. Quanto a matéria prima é, principalmente, bagaço. Entretanto, a experiência norte-americana demonstra a exequibilidade deste processo e o seu emprego é questão de tempo.

Considerando, por outro lado, a possibilidade de virem a ser as espécies amazônicas motivo desta pesquisa, utilizadas, em futuro próximo, como matéria prima para esta qualidade de pasta, ensaiou-se conhecer as suas características quando submetidas ao tratamento Semicelulósico - N.S.S.C.

As condições e os resultados são mostrados no quadro nº 16.

Considerando as deslignificações e os rendimentos, as pastas das diferentes madeiras, nas condições operatórias, em que foram realizadas os ensaios, apresentaram números Kappa, que variam de 53 ± 2 . Isto significa que, as polpas, provenientes das espécies, tiveram deslignificações semelhantes. Quanto aos rendimentos, a variação entre as polpas das diferentes espécies foi de 77 ± 10 , mostrando uma variação intrínseca neste parâmetro, devido as suas diferentes estruturas lenhosas. A pasta da espécie que mostrou maior rendimento foi proveniente da Caroba e o menor deveu-se a do Morototô.

O pH final, oriundo dos licores residuais das pastas de todas as madeiras, situou-se entre $9,4 \pm 2$. Foram alcalinos e comuns aos resultados mencionados na literatura.

O consumo de reativos representado pelo Na_2SO_3 residual demonstra que a demanda de produtos químicos por parte de todas as espécies pesquisadas permaneceu entre $23,3 \pm 3$ g/l. Isto evidencia que a variação do consumo entre as espécies não chegou a ser diferente, em maior grandeza.

Alvejamento das Pastas Semiquímicas

As pastas, resultantes do tratamento semiquímico ao Sulfito neutro, foram alvejasdas pelo processo C.E.H.H. Às condições físicas (temperatura, consistência, tempo) e a forma de calcular os gastos dos agentes oxidantes foram às empregadas nos alvejamentos das pastas químicas. O balanço de reagentes, bem como as características das pastas são mostrados no quadro nº 17.

Não existe dificuldade no alvejamento das pastas semiquímicas - N.S.S.C. pelo processo C.E.H.H. O consumo de reagentes, assim como as características finais das pastas situaram-se dentro dos parâmetros devido a este tipo de pasta.

Comparativamente, entre as espécies, as alvuras situaram-se num patamar de $80,5 \pm 4,5$ de Photovolt. A pasta da espécie que apresentou melhor desempenho, na alvura, foi a do Cajuaçu e a menor alvura foi devida à pasta da Envira Surucucu. As reversões em linha geral comportaram-se de forma equivalente as alvuras.

Características Físico-Mecânicas das Pastas N.S.S.C. Cruas e Alvejasdas e dos Cartões Corrugados Fabricados

As pastas N.S.S.C. cruas e alvejasdas foram refinadas em refinador "Bauer" de forma equivalente ao processado para as pastas químicas.

Obtiveram-se folhas de ensaios de 60 g/m^2 e 150 g/m^2 . Os corpos de prova para os ensaios do cartão corrugado foram fabricados através de um "Concora Medium Fluter", série 1330 fabricado pela "Liberty Engineering Company, Beloit, Wisconsin - USA".

A climatização dos corpos de prova, assim como dos cartões corrugados médios seguiram a mesma norma utilizada no acondicionamento dos corpos de provas dos papéis oriundos da pasta química.

Os métodos empregados para a avaliação das características físico-mecânicas dos papéis de 60 g/m^2 foram os mesmos utilizados, na caracterização, dos papéis obtidos a partir da polpa química. Enquanto os métodos utilizados no teste do cartão corrugado médio foram as Normas T-472 Su 68 e T-809 Su 66-TAPPI, respectivamente.

Os resultados são indicados nos quadros nºs 18 e 19.

A tração, na pasta crua, situou-se em média $5637 \text{ m} \pm 1108 \text{ m}$. O maior valor ficou para a pasta da madeira Tatajuba e o menor deveu-se a da Envira Surucucu.

A resistência à tração, na pasta alvejada, foi inferior ao da pasta crua, como era de se esperar e situou-se entre $5309 \text{ m} \pm 1275 \text{ m}$, com o maior valor devido a pasta proveniente do Paricá e o valor mínimo à polpa do Cajuaçu.

A discordância das espécies que apresentaram os valores extremos, nas pastas cruas e que não se repetiram, nas pastas alvejasdas, pode ser atribuída as operações de alvejamento.

A resistência ao rasgo, na pasta crua, ficou entre $79,5 \text{ g/m}^2 \pm 19,5 \text{ g/100 g/m}^2$. O mais alto valor do rasgo foi da pasta proveniente da espécie Breu Almescla e o mais baixo correspondeu a pasta oriunda da Tatajuba. Este resultado é, perfeitamente, normal, dentro dos conceitos de avaliação das características físico-mecânicas de papéis, porque

pastas de madeiras com boa resistência à tração e ao estouro, geralmente, a característica do rasgo é baixa.

Na pasta alvejada, o valor do índice de rasgo foi em média inferior ao da pasta crua e variou de $77,5 \text{ g}/100 \text{ g}/\text{m}^2 \pm 27,5 \text{ g}/100 \text{ g}/\text{m}^2$, sendo os valores extremos apresentados pelas pastas da Tatajuba e Cajuçu, respectivamente. Este resultado é, perfeitamente, normal porque, via de regra, há uma queda na resistência de uma pasta após sofrer o alveijamento. Entretanto, esta regra apresenta exceção. Às vezes, após o alveijamento a pasta, em determinada característica, apresenta ganhos, na resistência. Este fenômeno é atribuído à reordenação de grupos de Hidroxila, na estrutura da parede celular, que proporciona ligações de pontes de hidrogênio complementares, dando origem a uma característica específica da pasta alvejada de resistência superior aos observados na pasta crua.

A resistência ao estouro, na pasta crua, correspondeu a um valor médio de $2,3 \pm 0,8$ de índice de estouro. O maior valor foi representado pela pasta do Paricã e o mais baixo, pela polpa da madeira Tatajuba. Na pasta alvejada, o índice de estouro obtido foi de $1,7 \pm 0,9 \text{ Kg}/\text{cm}^2/100\text{g}/\text{m}^2$. Observando-se um decréscimo geral, na resistência, devido às ações dos agentes alvejantes. As pastas que apresentaram valores extremos não foram as mesmas das pastas cruas, sendo representadas, notadamente, no maior valor pela pasta da Caroba e no menor, pela pasta do Cajuçu. Esta discordância de correspondências entre as pastas das madeiras cruas e alveijadas está relacionada com a deslignificação e o alveijamento.

As dobras duplas, na pasta crua, variou, em média, de 113 ± 96 e na pasta alvejada, as madeiras, que ofereceram polpas com resistência a dobras-duplas nos extremos, foram, notadamente, o Paricã e a Envira Surucucu. Para a pasta alvejada, devido aos fenômenos de deslignificação e alveijamento, foram a Caroba e o Cajuçu.

As demais propriedades físicas seguiram, em termos gerais estas características mais clássicas da avaliação papeleira.

Quanto aos valores de resistência do papelão corrugado, para o esmagamento do anel, os valores variaram $333 \pm 38\text{N}$ com o maior valor para o corrugado provindo da pasta de Caroba e o menor para o oriundo da pasta do Paricã. Em relação à resistência do C.M.F., os valores situaram-se entre $178 \pm 44\text{N}$, com os valores extremos correspondentes às pastas da Caroba e Cajuçu, respectivamente.

Vale realçar, que os resultados apresentados pelas características físico-mecânicas dos papéis e dos cartões corrugados, das pastas N.S.S.C. das madeiras pesquisadas confrontados com os valores mencionados na literatura especializada e principalmente com os resultados de centros de pesquisas, que estudam matéria prima tropical equivalente, são perfeitamente, satisfatórios. Como corroboração, cita-se a pesquisa de Petroff *et al.*, (1977), sobre ensaios de utilização de madeiras para a fabricação de cartão ondulado.

CONCLUSÕES

- Para todas as espécies, os cavacos retidos nas peneiras intermediárias e que foram encaminhadas ao cozinhador constituíram-se maiores percentuais.

- Estima-se de modo geral, que os resultados das madeiras pesquisadas, caracterizam-se, no conjunto, como boas essências papeleras, mesmo quando comparados os seus resultados, com os dados veiculados na literatura, de espécie papelera tradicionalmente utilizada.

- Com exceção da Tatajuba, que apresentou rendimento medíocre, as pastas das demais espécies mostraram rendimentos superiores aos das várias espécies de Eucalyptus citados na literatura. Considerando o grau de deslignificação, o nº Kappa nunca ultrapassou 22 e as baixas taxas de rejeitos estiveram dentro dos padrões das pastas químicas alcalinas.

- As pastas Kraft das madeiras da Amazônia de crescimento rápido pesquisadas foram, facilmente, alvejadas pelos processos utilizados, sendo que, o consumo de reagentes foram conseqüências normais dos seus respectivos graus de deslignificação.

- As características: viscosidade, alvura e estabilidade, originárias das pastas alvejadas, pelos diferentes processos, mostraram-se satisfatórias e dentro dos padrões das melhores polpas químicas branqueadas, normalmente comercializadas.

- Como era de se esperar, houve diferença, mas nunca expressiva da qualidade das pastas alvejadas, provindas de diferentes espécies e de diferentes processos de alveamento. Portanto, verificaram-se variações entre matéria prima e entre processos.

- As características físico-mecânicas das pastas não alvejadas e alvejadas, seguiram, em parte, as correlações existentes entre as características mecânicas dos papéis. Isto foi notado para o comprimento, mas não foi observado para o diâmetro e também foi caracterizado, mesmo considerando algumas anomalias para o coeficiente flexibilidade e o índice de enfiamento.

- Os resultados das características físico-mecânicas, tanto das pastas cruas como das alvejadas de todas as madeiras, caracterizam estas espécies nativas da Amazônia, como essências promissoras para a produção de celulose.

- É, perfeitamente, praticável fabricar pastas semiquímicas, utilizando o processo Sulfito neutro com as madeiras pesquisadas.

- Os graus de deslignificações das pastas semiquímicas ao Sulfito neutro das diferentes espécies mostraram-se semelhantes, enquanto que, os rendimentos apresentaram variações intrínsecas à estrutura lenhosa de cada espécie. As demais variáveis dos resultados: pH final e Na_2SO_3 residual foram parecidos aos resultados mencionados, na literatura.

- Não existem dificuldades, no branqueamento das pastas semiquímicas ao Sulfito neutro, pelo processo C.E.H.H. O consumo de reagentes e os demais resultados foram normais para este tipo de pasta.

- Os resultados das características físico-mecânicas dos papéis e dos cartões corugados, das pastas semiquímicas "N.S.S.C.", comprovam serem estas polpas superiores às pastas obtidas, nas mesmas condições de ensaios, de misturas de madeiras tropicais e equivalentes às polpas de espécies nativas ou introduzidas nos trópicos, já de uso tradicional na indústria papelreira, como cita a literatura.

- Pelos resultados das densidades, composições químicas e das características das pastas químicas e semiquímicas e alvejadas, assim como dos papéis e cartões delas advindos, as espécies pesquisadas caracterizam-se como essências Papeleiras de Reflorestamento.

SUMMARY

This paper presents information obtained during the course of laboratory trials in which eight tropical amazon hardwoods were considered for pulpwood. First their geographical distributions within the Brazilian Amazon and existing silvicultural information were summarized. The woods were then characterized with respect to chemical composition, density, ease of chipping and chip type. Processes for making alkaline pulp and semi-chemical pulp (N.S.S.C.) were also described along with the associated bleaching procedures and the methods used to determine the mechanical properties at the resulting board and paper products. The results were then compared and it was concluded that all eight species are suitable pulpwoods which should be considered in future reforestation programs within the Brazilian Amazon.

Quadro 1 - Denominação Local, Nomenclatura Botânica das Espécies Pesquisadas

Denominação Local	Nomenclatura Botânica
Breu Almescla	Tetragastris trifoliolata (Engl.) Cuatr. Burseraceae
Breu Vermelho	Protium apiculatum Swartz - Burseraceae
Cajuacu	Anacardium giganteum Hancock e Engl. Anacardiaceae
Caroba	Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don. Bignoniaceae
Envira Surucucu	Gutteria procera R E. Fries Annonaceae
Morototô	Schefflera morototoni (Aubl.) Frodin Araliaceae
Paricá	Schizolobium amazonicum (Hub.) Ducke Caesalpinaceae
Tatajuba	Bagassa guianensis Aubl. Moraceae

Quadro 2 - Ocorrência das espécies pesquisadas em diferentes regiões de tipologia florestais da Amazônia Brasileira.

REGIÃO JURUÁ

MADEIRAS	TIPOLOGIA FLORESTAL - m ³ /ha	
	Floresta Densa	Floresta Aberta
Breu Almescla	0,083	0,037
Breu Vermelho	0,657	0,767
Cajuaçu	1,273	0,594
Caroba	1,270	0,043
Envira Surucucu	-	-
Morototô	0,201	0,296
Parica	0,034	0,191
Tatajuba	-	-

FONTE: Projeto Radambrasil 1978a e V 15

REGIÃO MANAUS

MADEIRAS	TIPOLOGIA FLORESTAL - m ³ /ha			
	Campinara	Floresta Densa	Floresta Aberta	Floresta Sem-pre Verde
Breu Almescla	-	0,744	-	0,039
Breu Vermelho	-	1,833	2,457	0,879
Cajuaçu	1,765	2,418	-	1,096
Caroba	-	2,021	0,084	0,819
Envira Surucucu	-	0,154	0,214	0,030
Morototô	-	0,894	-	0,580
Parica	-	-	-	0,403
Tatajuba	-	-	-	-

FONTE: Projeto Radambrasil 1978b e V 18

REGIÃO PORTO VELHO

MADEIRAS	TIPOLOGIA FLORESTAL - m ³ /ha			
	Floresta Densa	Floresta Aberta	Contato Savana Floresta	Áreas Antropicais
Breu Almesca	1,921	3,798	0,425	-
Breu Vermelho	3,217	2,214	0,609	-
Cajuaçu	1,949	1,699	0,969	0,276
Caroba	2,082	1,719	0,343	1,143
Envira Surucucu	0,565	0,945	-	0,143
Morototô	1,029	1,495	0,139	0,191
Parica	1,293	0,542	0,010	0,632
Tatajuba	0,408	0,499	0,150	-

FONTE: Projeto Radambrasil 1978c e V 16

Quadro 2 - Cont.

REGIÃO PURUS

MADEIRAS	TIPOLOGIA FLORESTAL - m ³ /ha		
	Floresta Densa	Floresta Aberta	Formação Pioneiras
Breu Almescla	0,708	0,597	-
Breu Vermelho	2,472	2,407	0,267
Cajuaçu	4,811	0,592	0,092
Caroba	2,184	1,412	0,732
Envira Surucucu	0,560	0,055	0,164
Morototô	0,936	0,282	0,164
Parica	0,033	0,595	0,242
Tatajuba	0,209	0,370	-

FORTE: Projeto Radambrasil 1978d e V 17

Quadro 3 - Desempenho de algumas das espécies pesquisadas em plantios homogêneos

ESPÉCIES	LOCAL	ÁREA ha	Nº DE ÁRVORES	ESPAÇAMENTO INICIAL - m	INCREMENTO ANUAL VOLUME ESTIMATIVA m ³ /ha/ano
Cajuaçu	Planalto	0,024	24	2,50 x 2,50	10,32
Caroba	Flanco	0,029	19	2,50 x 2,50	16,43
	Planalto	0,032	39	2,50 x 2,50	28,27
Morototô	Flanco	0,007	13	0,70 x 0,70	26,69
	Planalto	0,006	09	0,70 x 0,70	37,33
Tatajuba	Planalto	0,010	11	0,70 x 0,70	13,03
	Flanco	0,031	27	0,70 x 0,70	11,60

FORTE: SUDAM Dep. de Recursos Naturais, 1979.

Quadro 4 - Classificação dos cavacos das madeiras

MADEIRAS	Peneiras Diâmetros % de Cavacos Retidos			
	28,57 mm %	19,04 mm %	4,76 mm %	Serragem e Palitos %
Breu Almescla	6,02	46,74	45,78	1,46
Breu Vermelho	6,27	51,15	41,91	0,67
Cajuaçu	5,50	49,27	44,35	0,87
Caroba	21,05	46,93	30,41	1,61
Envira Surucucu	3,26	35,84	59,14	1,76
Morototô	18,12	43,47	36,71	1,70
Parica	8,39	50,94	39,29	1,38
Tatajuba	8,56	42,61	47,31	1,52

Quadro 5 - Composição química e densidade das madeiras

MADEIRAS	Extração a Água quente %	Extração a Álcool-Benzeno %	Extração a Soda %	Lignina %	Pentosanas %	Celulose Corrigida %	Cinza %	Densidade kg/m
Breu Almescla	2,77	2,22	18,17	22,15	13,80	47,62	0,95	460
Breu Vermelho	1,73	6,33	16,08	26,08	18,82	44,23	0,99	590
Cajuaçu	1,60	3,53	21,22	24,84	17,02	49,16	1,08	380
Caroba	2,09	2,13	17,05	25,40	15,45	35,82	0,81	320
Envira Surucucu	0,27	2,29	10,29	25,15	9,36	51,11	0,72	570
Morototó	1,12	2,75	22,06	22,72	9,17	44,54	1,51	451
Parica	1,34	3,58	14,52	22,46	16,76	38,32	0,95	270
Tatajuba	2,92	3,11	17,63	22,20	23,58	41,98	1,24	530

Quadro 6 - Influência dos constituintes químicos da madeira sobre o rendimento em polpa e outras propriedades da pasta

Constituintes da madeira	Efeitos sobre o rendimento em polpa e outras propriedades da pasta
Lignina	Negativamente correlacionada com o rendimento em pasta e resistência da fibra
Holocelulose	Fracamente e positivamente correlacionada com rendimento em pasta
Alfa Celulose	Positivamente correlacionada com rendimento em 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 o rendimento em pasta, fonte primária de "Tall-óil na pasta "Kraft"
Solúveis em Água Quente	Negativamente correlacionada com rendimento em pasta

FONTE: Amidom, 1981.

Quadro 7 - Condições e Resultado dos cozimentos sulfatos das madeiras

CONDIÇÕES	Breu	Breu	Cajuaçu	Caroba	Envira	Morototô	Paricã	Tatajuba
	Almescla	Vermelho						
Tempo à Temperatura de Patamar (100°C - 170°) min.	90	90	90	90	90	90	90	90
Temperatura de Patamar °C	170	170	170	170	170	170	170	170
Tempo na Temperatura de Patamar min.	80	80	80	80	80	80	80	80
Sulfidez	25 ± 8	25 ± 8	25 ± 8	25 ± 8	25 ± 8	25 ± 8	25 ± 8	25 ± 8
Alcali Ativo	14	14	17	19	14	16	16	20
Relação Líquida/Madeira	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1
Pressão Kg/cm ²	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8
RESULTADOS			MADEIRAS					
Rendimento depurado %	50,42	47,87	52,54	44,08	47,56	44,82	48,25	41,52
Nº Kappa	17	18	20	17	18	20	20	22
Alcali residual N ₂ O %	0,96	- 0 -	4,47	2,57	3,19	0,64	- 0 -	1,60
Rejeiro %	0,68	1,57	0,19	0,63	0,58	0,78	0,30	1,83
Viscosidade CP	28,3	28,7	47,3	23,5	28,3	41,2	41,2	70,7

Quadro 8 - Condições operacionais utilizadas nos estágios dos alvejamentos

Estágio Variável	Cloração	Extração Alcalina	Hipocloração	Dioxidação	Peroxidação
Tempratura °C	ambiente	60	40	70	60
Temp. - min.	30	90	120	210	120
Consistência %	3,5	12	12	12	12
PH final	1,5-2,0	11,0-11,5	10,5-11,5	3,5	10,5-11,0

Quadro 9 - Alvejamento das pastas química alcalinas kraft das madeiras da Amazônia de crescimento rápido pelo processo C.E.D.E.D.

MADEIRAS	Paricã	Tatajuba	Caroba	Morototô	Cajuaçu	Envira Surucucu	Breu Almescla	Breu Vermelho
Número Kappa	20,4	22,1	17,5	25,8	20,1	18,6	17,0	17,9
Viscosidade pasta crua	41,2	70,7	23,5	54,6	47,3	28,3	71,4	28,7
C Cl ativo aplicado	3,22	2,41	2,91	3,81	3,18	3,02	2,78	2,95
C Cl consumido	3,18	3,39	2,90	3,81	3,17	3,01	2,78	2,90
E NaOH aplicado	1,99	2,04	1,90	2,16	1,98	1,93	1,86	1,91
E NaOH consumido	1,52	1,59	1,28	1,59	1,53	1,69	0,96	1,57
D Cl ativo aplicado	2,41	2,73	2,00	3,32	2,41	2,17	1,86	2,07
D Cl ativo consumido	2,47	2,72	1,99	3,31	2,41	2,17	1,79	2,09
E NaOH aplicado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
E NaOH consumido	0,18	0,37	0,30	0,44	0,47	0,33	0,31	0,33
D Cl ativo aplicado	0,82	0,91	0,67	1,10	0,81	0,73	0,61	0,69
D Cl ativo consumido	0,79	0,90	0,63	1,09	0,81	0,73	0,60	0,69
Photovolt	88,0	90,0	91,0	90,0	86,0	89,0	90,5	90,5
Estabilidade da alvura	97,7	93,3	90,1	93,3	96,5	94,4	91,7	91,7
Viscosidade pasta alvejada	27,0	33,5	18,4	35,3	26,2	27,2	38,6	18,1

Quadro 10 - Alvejamento das pastas químicas alcalinas kraft das madeiras da Amazônia de crescimento rápido pelo processo C.E.H.D.E.D.

MADEIRAS	Paricá	Tatajuba	Caroba	Morototô	Cajuaçu	Envira Surucucu	Breu Almescla	Breu Vermelho
Número Kappa	20,4	22,1	17,5	25,8	20,1	18,6	26,3	18,1
Viscosidade pasta crua	41,2	70,7	23,5	54,6	47,3	28,3	7,14	28,7
C Cl ativo aplicado	3,22	3,41	2,91	3,81	3,18	3,02	2,78	2,95
C Cl consumido	3,18	3,39	2,88	3,81	3,17	3,01	2,78	2,90
E NaOH aplicado	1,99	1,04	1,90	2,16	1,98	1,93	1,86	1,91
E NaOH consumido	1,52	1,59	1,37	1,59	1,53	1,69	0,96	1,57
H Cl ativo aplicado	1,10	1,56	0,89	1,57	1,00	1,05	0,57	0,63
H Cl consumido	1,08	1,55	0,88	1,55	1,00	1,03	0,55	0,63
D Cl ativo aplicado	1,64	1,56	1,33	2,14	1,66	1,38	1,39	1,60
D Cl ativo consumido	1,64	1,55	1,33	2,13	1,66	1,38	1,37	1,58
E NaOH aplicado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
E NaOH consumido	0,26	0,31	0,28	0,34	0,33	0,28	0,31	0,34
D Cl ativo consumido	0,55	0,52	0,45	0,71	0,56	0,47	0,47	0,53
D Cl consumido	0,51	0,50	0,43	0,70	0,53	0,45	0,45	0,53
Photovolt	88,0	90,5	90,5	89,0	90,5	89,0	90,0	91,0
Estabilidade da alvura	97,7	87,2	91,7	95,5	93,9	93,3	92,8	91,2
Viscosidade pasta alvejada	23,6	30,4	16,16	35,3	30,0	21,9	29,3	16,0

Quadro 11 - Alvejamento das pastas químicas alcalinas kraft das madeiras da Amazônia de crescimento rápido pelo processo D/C.E.D.E.D.

MADEIRAS	Paricá	Tatajuba	Caroba	Cajuaçu	Envira Surucucu	Morototó	Breu Almescla	Breu Vermelho
Número Kappa	20,4	22,1	17,5	20,1	18,6	25,8	16,8	17,9
Viscosidade pasta crua	41,2		23,5	47,3	28,3	54,6	71,4	28,7
C Cl ativo aplicado	3,22	3,41	2,91	3,18	3,02	3,81	2,78	2,95
Cl ativo aplicado como Cl	1,905	2,095	1,595	1,865	1,705	3,81	1,535	1,635
D Cl ativo aplicado como Cl ₀₂	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315
Cl consumido	3,19	3,39	2,89	3,17	3,01	3,81	1,77	1,93
E NaOH aplicado	1,19	2,04	1,90	1,98	1,93	2,16	1,86	1,91
NaOH consumido	1,34	1,48	1,29	1,54	1,33	1,41	1,02	1,49
D Cl ativo aplicado	2,47	2,73	2,0	2,41	2,17	3,32	1,80	2,07
Cl ativo consumido	2,47	2,71	1,99	2,41	2,17	1,31	1,79	1,07
E NaOH aplicado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
NaOH consumido	0,31	0,28	0,31	0,44	0,36	0,38	0,29	0,33
D Cl ativo aplicado	0,81	0,91	0,67	0,81	0,73	1,10	0,61	0,69
Cl ativo consumido	0,81	0,90	0,64	0,81	0,73	1,10	0,60	0,68
Photovolt	88,0	89,0	91,0	86,0	90,0	90,0	91,0	91,0
Estabilidade da alvura	97,7	92,1	89,0	96,5	93,9	93,3	91,2	91,2
Viscosidade pasta alvejada	25,6	34,8	18,1	17,9	26,9	34,3	34,6	17,8

Quadro 12 - Alveijamento das pastas químicas alcalinas das madeiras da amazônicas de crescimento rápido pelo processo C.E/P/D/E/P/D.

MADEIRAS	Paricá	Tatajuba	Caroba	Morototó	Cajuaçu	Envira Surucucu	Breu Almescla	Breu Vermelho
Número Kappa	20,4	22,3	17,5	25,8	20,1	18,6	17,0	17,9
Viscosidade pasta crua	41,2	70,7	23,5	54,6	47,3	28,3	71,4	28,7
C Cl ativo aplicado	3,22	3,41	2,91	3,81	3,18	3,02	2,78	2,95
Cl consumido	3,18	3,39	2,89	3,81	3,17	3,01	2,78	2,90
E NaOH aplicado	1,99	2,04	1,90	2,16	1,98	1,93	1,89	1,91
NaOH consumido	1,19	1,64	1,48	1,70	1,32	1,09	1,17	1,54
- H ₂ O ₂ aplicado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
P H ₂ O ₂ consumido	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
D Cl ativo aplicado	2,47	2,73	2,00	2,32	2,41	2,17	1,80	2,07
Cl consumido	2,47	2,72	1,99	2,31	2,41	2,17	1,79	2,06
E NaOH aplicado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
NaOH consumido	0,12	0,18	0,14	0,39	0,18	0,43	0,39	0,33
- H ₂ O ₂ aplicado	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
P H ₂ O ₂ consumido	0,17	0,13	0,08	0,24	0,25	0,22	0,23	0,25
D Cl ativo aplicado	0,82	0,91	0,67	1,10	0,81	0,73	0,61	0,69
Cl ativo consumido	0,80	0,88	0,64	1,07	0,79	0,71	0,60	0,68
Photovolt	89,0	89,0	92,0	89,0	88,0	90,5	91	90,5
Estabilidade da alvura	97,7	92,1	90,2	94,4	95,4	92,8	91,2	90,6
Viscosidade pasta alvejada	21,6	31,1	16,4	29,3	17,9	21,0	26,8	16,8

Quadro 13 - Classificação e dimensões das fibras das madeiras pesquisadas.

MADEIRAS	Peneiras Dimensões Mesh	Características						
		Comprimento das fibras (μ)-1- Valores médios	Largura das fibras (μ) 1- valores médios	Largura da cavidade (μ)-C- va- lores médios	Coefficiente de flexibilidade C/1 X 100	Índice de enfletra- mento L/1	% Retida em cada penei- ra %	Comprimento médio (μ)
Breu Almescla	14	1212	24,64	13,81	40	35	0,19	1086
Breu Vermelho		931	31,56	12,56	40	30	0,56	891
Cajuaçu		1071	18,01	11,93	42	38	7,00	941
Caroba							0,50	1074
Envira Surucucu		1490	22,90	10,99	48	65	0,12	1387
Morototô							0,50	1055
Paricã							0,00	1392
Tatajuba						0,00	1161	
Breu Almescla	30	1155	31,44	12,56	40	37	4,27	
Breu Vermelho		871	31,20	11,93	38	28	8,26	
Cajuaçu		1042	27,35	11,30	41	38	3,32	
Caroba		1233	29,53	12,24	41	41	8,56	
Envira Surucucu		1404	21,84	7,53	34	64	50,52	
Morototô		1328	33,43	10,99	33	40	5,05	
Paricã		1680	38,87	14,44	37	43	16,67	
Tatajuba	1140	20,58	9,42	48	55	9,58		
Breu Almescla	50	1127	29,04	11,30	40	39	80,08	
Breu Vermelho		857	30,60	11,30	37	31	75,31	
Cajuaçu		1019	16,91	11,30	42	38	56,09	
Caroba		1136	28,61	10,36	36	40	59,16	
Envira Surucucu		1397	19,58	7,53	38	71	44,21	
Morototô		1219	31,90	10,99	34	38	65,39	
Paricã		1375	32,68	13,81	42	42	70,86	
Tatajuba	1128	18,07	7,22	40	62	73,90		

Quadro 13 - Continuação

MADEIRAS	Peneiras Dimensões Mesh	Características						
		Comprimento das fibras (mu)-1- Valores médios	Largura das fibras (mu) 1 - valores médios	Largura da cavidade (mu)-C- va lores médios	Coefficiente de flexibilidade C/ X 100	Índice de enfeltra- mento L/1	% Retida em cada peneira %	Comprimento médio (mu).
Breu Almescla	100	888	28,54	10,04	35	21	12,91	
Breu Vermelho		786	29,08	11,30	39	17	6,59	
Cajuaçu		997	25,25	10,30	41	39	11,30	
Caroba		1050	27,31	10,00	37	38	7,52	
Envira Surucucu		1157	19,50	6,90	35	59	4,44	
Morototô		1103	29,40	10,67	36	37	23,05	
Paricã		1113	31,92	13,81	43	35	10,18	
Tatajuba		1011	17,38	6,28	36	58	13,48	
Breu Almescla	100	688	27,50	9,42	34	25	2,55	
Breu Vermelho		736	28,86	10,67	37	25	9,28	
Cajuaçu		661	24,05	10,04	42	27	22,29	
Caroba		900	26,04	10,00	38	62	0,71	
Envira Surucucu		1084	17,51	5,90	33	62	0,71	
Morototô		970	27,26	10,67	39	35	8,31	
Paricã		1103	29,04	12,44	42	40	2,29	
Tatajuba		1000	13,48	5,65	42	74	3,04	

Quadro 14 - Características Físico-Mecânicas das pastas cruas dos cozimentos sultado resultados interpolados a 45° SR.

REFINADOR HOLANDEZA								
MADEIRAS	Tração - m -	Rasgo g/100g/m ²	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras Duplas nº	Porosidade s/100cm ³	Lisura s/50cm ³	Maciez s/100cm ³	Alongamento %
Breu Almescla	3580	48	0,9	4	72	22	47	1,3
Breu Vermelho	4099	41	0,0	7	33	24	44	1,0
Cajuaçu	2911	34	0,0	2	20	38	45	0,6
Caroba	2827	51	0,0	2	28	21	39	0,8
Envira Surucucu	2626	59	0,0	2	13	27	41	0,7
Morototô	3211	49	0,5	6	41	31	43	1,1
Paricã	4047	47	0,4	6	52	24	41	1,0
Tatajuba	3152	54	0,0	4	6	27	54	1,0
REFINADOR JOKRO								
Breu Almescla	7261	118	3,9	73	34	34	38	1,4
Breu Vermelho	6126	103	2,1	66	28	28	42	1,8
Cajuaçu	5491	74	2,0	26	32	32	44	1,5
Caroba	5410	91	2,4	38	58	37	44	1,5
Envira Surucucu	4550	69	1,1	15	18	26	43	1,2
Morototô	6732	105	3,7	126	147	29	35	1,0
Paricã	7502	96	3,3	163	225	44	37	2,1
Tatajuba	5900	104	4,1	103	44	30	38	2,1
REFINADOR BAUER								
Breu Almescla	5926	100	2,5	55	46	25	43	1,3
Breu Vermelho	6230	93	2,6	91	91	24	44	1,6
Cajuaçu	5861	86	1,8	32	100	54	49	1,1
Caroba	4855	118	2,3	70	214	32	42	1,7
Envira Surucucu	4932	98	1,8	32	36	20	44	1,4
Morototô	6183	102	3,2	95	78	34	50	1,5
Paricã	6244	87	2,7	128	151	25	48	1,5
Tatajuba	5730	108	2,9	37	12	28	51	1,5

Quadro 15 - Características físicas-mecânicas das pastas alvejadas do cozimento sulfato refinado em moinho Bauer
Resultados a 45° SR.

MADEIRAS	Tração - m -	Rasgo ² g/100/m ²	Estouro ² kg/cm ² /100/m ²	Dobras Duplas - N -	Porosidade ³ s/100cm ³	Lisura ³ s/50 cm ³	Maciez ³ s/50 cm ³	Alongamento %
PROCESSO DE ALVEJAMENTO								
C.E.D.E.D.								
Breu Almescla	5092	94	1,9	40	70	37	43	1,4
Breu Vermelho	4317	63	1,3	10	20	25	40	1,3
Cajuaçu	5392	61	1,0	19	49	25	42	1,5
Caroba	4619	88	2,3	52	169	52	38	2,0
Envira Surucucu	3961	75	0,9	8	16	22	45	1,1
Morototô	4502	83	2,2	81	> 1800	39	39	1,5
Paricã	6202	92	3,4	90	199	47	53	2,1
Tatajuba	6400	119	3,7	173	62	42	41	2,1
C.E.H.D.E.D.								
Breu Almescla	4813	96	1,7	40	112	36	41	1,3
Breu Vermelho	4631	69	1,3	10	19	26	39	1,4
Cajuaçu	4461	57	1,5	13	61	26	44	1,3
Caroba	4672	100	2,4	62	169	33	47	1,9
Envira Surucucu	3971	80	1,1	9	15	33	37	0,9
Morototô	5502	80	3,0	123	161	43	44	2,1
Paricã	6690	93	3,4	107	730	47	44	1,6
Tatajuba	5911	195	1,9	70	184	34	44	2,0

Quadro 15 - Continuação

MADEIRAS	Tração - m -	Rasgo g/100/m ²	Estouro kg/cm ² /100m ²	Dobras Duplas - N -	Porosidade s/100cm ³	Lisura ₃ s/50 cm ³	Maciez ₃ s/50 cm ³	Alongamento %
PROCESSO DE ALVEJAMENTO								
D/C.E.D.E.D.								
Breu Almescla	5739	100	2,5	52	70	40	41	1,7
Breu Vermelho	4827	14	1,6	14	26	22	37	1,5
Cajuaçu	5860	83	3,2	97	51	28	42	1,6
Caroba	4993	85	2,3	70	471	40	51	1,8
Envira Surucucu	4250	86	1,1	13	27	35	40	1,3
Morototô	4932	83	2,3	71	113	37	49	1,7
Paricã	6103	83	3,1	215	206	45	40	1,5
Tatajuba	5216	104	3,4	63	60	34	40	1,5
C.E.P.D.E.P.D.								
Breu Almescla	4992	93	2,0	29	75	42	43	1,4
Breu Vermelho	4065	76	1,4	10	18	22	34	1,3
Cajuaçu	4964	47	2,3	19	36	46	41	1,5
Caroba	5198	77	2,5	41	197	41	44	2,0
Envira Surucucu	4113	75	1,0	9	28	37	39	1,2
Morototô	4498	78	2,3	36	169	41	44	1,9
Paricã	5756	90	3,2	139	>1800	30	41	1,5
Tatajuba	6144	107	3,4	162	100	33	43	2,0

Quadro 16 - Condições e resultados dos cozimentos monossulfito neutro das madeiras

CONDIÇÕES	MADEIRAS							
	Breu Almescla	Breu Vermelho	Cajuaçu	Caroba	Envira Surucucu	Morototô	Paricã	Tatajuba
Tempo para atingir a Temperatura de paramar nº 1 min.	55	55	55	55	55	55	55	55
Temperatura de patamar nº 1 °C	110	110	110	110	110	110	110	110
Tempo na Temperatura de patamar nº 1 min.	60	60	60	60	60	60	60	60
Tempo para atingir a Temperatura de patamar nº 2 min.	65	65	65	65	65	65	65	65
Temperatura de patamar nº 2 °C	165	165	165	165	165	165	165	165
Tempo na Temperatura de patamar nº 2 min.	180	180	180	180	180	180	180	180
Na ₂ SO ₃ %	24	24	24	24	24	24	24	24
Na ₂ CO ₃ %	8	8	8	8	8	8	8	8
Relação Líquido/Madeira	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1
Pressão kg/cm ²	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8
Resultados								
Rendimento %	69,91	73,7	75,35	87,20	80,50	67,16	73,33	79,77
Nº Kappa	54	53	52	53	54	52	55	53
Na ₂ SO ₃ g/l	23,8	22,9	23,9	22,1	24	23,9	22,9	24,6
Alcalinidade total expressa em Na ₂ CO ₃ g/l	8,1	8,1	8,0	6,7	8,1	7,6	7,2	7,8
pH do licor	9,2	9,4	9,2	9,5	9,7	9,4	9,3	9,6

Quadro 17 - Balanço de reagentes e resultados dos alvejamentos das pastas semiquímicas ao sulfito neutro das madeiras pesquisadas.

MADEIRAS		Paricá	Tatajuba	Morototô	Caroba	Cajuaçu	Envira Surucucu	Breu Almescla	Breu Vermelho
Número Kappa		55,1	53,5	52,3	53,3	52,5	53,8	54,5	53,4
Viscosidade		N ã o D i s s o l v e u							
C	Cl ativo aplicado	8,79	8,53	8,34	8,50	8,37	8,58	8,69	8,53
	Cl ativo consumido	8,73	8,51	8,26	8,48	8,35	8,56	8,56	8,51
E	NaOH aplicado	4,40	4,26	4,17	4,25	4,18	4,29	4,34	4,26
	NaOH consumido	3,63	3,37	3,17	3,58	3,26	3,70	3,17	3,72
H	Cl ativo aplicado	6,59	6,40	6,25	6,37	6,28	6,43	6,52	6,39
	Cl consumido	6,59	6,37	6,20	6,33	6,28	6,42	6,49	6,37
H	Cl ativo aplicado	2,20	2,13	2,09	2,13	2,09	2,15	2,17	2,14
	Cl ativo consumido	2,18	2,12	2,07	2,12	2,04	1,99	2,16	1,98
Photovolt		81,5	83,0	83,0	77,5	85,0	76,0	80,0	82,0
Estabilidade da alvura		94,5	90,4	89,8	94,2	94,1	94,7	91,2	95,1
Viscosidade		-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 18 - Características físico-mecânicas das pastas cruas e clareadas dos cozimentos ao monossulfito neutro
Resultados interpolados para 45º SR refino efetuado em Moinho Bauer.

MADEIRAS	Tração - m -	Rasgo g/100g/m ²	Estouro Kg/cm ² /100/m ²	Dobras Duplas nº	Porosidade s/100cm ³	Lisura s/50cm ³	Maciez s/100cm ³	Alongamento %
PASTA CRUA								
Breu Almescla	9942	99	2,6	50	73	21	32	1,1
Breu Vermelho	6237	80	2,4	53	34	24	39	1,4
Cajuaçu	6065	97	2,2	71	> 1800	52	43	1,6
Caroba	5068	89	2,2	43	81	27	35	0,9
Envira Surucucu	4529	71	2,2	17	36	22	36	1,0
Morototô	5519	77	2,8	55	78	21	27	1,4
Paricá	6538	93	3,1	209	> 1800	24	31	1,6
Tatajuba	6746	60	1,6	25	10	10	28	1,0
Breu Almescla	5937	102	2,3	86	42	31	38	1,5
Breu Vermelho	5496	96	1,0	44	38	22	44	1,4
Cajuaçu	4034	50	0,9	5	42	25	48	0,7
Caroba	5766	81	2,6	86	102	26	41	1,5
Envira Surucucu	4893	98	1,7	28	11	19	38	0,9
Morototô	5508	73	2,2	38	45	23	32	1,4
Paricá	6584	54	2,0	45	208	29	35	1,0
Tatajuba	5398	105	2,1	42	31	22	40	1,6

Quadro 19 - Características dos cartões corrugados fabricados a partir das pastas N.S.S.C. das madeiras pesquisadas. Resultados interpolados a 60° SR gramatura 150 ± 2 g/m². Pastas refinadas em moinho Bauer.

MADEIRAS	ESPESSURA mm	ESMAGAMENTO DO ANEL N	RESISTENCIA AO ESMAGAMENTO DAS DO BRAS VALOR - C.M.F. - N
Breu Aimescla	220	342	146
Breu Vermelho	217	305	187
Cajuaçu	221	320	208
Caroba	221	371	222
Envira Surucucu	235	314	210
Morototô	219	327	188
Paricá	213	296	145
Tatajuba	225	312	135

Referências bibliográficas

- Amidon, T. E. - 1981. Effect of the Wood Properties of Hardwoods on Kraft Paper Properties. **TAPPI**, 64 (3): 123-126.
- Doat, J. - 1970. Le Blanchiment des Pâtes Chimiques de Bois Tropicaux. **Revue Bois et Forêts des Tropiques** (132): 47-68.
- Foelkel, C. E. B.; Barrichelo, J. E. G.; Milanez, A. F. - 1975. Estudo Comparativo das Madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. terebinthifolia* para a Produção de Celulose Sulfato. **IPEF** (10): 17-37.
- IBDF - 1980. **Determinação da Produção Volumétrica dos Plantios de Eucalyptus e Pinus nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso**. p. 107-108.
- Petroff, G.; Doat, J.; Tissot, M. - 1977. Essais D'Utilisation de Bois Tropicaux pour la fabrication de Carton Ondulé. **Forêt Hétérogène - Gmelina arborea et Eucalyptus**. Centre Technique Forestier Tropical. 90 p.
- Projeto Radam-Brasil - 1975. **Folha SB 21. Tapajós. Levantamento de Recursos**. Vol. 7. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação Uso Potencial da Terra (OP. Cit). SUDAM, Departamento de Recursos Naturais; Ministério da Educação e Cultura; Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - Características Silviculturais de Espécies Nativas e Exóticas dos Plantios do Centro de Tecnologia Madeireira - Estação Experimental de Curuá-Una. p. 19.
- - 1978a. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SB 19. Juruá. IV Vegetação. Análise Estatística de Dados. Anexo. p. 100, 103, 217, 220, 309, 312, 425, 429. Vol. 15.
- - 1978b. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SA 20. Manaus. IV Vegetação Análise Estatística de Dados, Anexo. p. 101, 137, 160, 161, 164, 299, 357, 413, 415, 488, 536, 537, 588, 590, 591, 612, 613, 615, 616. Vol 18.

- - 1978c. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SC 20. Porto Velho. IV Vegetação. Análise Estatística de Dados. Anexo. Pgs. 138, 139, 222, 223, 334, 335, 388, 389, 440, 441, 597, 598, 590, 591, 612, 613, 615, 616. Vol. 16.
- - 1978c. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SC 20. Porto Velho. IV Vegetação. Análise Estatística de Dados. Anexo. p. 138, 139, 222, 223, 334, 335, 388, 440, 441, 597, 598, 599, 600, 601, 697, 698, 700, 802, 803. Vol. 16.
- - 1978d. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SB 20. Purus. IV Vegetação. Análise Estatística de Dados. Anexo. p. 139, 140, 143, 276, 277, 279, 382, 383, 385, 404, 406, 494, 495, 555, 557, 624, 625, 676, 678, 734, 735, 737. Vol. 17.
- Sittig, M. - 1977. **Pulp and Paper Manufacture Energy Conservation and Pollution Prevention**. Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, USA. p. 37.
- SUDAM, Departamento de Recursos Naturais - 1979. **Características Silviculturais de Espécies Nativas e Exóticas dos Plantios do Centro de Tecnologia Madeireira**. Estação Experimental de Curuá-Una. p. 90, 284, 296, 334.
- Zvinakevicius, 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**, 40: 33-43.

(Aceito para publicação em 12.09.84)