

A CUIARANA COMO MATÉRIA-PRIMA PAPELEIRA

Autores :

CÉLIO FRANCISCO MARQUES DE MELO —
CPATU/EMBRAPA

ALFONSO WISNIEWSKI — FCAP

SÉRGIO DE MELLO ALVES — CPATU/EM-
BRAPA

RESUMO: É apresentado um estudo papaleiro da espécie **Terminalia amazonica** Exell in Pule conhecida comumente como Cuiarana. Árvore de mais de 20 m de altura ocorre em grande dispersão na floresta nativa amazônica, embora em concentração baixa. No maciço florestal entre o Tapajós e o Xingu, de acordo com os levantamentos realizados pela Missão FAO, a espécie contribui com apenas 1,72% na formação do volume total da madeira, por hectare. A utilização da Cuiarana, para fins papaleiros, por isso mesmo, está condicionada a um plantio racional em escala capaz de alimentar regularmente as necessidades de uma indústria de polpagem. Os coeficientes técnicos culturais dessa espécie até o presente não são conhecidos. O material para este estudo foi o coletado ao longo da Rodovia Santarém-Cuiabá, no Estado do Pará, e se constituiu de 3 toras de 1 metro de comprimento cada uma. As toras foram transformadas em cavacos pela maneira usual utilizando-se parte dos mesmos para a análise química da madeira e para a determinação das características métricas das fibras e a outra parte foi destinada para estudos de polpagem e determinação das propriedades papaleiras das polpas. Os métodos empregados foram os preconizados pela Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel (ABCP) e pela Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). Na obtenção das polpas foram realizados seis cozimentos, pelo processo sulfato, variando-se as dosagens em 16, 18 e 20% de Alkali Ativo e o tempo em 30 e 60 minutos. Os valores obtidos nos ensaios físico-mecânicos foram analisados estatisticamente. Em conclusão, pode-se afirmar que a Cuiarana, como matéria-prima papaleira, embora produza apenas regulares rendimentos na polpagem por apresentar teores relativamente elevados de extrativos e de lignina, entretanto, pelas excepcionais propriedades físico-mecânicas das fibras, deve ser considerada matéria-prima de primeira qualidade na fabricação de papéis em que sejam especialmente requeridas elevadas resistências ao rasgo, à auto-ruptura, ao estouro e a dobras. Os cozimentos números dois (20%

de Alkali Ativo e 30 minutos) e seis (16% de Alkali Ativo e 30 minutos), considerados globalmente, foram os que melhores resultados produziram, tendo em vista os fins a que as polpas se destinam em cada caso, o cozimento seis para papéis não branqueados e o cozimento dois para papéis branqueados. Analisados os resultados individualmente verificou-se que os cozimentos com 16% de Alkali Ativo e 60 minutos e 18% de Alkali Ativo e 30 minutos produziram os mais elevados valores em relação à variável estouro, respectivamente, de 7,74 e 7,64 kg/cm². Os mais elevados valores de auto-ruptura foram obtidos com 18% de Alkali Ativo e 30 minutos (9.690 m); 16% de Alkali Ativo e 60 minutos (9.600 m); 20% de Alkali Ativo e 30 minutos (9.523 m). A variável dobras com 16% de Alkali Ativo e tempos de 30 e 60 minutos apresentou valores, respectivamente, de 1.411 e 2.001, sendo os mais elevados.

INTRODUÇÃO

A Amazônia, pela ecologia característica e pelo desenvolvimento sócio-econômico, desponta como uma região especialmente vocacionada para vir a desempenhar, num futuro próximo, uma relevante função como produtora de insumos básicos, derivados da madeira extraída de suas imensas florestas nativas, bem como das florestas que serão plantadas racionalmente, tendo em vista a incomensurável disponibilidade de áreas ainda, praticamente, não ocupadas e de custo de aquisição relativamente baixo.

Alguns projetos florestais já em fase de implantação, entre os quais, o do plantio de 100.000 ha da espécie *Gmelina arborea* ao longo da margem direita do rio Jari, executado pela Empresa Jari Florestal e Agropecuária Ltda., utilizam, na generalidade, espécies exóticas, as quais, nem sempre, apresentam o desempenho silvicultural esperado e desejado, apesar de se tratar de espécies arbóreas de comprovada superioridade como matéria-prima nos processos industriais.

Essa tendência pela introdução de espécies florestais estranhas ao ambiente amazônico, em parte, se justifica pelo fato do negligível conhecimento que até o presente se tem das possibilidades das espécies nativas como árvores para reflorestamento e para utilização nos processos industriais de produção de pastas e polpas para papel.

A potencialidade das espécies nativas da floresta amazônica só poderá ser devidamente revelada, através do estudo sistemático das mesmas sob um enfoque econômico e utilitário, objetivando a definição de suas reais características silviculturais e de seu comportamento nos processamentos industriais.

A grande heterogeneidade das florestas tropicais úmidas, formadas de centenas de espécies coexistindo num mesmo maciço florestal, torna-se, por vezes, de aproveitamento econômico, senão impossível, pelo menos, bastante aleatório.

O reflorestamento de grandes extensões amazônicas, desmatadas para uma colonização que nem sempre produziu, a longo prazo, resultados satisfatórios, é, sem dúvida, uma das expectativas de recuperação sócio-econômica dessas áreas em fase de retrocesso. Torna-se, portanto, especialmente oportuno o estudo para identificar as espécies florestais nativas que apresentem o mais elevado desempenho silvicultural e de utilização como matéria-prima nos processos de transformação industrial.

A Cuiarana, **Terminalia amazonia** Exell in Pulle, da família das Combretáceas, objeto da presente monografia, é uma das espécies que, pelas superiores características papeleras, pode ser recomendada como excelente matéria-prima a ser utilizada na produção de pastas e polpas para papel. Estudos silviculturais deverão, todavia, complementar os aspectos tecnológicos que ora são apresentados.

A Cuiarana é uma árvore que pode atingir mais de 20 m de altura, de grande dispersão, podendo ser encontrada em toda a Amazônia, embora, com baixa densidade de ocorrência. Segundo levantamento florestal levado a efeito pela Missão FAO nos anos de 1956 a 1961 (Brasil. SUDAM 1974), na região compreendida entre o Tapajós e o Xingu, a ocorrência média da espécie, em número de árvores/ha é de, apenas, 0,90, com um volume médio de madeira de 3,89 m³/ha, que representa 1,72% sobre o volume total da madeira disponível por hectare.

A Cuiarana apresenta-se como madeira de coloração clara e densidade em torno de 0,80. Pode ser também utilizada como madeira para marcenaria e construção civil.

A baixa densidade de ocorrência, entretanto, elimina, pela base, a possibilidade de aproveitamento da mesma, no estado nativo, como matéria-prima papaleira, apesar de suas superiores características. Como essência para reflorestamento, com vistas, principalmente, à utilização na produção de celulose e papel, apresenta amplas possibilidades.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

O material fibroso foi coletado ao longo da Rodovia Santarém-Cuiabá, próximo à vila de Belterra, por especialistas lotados no Laboratório de Botânica do CPATU, e se constituiu de três toras de um metro de comprimento cada uma, retiradas, respectivamente, da base do meio e da parte superior do fuste (Fig. 1).

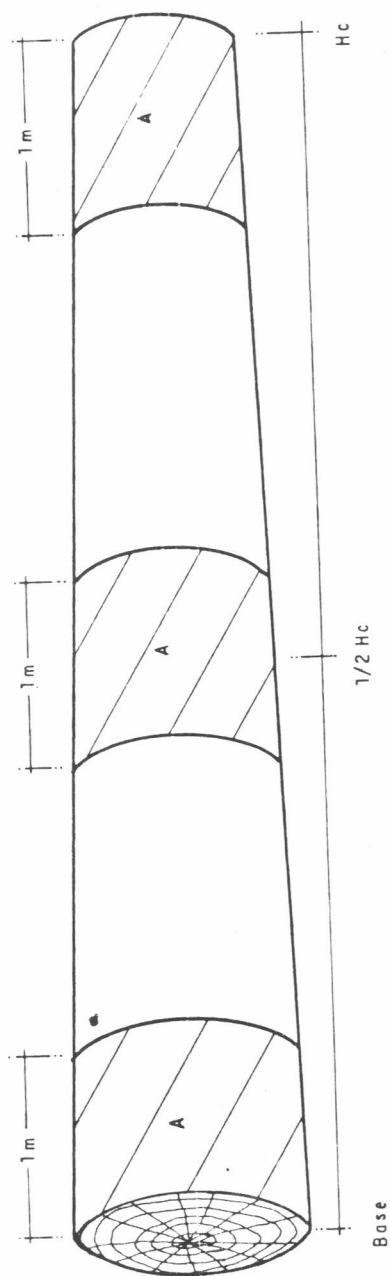
As toras foram transformadas em cavacos de 0,5 cm x 0,20 cm x 2,5 cm de dimensão e estes secados em estufa, com circulação de ar quente, na temperatura de $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Parte dos cavacos foi tritura-da e tamizada em peneiras de 40 e 60 mesh para a análise química.

Métodos

Análise química e características métricas das fibras

Os métodos empregados foram os preconizados pela Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel (1974) e pela Technical Association of the Pulp and Paper Industry (1969), constantes das seguintes determinações com os respectivos métodos:

Determinações	Métodos		
— Umidade	ABCP	M	2/71
— Resíduo Mineral Fixo	TAPPI	T15	OS-58
— Lignina	TAPPI	T13	OS-54
— Celulose Cross e Bevan	ABCP	M	9/71
— Pentosanas	TAPPI	T19	M-50
— Solubilidade em água fria e quente	ABCP	M	4/68
— Solubilidade em NaOH a 1%	ABCP	M	5/68
— Solubilidade em álcool-benzol	ABCP	M	6/68
— Número de Permanganato	ABCP	C	4/71
— Alkali Ativo Residual	TAPPI	RC-287	



Hc — Altura comercial
A — Madeira utilizada no estudo

FIG. 1 — Método de retirada das amostras.

Cada análise foi realizada com três repetições e os resultados se referem às médias aritméticas correspondentes.

Na dissociação dos elementos fibrosos utilizou-se ácido nítrico 1:1 em vez de ácido concentrado (Shimoya 1966).

Foram feitas com medições de comprimento e cinquenta de largura e lúmen, medindo-se os valores mínimos, médios e máximos e calculando-se o coeficiente de variação, o desvio padrão, o comprimento relativo (relação entre o comprimento e a largura da fibra) e o coeficiente de flexibilidade (relação entre o lúmen e a largura da fibra). A espessura das paredes das fibras foi determinada a partir das dimensões da largura e lúmen.

Obtenção das polpas

Na obtenção das polpas utilizou-se uma autoclave giratória com capacidade de 20 litros, dotada de aquecimento indireto e controlada com regulador térmico automático.

Seis cozimentos foram realizados, pelo processo sulfato, nas seguintes condições operacionais:

— Madeira seca (U = 0%)	1.500 g
— Alkali Ativo	16, 18 e 20%
— Sulfidez	25%
— Temperatura de patamar	170°C
— Tempo de elevação	90 min.
— Tempo na temperatura de 170°C	30 e 60 min.
— Diluição	4 : 1

O processo sulfato foi selecionado por ser o mais usado no Brasil e principalmente por permitir fácil cozimento de qualquer madeira em tempo relativamente curto, produzir polpas com resistências satisfatórias e de fácil branqueamento e, ainda, por apresentar facilidades em relação à recuperação da lixívia negra (Casey 1966).

Tratamentos das polpas

As polpas químicas resultantes dos cozimentos foram lavadas e depuradas em classificador de fibras BH 6/12 (Tipo Brecht Holl) provido de peneira de 0,3 mm, secadas ao ar, refinadas a uma consis-

tência de 6%, a diferentes °SR, em moinho JK/6 (tipo Jokro) e, finalmente, transformadas em papel em formador de folhas FSS/2 (tipo Koethen Rapid), com gramatura aproximada de 60 g/m².

Ensaio físico-mecânicos

Os ensaios físico-mecânicos foram realizados à temperatura de $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $55 \pm 2\%$, empregando-se aparelhos padronizados, com as seguintes características: Aparelho Elmendorf ED/1600 (para medir resistência ao rasgo); Dobrador de Folhas DF/200 — tipo Kohler-Molin (para medir a resistência ao vinco e à durabilidade de flexão, Aparelho Mullentester motorizado, tipo MT/MOT-A (para medir a resistência ao estouro) e Dinamômetro RE-A. 30/5 (para medir a resistência à auto-ruptura).

Delineamento e análise estatística

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

Os tratamentos, em número de seis, foram arranjados em esquema fatorial 3×2 em que o primeiro fator foi concentração de Alkali Ativo (16%, 18% e 20%) e o segundo fator, tempo de cozimento (30 e 60 minutos).

As Tabelas 9 a 18, no anexo, permitem observar, de uma maneira mais simples, os esquemas dos fatoriais usados, a identificação dos tratamentos, as análises de variância e a comparação entre médias de tratamentos.

Os valores relativos à variável dobras, por não apresentarem distribuição normal, foram corrigidos pela expressão $\sqrt{x + 0,5}$ onde, o x é o número de dobras (Gomes 1973).

Para as comparações entre médias de tratamento utilizou-se o teste SNK (Student Newman and Keuls). O teste SNK utiliza a tabela Tukey e a técnica de Duncan e é bastante empregado quando se deseja maior rigor na análise e um perfeito balanceamento entre os erros do tipo I e II (Soares 1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise química e características métricas das fibras

As Tabelas 1 e 2 agrupam, respectivamente, a análise química e a ficha biométrica da espécie estudada.

TABELA 1 — Análise Química

Determinações	Resultados %
Resíduo Mineral Fixo	0,64
Celulose Cross e Bevan	49,60
Lignina	33,64
Pentosanas	12,05
Solubilidade em água fria	8,66
Solubilidade em água quente	10,53
Solubilidade em Hidróxido de Sódic a 1%	24,21
Extrato álcool-benzol	2,33

TABELA 2 — Ficha biométrica das fibras

Especificação	Máximo (micra)	Médio (micra)	Mínimo (micra)	Desvio padrão	Coeficiente de variação %
Comprimento	2205	1792,96	1012	195,80	10,92
Largura	40	27,60	20	4,73	17,15
Lúmen	32	19,20	12	3,96	20,62
Espessura da parede	—	4,20	—	—	—
Comprimento/largura	—	64,96	—	—	—
Lúmen/largura	—	0,70	—	—	—

Dos dados obtidos na análise química, observa-se que os teores de solubilidade em água fria e quente situam-se ligeiramente acima dos resultados médios comumente obtidos com folhosas tropicais. O teor de celulose deve ser considerado relativamente baixo, enquanto os dados de resíduo mineral fixo e pentosanas são normais.

O teor de lignina considerado alto evidencia a necessidade de se cozinhar a Cuíarana em presença de teores de álcali ativo mais elevados do que os comumente usados.

O baixo teor de celulose associado a elevados valores de lignina e extrativos pressupõem rendimentos mais baixos, aumento da opacidade do papel, além de um alto consumo de reagentes químicos durante a polpagem (Casey 1966 e Sandermann 1968).

A análise da Tabela 2 permite observar que a Cuíarana está constituída por fibras longas de paredes delgadas e largura média, segundo as normas da COPANT (1974).

Considerando-se que a resistência ao rasgo é diretamente proporcional ao comprimento da fibra, à densidade da madeira e ao comprimento relativo (relação entre o comprimento e a largura da fibra), é de se esperar elevada resistência ao rasgo para a espécie em estudo, apesar de delgada a parede das fibras e o baixo teor de celulose.

O coeficiente de flexibilidade (relação entre o lúmen e a largura da fibra) é diretamente proporcional à resistência à auto-ruptura. Assim, o elevado valor encontrado para a Cuíarana ($CF = 0,70$) permite antever elevadas resistências à auto-ruptura.

Considerando que as resistências ao estouro e a dobras do papel são inversamente proporcionais à espessura da parede (FAO 1953 e Sallada 1970), é de se esperar papéis de elevada resistência em relação a esses parâmetros, com base na Cuíarana. Além disso, fibras de paredes delgadas, denominadas por Sandermann (1968) como tipo plano, durante a formação da folha de papel, recaem umas sobre as outras e se achatam, mantendo uma superfície de contato grande, não permitindo a presença de muito ar entre as mesmas e produzindo papéis pouco opacos, ou seja, mais ou menos transparentes.

A Tabela 3 agrupa as condições e resultados dos seis cozimentos.

TABELA 3 — Condições e resultados dos cozimentos

Coz. N.º	AA %	Tempo min.	S %	Temp. °C	Dil. Lix./mad.	AAR %	Rej. %	Rend. %	N.P.
1	20	60	25	170	4:1	5,05	0	39,40	16,02
2	20	30	25	170	4:1	5,70	0,28	42,49	16,81
3	18	60	25	170	4:1	3,06	0,02	41,94	17,32
4	18	30	25	170	4:1	4,42	0,12	42,23	18,16
5	16	60	25	170	4:1	2,25	0,71	42,64	19,29
6	16	30	25	170	4:1	3,16	0,11	41,95	21,64

Observando-se os dados contidos na Tabela 3, pode-se concluir da inconveniência de reduzir-se o teor de álcali ativo abaixo de 16%, tendo em vista o baixo teor de álcali ativo residual e o já relativamente elevado número de permanganato apresentado pelo cozimento com 30 minutos. Por outro lado, parece também não haver interesse em se aumentar o percentual de álcali ativo acima de 20%, a fim de que o rendimento não seja afetado uma vez que, com 20% e 60 minutos de cozimento, atinge valores abaixo de 40%.

Dependendo da destinação da polpa obtida, pode-se admitir como melhores o cozimento número seis, para papéis não branqueados, e o cozimento número dois, para papéis branqueados, considerando-se que, no Brasil, há mais viabilidade econômica em aumentar-se o teor de álcali ativo para obter-se número de permanganato mais baixo, a aumentar o consumo de cloro no processo de branqueamento, com polpas de mais elevado número de permanganato.

A Tabela 4 reúne as condições de cozimento e os resultados físico-mecânicos dos papéis fabricados. Estão incluídas as resistências à auto-ruptura, estouro, rasgo e dobras, todas obtidas através de interpolação gráfica a 45°SR.

TABELA 4 — Ensaio físico-mecânico das polpas

Coz. N.º	AA %	Tempo min.	S %	Temp. °C	Dil. Lix./med.	Auto- ruptura m	Estouro kg/cm²	Rasgo g	Dobras n.º
1	20	60	25	170	4:1	6297	5,09	145,1	385
2	20	30	25	170	4:1	9523	5,86	155,96	521
3	18	60	25	170	4:1	8130	6,15	164	480
4	18	30	25	170	4:1	9690	7,74	180	862
5	16	60	25	170	4:1	9600	7,64	180	2001
6	16	30	25	170	4:1	7240	5,52	222	1411

Os resultados dos ensaios físico-mecânicos apresentaram valores excepcionalmente elevados para todas as resistências, fato que deve ser destacado por se tratar de uma folhosa.

Em tese, espécies que apresentam elevadas resistências à auto-ruptura, estouro e dobras apresentam, em contrapartida, baixa resistência ao rasgo. A recíproca é, geralmente, também verdadeira, uma vez que espécies com elevadas resistências ao rasgo produzem baixas resistências à auto-ruptura, estouro e dobras.

Vale a pena salientar, ainda, que dentre as 70 espécies estudadas por Melo (1979) a Cuilarana apresentou, em relação aos ensaios físico-mecânicos das polpas, os mais elevados valores paramétricos considerados globalmente.

As Tabelas 5 a 8 mostram os resultados obtidos na análise, pelo teste SNK, das variáveis dobras, rasgo, estouro e auto-ruptura. Deve-se observar que médias ligadas pela mesma linha não apresentem diferença significativa a nível de 95% de probabilidade.

TABELA 5 — Comparação entre médias de tratamentos — variável dobras

Tratamentos T	Alcali Ativo %	Tempo min.	Médias	
			$\sqrt{x + 0,5}$	N.º de dobras
T ₂	16	60	42,26	2.001
T ₁	16	30	36,82	1.411
T ₃	18	30	28,65	862
T ₅	20	30	21,81	521
T ₄	18	60	20,39	480
T ₆	20	60	19,25	385

TABELA 6 — Comparação entre médias de tratamentos — variável rasgo

Tratamentos T	Alcali Ativo %	Média g	Tempo min.
T ₁	16	30	222
T ₂	16	60	180
T ₃	18	30	180
T ₄	18	60	164
T ₅	20	30	155,96
T ₆	20	60	145,1

TABELA 7 — Comparação entre médias de tratamentos — variável estouro

Tratamentos T	Alcali Ativo %	Tempo min.	Média kg/cm ²
T ₃	18	30	7,74
T ₂	16	60	7,64
T ₄	18	60	6,15
T ₅	20	30	5,86
T ₁	16	30	5,52
T ₆	20	60	5,09

TABELA 8 — Comparação entre médias de tratamentos — variável auto-ruptura

Tratamentos T	Alcali Ativo %	Tempo min.	Média m
T ₃	18	30	9.690
T ₂	16	60	9.600
T ₅	20	30	9.523
T ₄	18	60	8.130
T ₁	16	30	7.240
T ₆	20	60	6.297

As análises da variância e os testes de significância encontram-se nas Tabelas 11 a 18, no anexo.

As análises da variância para as variáveis rasgo e auto-ruptura apresentaram diferenças altamente significativas entre as dosagens, tratamentos, tempos e interações dosagens x tempos (Tabelas 13 e 17).

Com relação à variável estouro, apenas o tempo foi não significativo e, para a variável dobras, o tempo e a interação álcali ativo x

tempo também não apresentaram diferenças significativas, sendo que as demais fontes de variação, tanto para a variável estouro como para a variável dobras, foram altamente significativas (Tabelas 11 e 15).

A comparação entre médias de tratamentos para a variável dobras (Tabela 5) demonstrou que os tratamentos com 16% de álcali ativo e tempo de 30 e 60 minutos são iguais e os melhores. Os demais tratamentos também são iguais entre si e apresentaram os mais baixos valores de dobras.

Analisando-se o comportamento da variável rasgo, verifica-se que o melhor tratamento refere-se a 16% de AA e 30 minutos, enquanto que o menor valor foi obtido para o tratamento com 20% AA e 60 minutos (Tabela 6).

Para a variável estouro, a comparação entre médias mostrou que os tratamentos com 18% AA e 30 minutos e 16% AA e 60 minutos são iguais e os melhores, enquanto que o tratamento com 20% de AA e 60 minutos foi o que apresentou o mais baixo valor (Tabela 7).

Finalmente, para a variável auto-ruptura, a comparação entre médias de tratamentos indica que os tratamentos com 18% AA e 30 minutos, 16% AA e 60 minutos e 20 AA e 30 minutos foram os melhores e são estatisticamente iguais, ao passo que o menor valor foi determinado para o tratamento com 20% AA e 60 minutos (Tabela 8).

CONCLUSÕES

A Cuiarana, *Terminalia amazonia* Exell in Pulle, como matéria-prima papeleira, não apresenta elevado rendimento nos processos de polpagem, situando-se, pelo contrário, em nível ligeiramente inferior aos valores médios apresentados pelas folhosas.

Esse relativamente baixo rendimento em polpa se relaciona aos teores elevados de lignina e de extrativos, os quais, por sua vez, pressupõem um consumo de álcali mais elevado do que o geralmente associado à polpagem de folhosas tropicais.

As características biométricas das fibras indicam que se trata de material de excepcional qualidade, devendo produzir papéis com elevados valores de auto-ruptura, rasgo e dobras.

Dependendo da finalidade a que destina a polpa, pode-se considerar, como o melhor, o cozimento com álcali ativo de 16% no tempo de 30 minutos a 170°C, para papéis não branqueados e o cozimento com 20% de Álcali Ativo e tempo de 30 minutos a 170°C, para papéis branqueados.

Apesar do baixo rendimento e um relativamente mais elevado consumo de álcali, a Cuiarana, pelas excepcionais características físico-mecânicas das fibras, deve ser considerada matéria-prima de primeira qualidade na fabricação de papéis, em que sejam necessárias elevadas resistências ao rasgo, auto-ruptura, estouro e dobras. Por estas suas características, deve ser considerada, também, como excelente material de incorporação, em mistura com polpas de folhosas comuns.

O presente estudo deve ser complementado com pesquisas no campo silvicultural para determinar os melhores coeficientes técnicos culturais, já que a espécie no estado nativo, embora de grande dispersão na Amazônia, não apresenta suficiente concentração para poder ser utilizada como matéria-prima capaz de alimentar uma indústria de celulose e papel, ainda que de módulo pequeno.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Normas**, São Paulo, 1974.
- BRASIL. SUDAM. **Levantamentos florestais realizados pela missão FAO na Amazônia (1956-1961)**. Belém, Divisão de Documentação, 1974. v. 1, 397p.
- CASEY, J.P. Pulping and bleaching. In: — **Pulp and paper; chemistry and chemical technology**. 2. ed. New York, Interscience, 1966. v. 1, 675p.
- COPANT. **Descripcion de características generales macroscópica e microscópicas de las maderas Angiospermas Dicotiledoneas**. s.l., 1974, 19p. mimeo.
- FAO, Roma. Itália. **Raw materials for more paper; Pulping processes and procedures recommended for testing**. Rome, 1953. 171p. (FAO Forestry and Forest Products Study, 6).
- GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 5. ed. Piracicaba, ESALQ, 1973. 430p.

- MELO, C.F.M. de. **Potencial papaleiro do maciço florestal situado entre os km 50 e 217 da rodovia Santarém-Cuiabá.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1979. 184p. Tese.
- SALLADA, O. da S. **Curso Intensivo de Atualização Técnica em Celulose,** Belém, s. ed. 1970.
- SANDERMANN, H.W. **Las industrias químicas de la madera y economía de estas industrias en America Latina.** Turrialba, IICA, 1968. 88p. (IICA. Publicacion miscelanea, 59).
- SHIMOYA, C. **Noções de técnica citológica.** Viçosa, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 1966. 69p.
- SOARES, R.V. **Anotações de aulas e informações pessoais.** Curitiba, 1978.
- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Standards and suggested methods.** New York, 1969.

ANEXOS

Lista de Abreviaturas

AA	—	Álcali Ativo
AAR	—	Álcali Ativo Residual
ABCP	—	Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel
CF	—	Coeficiente de Flexibilidade
COPANT	—	Comissão Panamericana de Normas Técnicas
COZ	—	Cozimento
CPATU	—	Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido
CR	—	Comprimento Relativo
Dil	—	Diluição
FAO	—	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Lix/mad	—	Lixívia/madeira
N.P.	—	Número de Permanganato
S	—	Sulfidez
SNK	—	Student Newman and Keuls
°SR	—	°Schopper Riegler
Rej	—	Rejeito
Rend	—	Rendimento
SUDAM	—	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
TAPPI	—	Technical Association of the Pulp and Paper Industry
Temp	—	Temperatura
U	—	Umidade

TABELA 9 — Combinação dos fatores estudados que constituem os tratamentos referentes ao processo sulfato

Concentrações de Alcali Ativo %	Tempo (min.)	
	30 (b ₁)	60 (b ₂)
16 (a ₁)	a ₁ b ₁	a ₁ b ₂
18 (a ₂)	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂
20 (a ₃)	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂

TABELA 10 — Identificação dos diversos tratamentos

Combinação	Tratamentos
a ₁ b ₁	T ₁
a ₁ b ₂	T ₂
a ₂ b ₁	T ₃
a ₂ b ₂	T ₄
a ₃ b ₁	T ₅
a ₃ b ₂	T ₆

TABELA 11 — Análise da variância — variável dobras

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento	5	4087,2919	817,4584	9,92**
Alcali Ativo (AA)	2	3617,64	1808,82	21,95**
Tempo (T)	1	43,439	43,439	0,527 ^{NS}
Interação (AA*T)	2	426,215	213,11	5,586 ^{NS}
Erro	48	3955,0341	82,3965	
Total	53	8042,2360		

TABELA 12 — Comparação entre médias de tratamentos — variável dobras

Tratamentos		T ₂ 42,26	T ₁ 36,82	T ₃ 28,65	T ₅ 21,81	T ₄ 20,39	T ₆ 19,25
T ₆	19,25	23,01*	17,57*	9,40	2,56	1,14	0
T ₄	20,39	21,87*	16,43*	8,26	1,42	0	
T ₅	21,81	20,45*	15,01*	6,84	0		
T ₃	28,65	13,61*	8,17	0			
T ₁	36,82	5,44	0				
T ₂	42,26	0					

Comparador SNK a nível de 95% de probabilidade.

2	3	4	5	6
8,65	10,41	11,46	12,22	12,79

TABELA 13 — Análise da variância — variável rasgo

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento	5	18175,455	3635,091	63,97**
Álcali Ativo (AA)	2	12830,6	6415,3	112,91**
Tempo (T)	1	3951,4	3951,4	65,54**
Interação (AA*T)	2	1393,44	696,72	12,26**
Erro	24	1363,632	56,818	
Total	29	19539,087		

TABELA 14 — Comparação entre médias de tratamentos — variável rasgo (g)

Tratamentos		T ₁ 222	T ₂ 180	T ₃ 180	T ₄ 164	T ₅ 155,96	T ₆ 145,1
T ₆	145,1	76,9 *	34,9 *	34,9 *	18,9 *	10,86*	0
T ₅	155,96	66,04*	24,04*	24,04*	8,04*	0	
T ₄	164	58,0 *	16,0 *	16,0 *	0		
T ₃	180	42,0 *	0	0			
T ₂	180	42,0 *	0				
T ₁	222	0					

Comparador SNK a nível de 95% de probabilidade.

2	3	4	5	6
9,84	11,89	13,14	14,05	14,73

TABELA 15 — Análise da variância — variável estouro

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento	5	61,41789	12,2836	87,924 **
Alcali Ativo (AA)	2	23,3486	11,6743	83,5669**
Tempo (T)	1	0,0952	0,0952	0,6814NS
Interação (AA*T)	2	37,974	18,987	165,91 **
Erro	54	7,54417	0,1397	
Total	59	68,96206		

TABELA 16 — Comparação entre médias de tratamentos — variável estouro (kg/cm²)

Tratamentos		T ₃ 7,74	T ₂ 7,64	T ₄ 6,15	T ₅ 5,86	T ₁ 5,52	T ₆ 5,09
T ₆	5,09	2,65*	2,55*	1,06*	0,77*	0,43*	0
T ₁	5,52	2,22*	2,12*	0,63*	0,34	0	
T ₅	5,86	1,88*	1,78*	0,29	0		
T ₄	6,15	1,59*	1,49*	0			
T ₂	7,64	0,1	0				
T ₃	7,74	0					

Comparador SNK a nível de 95% de probabilidade.

2	3	4	5	6
0,34	0,40	0,447	0,476	0,50

TABELA 17 — Análise da variância — variável auto-ruptura

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento	5	102063812,0833	20412762,4166	28,676**
Álcali Ativo (AA)	2	9990000	4995000	7,017**
Tempo (T)	1	9800000	9800000	13,76 **
Interação (AA*T)	2	82270000	41135000	57,78 **
Erro	54	38438912,5	711831,71296	
Total	59	140502742,5833		

TABELA 18 — Comparação entre médias de tratamentos — variável auto-ruptura (m)

Tratamentos		T ₃ 9690	T ₂ 9600	T ₅ 9523	T ₄ 8130	T ₁ 7240	T ₆ 6297
T ₆	6297	3.393*	3.303*	3.226*	1.833*	943*	0
T ₁	7240	2.450*	2.360*	2.283*	890*	0	
T ₄	8130	1.560*	1.470*	1.393*	0		
T ₅	9523	167	77	0			
T ₂	9600	90	0				
T ₃	9690	0					

Comparador SNK a nível de 95% de probabilidade.

2	3	4	5	6
763	780	1011	1078	1128