

racterísticas satisfatórias para a produção de papéis.

Neste estudo, procurou-se caracterizar a qualidade das madeiras e celuloses kraft de algumas espécies nativas em comparação com o *Eucalyptus grandis*. Também foram realizados ensaios de produção de celulose de misturas de madeiras, em que o componente principal era o *E. grandis*, e as espécies nativas, uma de cada vez, entravam em proporções de 5, 10 e 15% da mistura. As espécies em questão foram: guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), boleira (*Joannesia princeps*), caixeta (*Alseodaphnophloeum amara*) e cajá-da-mata (*Spondias* sp.).

Essas espécies são comuns e adaptadas à Região Leste do Brasil, sendo potencialmente sugeridas para reflorestamento nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Em razão de tratar-se de espécies ainda pouco estudadas quanto à produção de celulose, não foram muitas as informações localizadas na literatura especializada.

2.1. *Eucalyptus grandis*

Atualmente, é a espécie mais plantada e mais conhecida no Brasil, primeiro, pela alta qualidade florestal e da sua celulose, e segundo, pela facilidade de obtenção de sementes puras. Por essas razões, a espécie foi maciçamente introduzida no País.

O *E. grandis* mostra desenvolvimento excepcional, com alturas excelentes e ótimos diâmetros. O crescimento monopodial é violento, com ramificações finas e boa desrama natural.

A madeira do *E. grandis* é, das madeiras dos eucaliptos comerciais, uma das que apresentam menor densidade básica, com valores de 0,45 a 0,55 g/cm³, dependendo de uma série de fatores, como idade, manejo, procedência das sementes, espaçamento, etc.

A viabilidade do *E. grandis* para obtenção de celulose kraft é sobejamente comprovada em laboratório por PEREIRA (8), BARRICHELO e FOELKEL (2) e BARRICHELO e BRITO (3), e pela maioria das fábricas de celulose, em São Paulo, que se valem da madeira da espécie.

2.2. Guapuruvu (*Schizolobium parahyba*)

Entre as diversas espécies florestais nativas de crescimento rápido, citadas como possíveis fontes de madeira, encontra-se o guapuruvu. É encontrado em estado nativo desde a América Central até a região subtropical da América do Sul. É descrito por PEREIRA e MAINIERI (9), como sendo de madeira leve, de cor branca a branco-palha, e encontrado nas regiões costeiras, principalmente do Estado de São Paulo.

A recomendação de seu uso para celulose não é recente.

Em 1909, CORRÊA (4) sugeriu sua utilização para esse fim. As boas características da celulose do guapuruvu foram confirmadas em 1952, quando Carvalho, citado por SALLADA *et alii* (10), chegou a resultados animadores no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

Em 1960, TAMOLANG *et alii* (11), estudando a morfologia das

O USO DE MISTURAS DE MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* COM PEQUENAS PROPORÇÕES DE MADEIRAS DE ESPÉCIES NATIVAS PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT*

Celso E. B. Foelkel
Jorge Kato
Ceslavas Zvinakevicius
Alair Rodrigues da Silva**

1. INTRODUÇÃO

É indiscutível o enorme progresso que a indústria de celulose e papel tem alcançado nos últimos dez anos no Brasil. Esse progresso está intimamente associado ao programa de concessão de incentivos fiscais pelo Governo Federal, o que incrementou os reflorestamentos em nosso País.

Mesmo com esse significativo auxílio governamental, torna-se cada vez mais difícil a obtenção da matéria-prima fibrosa.

A expansão da indústria nacional tem-se apoiado no desenvolvimento da fabricação de celulose de fibra curta. Grandes projetos industriais, em início de operação, estão produzindo celulose branqueada de *Eucalyptus* sp. e *Gmelina arborea* para comercialização, principalmente no exterior. Tanto os eucaliptos como a *Gmelina* são espécies exóticas, introduzidas no Brasil, onde ganharam aceitação, graças às suas características florestais superiores e às boas propriedades das suas celuloses.

Entretanto, há, nas matas brasileiras, uma diversidade tão grande de espécies lenhosas, que esse fato mereceu sempre a referência atenciosa do mundo inteiro. Essas espécies estão sendo completamente esquecidas pelos reflorestadores e fabricantes de celulose. Certamente, deverá haver entre elas, algumas capazes de produzir celuloses de alta qualidade, com ca-

*Recebido para publicação em 21/10/1978.

**Respectivamente, Professor Colaborador da U.F.V. e Chefe do Departamento de Controle de Qualidade da Celulose Nipo-Brasileira S/A - CENIBRA, Chefe da Divisão de Testes Físicos e Chefe da Divisão de Pesquisas da CENIBRA e Assistente do Departamento de Pesquisas da Florestas Rio Doce S/A.

fibras do guapuruvu, consideraram-no promissor para celulose, principalmente no que diz respeito à capacidade de ligação inter-fibras.

SALLADA *et alii* (19) estudaram o guapuruvu como fonte de madeira para a produção de celulose sulfato e concluíram que dele se podia obter excelente polpa celulósica. Embora ligeiramente inferior ao eucalipto, o guapuruvu permitiu a obtenção de celulose tanto para papéis não-brancos como para papéis alvos de boa qualidade.

2.3. Boleira (*Joannesia princeps*)

Joannesia princeps, euforbiácea de ocorrência típica na Zona da Mata, região leste de Minas Gerais, vale do rio Doce, Espírito Santo e sul da Bahia. É também conhecida, nesses locais, por andá-açu e cutieira.

Seu desenvolvimento é muito bom naqueles locais, respondendo bem a solos pobres, impróprios para a agricultura.

Atualmente, a espécie tem sido relativamente bem estudada para a produção de celulose kraft e de pasta termomecânica, por causa de sua madeira clara. Entretanto, as sugestões de seu uso para conversão em celulose não são recentes.

Em 1935, FONSECA (6) verificava que essa madeira produzia celulose de alto rendimento e qualidade. Mais recentemente, em 1971, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo publicou relatório em que se confirmava a boa qualidade da celulose dessa madeira.

Em estudo comparativo com a madeira de *Eucalyptus saligna*, BARRICHELO e FOELKEL (7) estabeleceram um índice relativo de qualidade de mais ou menos 80%, demonstrando que a matéria-prima é ligeiramente inferior à do eucalipto. As celuloses kraft, com razoáveis resistências e rendimentos, foram consideradas satisfatórias, principalmente para papéis de impressão e escrita.

Em 1976, FOELKEL e BARRICHELO (8) voltaram a relatar resultados promissores para a madeira e a celulose kraft da *Joannesia princeps*.

2.4. Caixeta (*Simaruba amara*)

Árvore de grande porte, comum nas matas virgens amazônicas. A madeira branca, leve e macia, tem sido aproveitada para caixas, tamancos e construções. Não há referências conhecidas de seu uso para celulose.

2.5. Cajá-da-mata (*Spondias* sp.)

Nada foi encontrado quanto ao potencial celulósico-papeleiro do cajá-da-mata.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As madeiras de árvores de idades indeterminadas das espécies *Schizolobium parahyba*, *Joannesia princeps*, *Simaruba amara* e *Spondias* sp. foram coletadas em povoamentos localizados no Estado do Espírito Santo. A madeira de *Eucalyptus grandis* foi recolhida em povoamento artificial de 5 anos, localizado em

Linhares, ES.

As árvores foram seccionadas em toras e descascadas, e a madeira foi convertida em cavacos. Nesses cavacos, realizaram-se determinações anatómicas, químicas e físicas. As fibras e os vasos foram dimensionados por microprojeção. A determinação da composição química das madeiras obedeceu à metodologia recomendada pela TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. A densidade básica dos cavacos foi determinada pelo método do máximo teor de umidade.

Para conversão das madeiras em celulose foi utilizado o processo kraft. Foram realizadas duas repetições por tratamento, para todas as análises e processamentos. Os tratamentos analisados foram os seguintes:

| | | | | | | |
|------|---|------|----|---------|----|------------------------------------------------|
| T | = | 100% | de | madeira | de | <i>E. grandis</i> |
| T 1 | = | 100% | de | madeira | de | <i>S. parahyba</i> |
| T 2 | = | 100% | de | madeira | de | <i>J. princeps</i> |
| T 3 | = | 100% | de | madeira | de | <i>S. amara</i> |
| T 4 | = | 100% | de | madeira | de | <i>Spondias</i> sp. |
| T 5 | = | 5% | de | madeira | de | <i>S. parahyba</i> e 95% de <i>E. grandis</i> |
| T 6 | = | 10% | de | madeira | de | <i>S. parahyba</i> e 90% de <i>E. grandis</i> |
| T 7 | = | 15% | de | madeira | de | <i>S. parahyba</i> e 85% de <i>E. grandis</i> |
| T 8 | = | 5% | de | madeira | de | <i>J. princeps</i> e 95% de <i>E. grandis</i> |
| T 9 | = | 10% | de | madeira | de | <i>J. princeps</i> e 90% de <i>E. grandis</i> |
| T 10 | = | 15% | de | madeira | de | <i>J. princeps</i> e 85% de <i>E. grandis</i> |
| T 11 | = | 5% | de | madeira | de | <i>S. amara</i> e 95% de <i>E. grandis</i> |
| T 12 | = | 10% | de | madeira | de | <i>S. amara</i> e 90% de <i>E. grandis</i> |
| T 13 | = | 15% | de | madeira | de | <i>S. amara</i> e 85% de <i>E. grandis</i> |
| T 14 | = | 5% | de | madeira | de | <i>Spondias</i> sp. e 95% de <i>E. grandis</i> |
| T 15 | = | 10% | de | madeira | de | <i>Spondias</i> sp. e 90% de <i>E. grandis</i> |
| T 16 | = | 15% | de | madeira | de | <i>Spondias</i> sp. e 85% de <i>E. grandis</i> |

As condições adotadas para os cozimentos kraft foram as seguintes:

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Alcali ativo (% Na ₂ O) | 17% |
| Sulfidez | 25% |
| Temperatura máxima | 160°C |
| Tempo até 160°C | 120 minutos |
| Tempo a 160°C | 60 minutos |
| Relação licor/madeira | 4,5 : 1 |

Após os cozimentos, as celuloses eram lavadas e depuradas, determinando-se rendimentos brutos, rendimentos depurados, teores de rejeitos, números kappa, alvuras e viscosidades.

As celuloses produzidas foram divididas em duas porções: uma para ensaios físico-mecânicos e outra para branqueamento. O branqueamento obedeceu à sequência CE₁HD₁E₂D₂, seguindo-se lavagem com solução acidificada de Na₂SO₃.

As condições adotadas nos branqueamentos constam do Quadro 1.

As celuloses branqueadas e não branqueadas eram submetidas ao refino, em moinho PFI, para desenvolvimento de suas propriedades físico-mecânicas. A metodologia empregada no refino, formação de folhas e ensaios, obedeceu às normas da TAPPI. Antes dos testes mecânicos, as folhas eram climatizadas a 65% de umidade relativa e 20°C de temperatura.

QUADRO 1 - Condições dos branqueamentos

| Variável | C | E ₁ | H | D ₁ | E ₂ | D ₂ | Na ₂ SO ₃ |
|-----------------------------------|----|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| % Cloro ativo | V* | - | 1,0 | 0,6 | - | 0,2 | - |
| % NaOH | - | V* | 0,2 | - | 0,5 | - | - |
| % Na ₂ SO ₃ | - | - | - | - | - | - | 0,5 |
| % Consistência | 4 | 10 | 6 | 10 | 10 | 10 | 5 |
| Tempo, minutos | 60 | 90 | 120 | 210 | 90 | 210 | 15 |
| Temperatura, °C | 25 | 60 | 40 | 70 | 60 | 70 | 25 |

* V = variável, conforme número kappa da celulose não-branqueada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Madeira

Os resultados médios para as características das madeiras estão apresentados no Quadro 2.

As madeiras mostraram características distintas e variadas. Fisicamente, a madeira do *E. grandis* mostrou-se densa e compacta, em relação às demais. As densidades básicas das espécies nativas foram mais baixas que a do eucalipto. Dessas, a madeira do guapuruvu, pela baixíssima densidade básica apresentada, praticamente tem seu uso limitado à conversão em celulose. As outras espécies, com densidades básicas entre 0,3 a 0,4 g/cm³, ainda podem ser aproveitadas.

Do ponto de vista de dimensões dos constituintes anatômicos, observou-se que as fibras tinham comprimentos semelhantes, de aproximadamente 1 mm, sendo, portanto, todas, bem curtas. Entretanto, as fibras das espécies nativas eram todas mais largas que as do eucalipto, o que se refletiu num menor índice de enfiamento. Essa característica, em geral, associa-se a menores resistências ao rasgo das celuloses. Os elementos de vasos das madeiras nativas mostraram-se maiores que para o *E. grandis*, principalmente para o cajá-da-mata. Vasos superdimensionados são indesejáveis para a produção de papéis para impressão e escrita, por causa dos defeitos que causam na operação das impressoras e na qualidade da impressão e escrita.

Os teores de extrativos em água quente e álcool/benzeno foram sempre maiores para as madeiras nativas, em relação ao eucalipto. Embora mais altos que para o eucalipto, esses extrativos não apresentavam, de forma geral, teores considerados capazes de prejudicar a produção e o branqueamento da celulose kraft. Restava considerar a qualidade dos extrativos, pois às vezes, teores mínimos de um extrativo podem afetar desfavora-

QUADRO 2 - Características das madeiras

| Propriedade | <i>E. grandis</i> | Guapuruvu | Boleira | Caixeta | Cajá-da-mata |
|-------------------------------------|-------------------|-----------|---------|---------|--------------|
| Densidade básica, g/cm ³ | 0,508 | 0,156 | 0,339 | 0,359 | 0,345 |
| Comprimento das fibras, mm | 0,77 | 0,72 | 1,02 | 0,90 | 0,92 |
| Largura das fibras, µ | 16,0 | 35,3 | 31,3 | 21,6 | 37,5 |
| Diâmetro do lúmen, µ | 11,4 | 30,7 | 25,3 | 16,2 | 31,5 |
| Espessura da parede, µ | 2,3 | 2,3 | 3,0 | 2,7 | 3,0 |
| Comprimento dos vasos, mm | 0,310 | 0,266 | 0,475 | 0,435 | 0,631 |
| Largura dos vasos, mm | 0,117 | 0,266 | 0,156 | 0,187 | 0,156 |
| Índice de enfiamento | 48 | 20 | 33 | 42 | 24 |
| Teor de | | | | | |
| - lignina, % | 26,3 | 31,0 | 22,9 | 27,4 | 18,8 |
| - pentosanas, % | 12,6 | 13,7 | 11,9 | 10,1 | 13,7 |
| - cinzas, % | 0,34 | 1,32 | 1,57 | 0,51 | 0,59 |
| Solubilidade em | | | | | |
| - água quente, % | 3,0 | 6,3 | 6,0 | 4,7 | 7,7 |
| - álcool/benzeno | 0,9 | 1,4 | 3,5 | 1,5 | 2,0 |
| - NaOH 1% | 11,8 | 18,0 | 14,8 | 9,6 | 17,7 |

velmente a branqueabilidade da celulose. Maiores considerações serão focalizadas posteriormente na discussão do branqueamento das celuloses.

Quimicamente, observou-se que as madeiras do cajá-da-mata e da boleira são interessantes para a deslignificação, pelo seu baixo teor de lignina. Elevados teores de cinzas foram observados para as madeiras de guapuruvu e boleira.

4.2. Produção e Branqueamento de Celulose

Os resultados médios alcançados para os cozimentos dos dezesete tratamentos estão apresentados no Quadro 3.

Conforme se pode observar pelos dados, os cozimentos conduziram a resultados homogêneos para rendimentos e teores de rejeitos. Estes últimos ocorreram em quantidade mínima, o que se deve à boa uniformidade dos cavacos e à alta carga alcalina, 17% de Na₂O. É interessante ressaltar, quanto aos rendimentos na conversão em celulose, o ligeiro acréscimo quando se procedeu aos cozimentos de misturas, em relação aos cozimentos individuais. Isso indica interação positiva das misturas, com efeito de proteção aos carboidratos. Esse fato é reforçado pelas maiores viscosidades dos cozimentos de misturas, em relação às obtidas para os cozimentos das madeiras nativas isoladamente.

As celuloses foram branqueadas, e os resultados estão apresentados no Quadro 4.

Os branqueamentos de todos os tratamentos, à exceção do tratamento 100% de madeira de guapuruvu, conduziu a alvuras da ordem de 90%.

Pela dosagem de cloro total empregada, abaixo de 6% em relação à polpa absolutamente seca, pode-se afirmar que as celuloses apresentavam características de fácil branqueamento. A única polpa a apresentar problemas para o branqueamento foi a do guapuruvu em que não se conseguiu desenvolver elevadas alvuras. Talvez por causa de extrativos cromóforos, que, mesmo em pequenas quantidades, prejudicavam a branqueabilidade das polpas. Essa dificuldade de alveamento não se verificava com referência às misturas de pequenas proporções de madeira de guapuruvu com a de *E. grandis*.

4.3. Propriedades Físico-mecânicas e Óticas das Celuloses

Para a análise do efeito do refino sobre as propriedades físico-mecânicas e óticas das celuloses, estabeleceram-se comparações a 25, 37 e 54°SR.

Os resultados médios de todos os tratamentos encontram-se nos Quadros 5 e 6, respectivamente, para polpas não-branqueadas e branqueadas.

Embora os cozimentos tivessem conduzido a celuloses com números kappa e viscosidades com pequena amplitude de variação, o mesmo não se refletiu nos resultados dos testes físicos.

Quando se compararam as celuloses das espécies individuais, observaram-se comportamentos bem distintos. A celulose kraft do *E. grandis* mostrou resistência à tração (auto-ruptura) e ao rasgo superior à das demais espécies. Igualmente sua elongação foi superior à das outras, havendo apenas ligeira similaridade com a do cajá-da-mata, para a celulose não-branqueada, e

QUADRO 3 - Resultados médios dos cozimentos kraft das madeiras

| 100% Tratamento | Rendimento, % | | Teor de rejeitos % | Número Kappa | Alvura % Photovolt | Viscosidade cps |
|----------------------------------|---------------|----------|--------------------|--------------|--------------------|-----------------|
| | Bruto | Depurado | | | | |
| <i>E. grandis</i> | | | | | | |
| - Guapuruvu | 49,9 | 49,8 | 0,1 | 17,5 | 38,9 | 56,8 |
| - Boleira | 50,1 | 50,0 | 0,1 | 18,8 | 27,0 | 28,9 |
| - Caixeta | 48,6 | 48,5 | 0,1 | 18,0 | 41,2 | 32,8 |
| - Cajá-da-mata | 47,6 | 47,5 | 0,1 | 20,0 | 35,1 | 24,2 |
| | 49,8 | 49,7 | 0,1 | 19,6 | 35,6 | 26,5 |
| Guapuruvu + <i>E. grandis</i> | | | | | | |
| - 5/95 | 51,2 | 51,0 | 0,2 | 18,0 | 41,2 | 53,3 |
| - 10/90 | 50,6 | 50,3 | 0,3 | 20,6 | 41,6 | 50,6 |
| - 15/85 | 50,8 | 50,3 | 0,5 | 21,3 | 43,0 | 40,0 |
| Boleira + <i>E. grandis</i> | | | | | | |
| - 5/95 | 51,6 | 51,5 | 0,1 | 18,2 | 38,2 | 53,0 |
| - 10/90 | 52,0 | 51,8 | 0,2 | 18,0 | 39,3 | 48,6 |
| - 15/85 | 51,6 | 51,1 | 0,5 | 17,7 | 37,4 | 49,9 |
| Caixeta + <i>E. grandis</i> | | | | | | |
| - 5/95 | 52,3 | 52,1 | 0,2 | 18,8 | 36,0 | 51,3 |
| - 10/90 | 52,6 | 52,4 | 0,2 | 20,4 | 37,6 | 48,2 |
| - 15/85 | 49,8 | 49,7 | 0,1 | 19,3 | 41,0 | 38,1 |
| Cajá-da-mata + <i>E. grandis</i> | | | | | | |
| - 5/95 | 51,8 | 51,4 | 0,4 | 17,2 | 37,2 | 56,8 |
| - 10/90 | 52,6 | 52,2 | 0,4 | 18,9 | 38,4 | 45,0 |
| - 15/85 | 51,5 | 51,0 | 0,5 | 17,4 | 37,1 | 53,2 |

QUADRO 4 - Resultados médios dos branqueamentos das celuloses

| Tratamento | % Cloro ativo total | | | % NaOH total | | | Alvura % Photovolt | | | Viscosidade cps | | |
|----------------------------------|---------------------|----|----|--------------|----|----|--------------------|----|----|-----------------|----|----|
| | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 |
| 100% | | | | | | | | | | | | |
| - <i>E. grandis</i> | 5,43 | | | 2,93 | | | 89,4 | | | 20,9 | | |
| - Guapuruvu | 5,74 | | | 3,01 | | | 84,3 | | | 22,0 | | |
| - Boleira | 5,52 | | | 2,95 | | | 90,9 | | | 12,4 | | |
| - Caixaeta | 5,77 | | | 3,02 | | | 90,2 | | | 10,3 | | |
| - Cajá-da-mata | 5,72 | | | 3,00 | | | 89,6 | | | 12,4 | | |
| Guapuruvu + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 5,50 | | | 2,94 | | | 89,6 | | | 21,4 | | |
| - 10/90 | 5,85 | | | 3,04 | | | 90,0 | | | 20,8 | | |
| - 15/85 | 5,95 | | | 3,06 | | | 89,9 | | | 27,1 | | |
| Boleira + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 5,57 | | | 2,96 | | | 91,2 | | | 22,5 | | |
| - 10/90 | 5,50 | | | 2,95 | | | 91,0 | | | 25,4 | | |
| - 15/85 | 5,47 | | | 2,94 | | | 90,3 | | | 22,1 | | |
| Caixeta + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 5,61 | | | 2,98 | | | 89,9 | | | 21,4 | | |
| - 10/90 | 5,84 | | | 3,03 | | | 90,1 | | | 23,6 | | |
| - 15/85 | 5,69 | | | 2,99 | | | 90,0 | | | 16,7 | | |
| Cajá-da-mata + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 5,39 | | | 2,92 | | | 90,3 | | | 20,2 | | |
| - 10/90 | 5,63 | | | 2,98 | | | 90,1 | | | 27,0 | | |
| - 15/85 | 5,64 | | | 2,93 | | | 90,2 | | | 20,1 | | |

QUADRO 5 - Propriedades físico-mecânicas das celuloses não-branqueadas

| Tratamentos | N.º de revoluções PFI (x 10 ³) | | | Fator de estouro | | | Fator de rasgo | | | Elongação, % | | | Dobras duplas, SMT | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------------|------|------|------------------|-----|------|----------------|----|-----|--------------|-----|-----|--------------------|-----|-----|-------|-------|-------|
| | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | | | |
| 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - <i>E. grandis</i> | 8,0 | 15,0 | 23,0 | 9,8 | 9,4 | 10,5 | 54 | 80 | 101 | 104 | 105 | 105 | 3,5 | 3,5 | 4,1 | 4,2 | 4,0 | 5,80 |
| - Guapuruvu | 0,2 | 0,8 | 2,0 | 7,6 | 8,7 | 10,0 | 75 | 90 | 66 | 65 | 60 | 64 | 1,9 | 2,0 | 2,4 | 29,50 | 32,00 | 59,50 |
| - Boleira | 2,5 | 10,0 | 20,0 | 5,2 | 7,6 | 8,7 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 1,8 | 1,8 | 2,3 | 2,5 | 2,5 | 4,55 |
| - Caixaeta | 7,0 | 11,0 | 23,0 | 6,6 | 7,9 | 8,9 | 35 | 47 | 58 | 80 | 88 | 98 | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 2,8 | 3,0 | 4,62 |
| - Cajá-da-mata | 3,5 | 10,5 | 16,0 | 5,6 | 7,0 | 9,0 | 45 | 58 | 66 | 92 | 97 | 98 | 3,0 | 3,2 | 3,6 | 4,25 | 4,62 | 10,68 |
| Guapuruvu + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 7,0 | 13,0 | 25,0 | 6,9 | 8,4 | 9,0 | 45 | 68 | 90 | 95 | 100 | 108 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 1,15 | 5,12 | 20,00 |
| - 10/90 | 4,5 | 11,0 | 24,0 | 6,9 | 8,6 | 9,3 | 44 | 60 | 82 | 100 | 106 | 108 | 1,9 | 2,1 | 2,4 | 2,15 | 6,55 | 19,20 |
| - 15/85 | 4,0 | 10,0 | 24,0 | 6,5 | 8,2 | 9,0 | 48 | 72 | 98 | 102 | 103 | 103 | 1,8 | 2,2 | 2,5 | 2,00 | 8,25 | 20,20 |
| Boleira + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 3,5 | 12,0 | 25,0 | 7,3 | 8,4 | 9,7 | 49 | 64 | 78 | 94 | 102 | 110 | 2,0 | 2,3 | 2,8 | 2,50 | 5,50 | 14,70 |
| - 10/90 | 3,0 | 11,0 | 23,0 | 6,8 | 7,7 | 8,8 | 32 | 52 | 72 | 97 | 103 | 110 | 2,0 | 2,3 | 2,5 | 1,40 | 2,30 | 6,50 |
| - 15/85 | 3,0 | 10,5 | 22,0 | 6,4 | 7,6 | 8,8 | 52 | 68 | 78 | 97 | 105 | 112 | 2,0 | 2,2 | 2,3 | 2,00 | 6,00 | 16,00 |
| Caixeta + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 4,5 | 13,0 | 23,0 | 6,9 | 8,4 | 9,3 | 48 | 68 | 82 | 97 | 103 | 106 | 1,7 | 2,4 | 2,5 | 4,50 | 7,15 | 13,70 |
| - 10/90 | 4,0 | 12,0 | 22,0 | 6,8 | 8,2 | 9,7 | 38 | 52 | 66 | 82 | 88 | 94 | 1,7 | 2,5 | 2,6 | 2,60 | 8,75 | 20,90 |
| - 15/85 | 4,0 | 11,0 | 24,0 | 6,9 | 8,0 | 9,0 | 46 | 66 | 75 | 100 | 106 | 110 | 2,0 | 2,4 | 2,8 | 1,80 | 6,04 | 10,33 |
| Cajá-da-mata + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 5,0 | 15,0 | 23,5 | 5,6 | 7,2 | 8,6 | 32 | 53 | 74 | 84 | 102 | 109 | 1,3 | 2,4 | 2,5 | 1,30 | 4,50 | 12,85 |
| - 10/90 | 4,5 | 12,0 | 22,5 | 5,9 | 6,8 | 7,6 | 53 | 72 | 85 | 99 | 100 | 100 | 1,1 | 1,6 | 2,0 | 1,62 | 5,00 | 11,75 |
| - 15/85 | 4,0 | 10,5 | 21,5 | 6,6 | 7,3 | 8,0 | 51 | 64 | 80 | 103 | 103 | 102 | 1,5 | 1,5 | 2,3 | 2,50 | 12,50 | 18,50 |

QUADRO 6 - Propriedades físico-mecânicas e óticas das celuloses branqueadas

| Tratamentos | Nº de ranhuras PFI (x 10 ³) | | | Auto-ruptura em | | | Fator de estouro | | | Fator de rasgo | | | Elongação, % | | | Dobras duplas, Mf | | | Coef. dispersão de luz, cm ² /g | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------------|------|------|-----------------|-----|-----|------------------|----|----|----------------|-----|-----|--------------|-----|-----|-------------------|-------|-------|--------------------------------------------|------|------|--|--|--|
| | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | 25 | 37 | 54 | | | |
| 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - <i>E. grandis</i> | 6,0 | 17,0 | 30,0 | 6,6 | 7,8 | 8,9 | 32 | 52 | 62 | 93 | 106 | 112 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 3,9 | 8,3 | 14,0 | 36,0 | 31,5 | 28,0 | | | |
| - Guapuruvu | 4,5 | 10,0 | 20,0 | 7,0 | 8,5 | 7,3 | 47 | 60 | 92 | 83 | 86 | 88 | 1,7 | 4,3 | 4,6 | 17,5 | 14,75 | 17,25 | 39,0 | 31,5 | 21,0 | | | |
| - Boleira | 6,0 | 15,0 | 25,0 | 5,7 | 7,0 | 8,5 | 37 | 50 | 56 | 84 | 91 | 89 | 1,8 | 2,3 | 2,5 | 3,0 | 5,8 | 6,2 | 38,5 | 34,0 | 30,5 | | | |
| - Caixaeta | 8,0 | 15,0 | 25,0 | 5,2 | 7,0 | 9,0 | 42 | 52 | 58 | 98 | 100 | 98 | 2,0 | 2,3 | 2,5 | 1,70 | 4,10 | 7,70 | 59,0 | 51,0 | 42,0 | | | |
| - Cajá-da-mata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Guapuruvu + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 6,5 | 13,0 | 26,0 | 6,5 | 7,5 | 8,4 | 52 | 65 | 72 | 103 | 112 | 117 | 2,0 | 2,7 | 2,8 | 1,15 | 4,30 | 15,47 | 40,0 | 34,0 | 29,5 | | | |
| - 10/90 | 6,0 | 13,0 | 26,0 | 6,7 | 8,4 | 9,1 | 53 | 67 | 75 | 101 | 108 | 110 | 2,3 | 2,6 | 2,9 | 3,55 | 7,45 | 11,85 | 34,5 | 29,0 | 24,5 | | | |
| - 15/85 | 6,5 | 15,0 | 30,0 | 6,9 | 8,6 | 9,2 | 43 | 66 | 74 | 86 | 101 | 109 | 2,5 | 2,7 | 3,0 | 3,00 | 7,20 | 11,50 | 41,5 | 33,0 | 23,5 | | | |
| Boleira + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 8,0 | 18,0 | 32,0 | 5,5 | 6,7 | 7,1 | 48 | 56 | 67 | 103 | 104 | 104 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 5,60 | 6,35 | 9,84 | 43,0 | 37,0 | 29,0 | | | |
| - 10/90 | 11,0 | 21,0 | 35,0 | 5,2 | 6,2 | 6,6 | 44 | 57 | 67 | 93 | 100 | 97 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | 1,65 | 3,45 | 6,85 | 37,0 | 32,5 | 29,5 | | | |
| - 15/85 | 9,0 | 18,0 | 32,0 | 5,4 | 7,2 | 7,9 | 38 | 51 | 63 | 96 | 107 | 110 | 2,3 | 2,6 | 2,9 | 1,45 | 3,15 | 8,37 | 37,0 | 33,0 | 29,0 | | | |
| Caixaeta + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 8,0 | 18,0 | 31,0 | 5,6 | 7,1 | 7,8 | 43 | 60 | 67 | 91 | 104 | 110 | 1,8 | 2,1 | 2,3 | 1,25 | 4,35 | 10,84 | 43,0 | 37,0 | 29,0 | | | |
| - 10/90 | 9,0 | 19,0 | 32,0 | 4,5 | 6,2 | 7,8 | 41 | 56 | 65 | 91 | 106 | 116 | 2,0 | 2,1 | 2,4 | 1,55 | 4,25 | 8,55 | 39,0 | 34,0 | 31,5 | | | |
| - 15/85 | 7,5 | 15,0 | 29,0 | 6,5 | 7,5 | 8,2 | 51 | 66 | 75 | 104 | 110 | 112 | 2,4 | 2,6 | 3,0 | 3,25 | 7,40 | 14,00 | 57,0 | 52,0 | 51,5 | | | |
| Cajá-da-mata + <i>E. grandis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - 5/95 | 7,5 | 15,5 | 31,0 | 4,7 | 6,7 | 7,4 | 34 | 50 | 65 | 92 | 105 | 112 | 2,7 | 3,2 | 3,5 | 2,32 | 4,05 | 6,15 | 42,0 | 36,0 | 31,0 | | | |
| - 10/90 | 10,0 | 20,0 | 32,0 | 5,2 | 6,7 | 7,5 | 37 | 51 | 57 | 100 | 112 | 116 | 2,4 | 2,7 | 2,8 | 1,25 | 3,50 | 11,20 | 41,5 | 34,5 | 29,0 | | | |
| - 15/85 | 8,0 | 20,5 | 31,5 | 6,0 | 7,4 | 7,8 | 36 | 63 | 65 | 103 | 110 | 110 | 2,4 | 2,9 | 3,2 | 2,12 | 5,20 | 11,75 | 38,0 | 31,5 | 29,0 | | | |

com a do guapuruvu, para a celulose branqueada. A espécie que mais se destacou com respeito à resistência ao estouro e ao dobramento foi o guapuruvu. Aliás, essa espécie mostrou, de modo geral, resistência muito boa, só pecando pela resistência ao rasgo, que foi inferior. As madeiras da caixaeta e do cajá-da-mata também se converteram em celuloses de aceitável qualidade, ficando a boleira com celulose de qualidade inferior à das demais. Surpreendentemente agradáveis foram os efeitos benéficos das misturas de madeiras nas propriedades físico-mecânicas das celuloses. A interligação das fibras, permitindo melhor formação e adesão, resultou em efeito benéfico, manifestado principalmente na resistência ao rasgo. As misturas de quaisquer das espécies com o eucalipto resultaram em rasgo superior ou igual ao da celulose do eucalipto puro. Efeitos positivos foram também notados, nas misturas das madeiras nativas com o eucalipto, para a resistência ao estouro e ao dobramento. A elongação e a resistência à tração, da celulose do eucalipto, foram ligeiramente prejudicadas pela mistura com pequenas proporções de madeira de boleira, caixaeta e cajá-da-mata. Numa análise geral das resistências físico-mecânicas das celuloses de misturas, pode-se verificar que as misturas do eucalipto com o guapuruvu foram as que conduziram a melhores resultados. É recomendável também, pelas suas boas propriedades, a mistura do eucalipto com a caixaeta, com a boleira e com o cajá-da-mata.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Com a finalidade de estudar a potencialidade de algumas espécies nativas para a produção de celulose, em mistura com eucalipto ou isoladamente, procedeu-se à designificação kraft e à análise das celuloses resultantes. As madeiras nativas provinham das seguintes espécies: guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), boleira (*Joannesia princeps*), caixaeta (*Simaruba amara*) e cajá-da-mata (*Spondias* sp.). O eucalipto utilizado para comparações e misturas foi o *Eucalyptus grandis*. Foram estudadas as características individuais de cada madeira e as propriedades das celuloses de misturas da madeira do eucalipto com pequenas proporções de cada uma das madeiras das espécies nativas (5, 10 e 15%). Os resultados indicaram a superioridade das misturas em relação aos cozimentos das madeiras isoladas, inclusive sobre o eucalipto. Observou-se que as misturas de cavacos de *E. grandis* com quaisquer das espécies nativas resultavam em melhores rendimentos em celulose, que a branqueabilidade das polpas não era alterada e que a resistência ao rasgo das polpas era melhorada. Esta última característica, que em todos os casos foi baixa para as celuloses de madeiras nativas, exceto para o cajá-da-mata, pode ser melhorada com misturas de madeiras. Dentre todas as misturas, as mais promissoras foram as realizadas entre o *E. grandis* e o *Schizolobium parahyba*. O guapuruvu conduziu a celuloses com alta resistência ao estouro e ao dobramento, e sua mistura com o eucalipto resultou em melhores na celulose do eucalipto. Infelizmente a madeira do gua-

puruvu apresentou densidade básica muito baixa, o que praticamente limita seu uso industrial para celulose. O branqueamento de celulose do guapuruvu mostrou-se mais difícil que o das demais.

As demais misturas foram também classificadas como recomendáveis, pelos bons resultados obtidos.

6. SUMMARY

The pulping characteristics were analyzed of wood from four tree species (*Schizolobium parahyba*, *Joannesia princeps*, *Simaruba amara* and *Spondias* sp.) commonly occurring in Eastern Brazil. Their pulp was first compared to *Eucalyptus grandis*. Cooking blends of 5, 10 and 15 percent of each of the native species with *Eucalyptus grandis* were also tested.

Cooking, bleaching, and testing of the pulps, showed that the blends gave better results than the individual species. Higher pulp yields, same bleachability and higher tear strength of the pulps were obtained in the blendings.

The most suitable species for pulping was *Schizolobium parahyba* which yielded good quality pulp in mixture with *E. grandis*. However, specific gravity of this wood was very low for industrial conversion to pulp, and pulp bleachability was poor. Blends of the wood of *E. grandis* with small percentages of *Joannesia princeps*, or *Simaruba amara*, or *Spondias* sp., are recommended.

7. LITERATURA CITADA

1. BARRICHELO, L.E.G. & FOELKEL, C.E.B. Utilização de madeiras de essências florestais nativas na obtenção de celulose: bracinga (*Mimosa bracinga*), imbaúba (*Cecropia* sp.), caixeta (*Tabebuia cassinoides*) e boleira (*Joannesia princeps*). *IPEF* 10:43-56. 1975.
2. BARRICHELO, L.E.G. & FOELKEL, C.E.B. Estudos para produção de celulose sulfato de seis espécies de eucalipto. *IPEF* 12:77-95. 1976.
3. BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para a produção de celulose sulfato branqueada. *IPEF* 13:9-37. 1976.
4. CORREA, J. *Flora do Brasil*. Rio de Janeiro. 1909.
5. FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. Avaliação de madeira de *Joannesia princeps* para produção de celulose para papel. *Brasil Florestal* 7 (25):24-34. 1976.
6. FONSECA, E.T. *A indústria do papel*. Rio de Janeiro, Departamento de Estatística e Publicidade do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio. 70 p. 1935.
7. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. São Paulo. *Fichas características de madeiras brasileiras: boleira (Joannesia princeps)*. 5p. 1971.

8. PEREIRA, R.A.G. *Estudo comparativo das propriedades físico-mecânicas da celulose sulfato de madeira de Eucalyptus saligna, E. alba e E. grandis*. Piracicaba, ESALQ, 1969, 129 p. (Tese de Doutorado).
9. PEREIRA, J.A. & MAINIERI, C. Madeiras do Brasil. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal* 9(9):331-498. 1957.
10. SALLADA, O.; ASSUMPTÃO, R.M.V. & REDKO, B.V.P. O guapuruvu. *Boletim ABCP* 2(3):12-18. 1968.
11. TAMOLANG, F.N.; VALBUENA, R.R.; LOMIBAO, B.A.; KALAW, C. W.; LINDAYEN, T.M. & VELA, B.C. Fiber dimensions of certain Philippine woods, bamboos, agricultural crops and wastes and grasses. III. *Tappi* 43(6):527-534. 1960.

SUMÁRIO

- Determinação da resistência de 16 procedências de *Eucalyptus* ao cancro causado por *Diaporthe cubensis* Bruner, no Vale do Rio Doce - Francisco Alves Ferreira, Acelino Couto Alfenas e Alair Lopes de Freitas.... 119
- Micorriza em eucalipto: Uma revisão sobre a morfologia, a fisiologia e os efeitos mútuos da associação fungo-planta - Nairam Félix de Barros, Renato Mauro Brandi e Mauro Silva Reis..... 130
- Efeitos de recipientes na sobrevivência e no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, no viveiro e no campo - Nairam Félix de Barros, Renato Mauro Brandi, Laércio Couto e Gustavo Cerqueira de Rezende..... 141
- Produção de celulose etanol de *Eucalyptus viminalis* utilizando um sistema de multiestágios - José Lívio Gomide..... 152
- Caracterização química do licor residual na produção de celulose etanol - José Lívio Gomide..... 169
- Potencialidades de algumas espécies nativas como fornecedoras de madeira para produção de celulose - Celso E. B. Foelkel, Ceslavas Zvinakevicius, José Orlando M. de Andrade e Aloir Rodrigues da Silva..... 186
- O uso de misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* com pequenas proporções de madeiras de espécies nativas para produção de celulose kraft - Celso E. B. Foelkel, Jorge Kato, Ceslavas Zvinakevicius e Aloir Rodrigues da Silva..... 200
- Infiltrômetro para aplicações florestais - Hélio Alves Vieira, Osvaldo Ferreira Valente, Salassier Bernardo e Paulo Sant'Anna e Castro..... 214

revista

FAVORE

Volume 2 Dezembro de 1971 Número 2



SOCIEDADE
DE INVESTIGAÇÕES
FLORESTAIS

SIF

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Viçosa — Minas Gerais — Brasil