



artigo técnico

# a utilização da serragem de madeira de eucalipto na produção de polpa celulósica

CELSE E. B. FOELKEL  
LUIZ CARLOS COUTO  
JORGE KATO  
*Cenibra Pesquisa*

## APRESENTAÇÃO

Neste trabalho, a serragem de madeira de eucalipto foi cozida em três processos de polpação: NSSC, licor verde kraft e kraft.

O objetivo foi analisar as características de polpação deste material e analisá-lo como fonte de fibras para a indústria de celulose.

Celuloses aceitáveis foram obtidas pelos pro-

cessos NSSC e kraft. Todos os processos mostraram os mais baixos rendimentos para serragem, em comparação com os cavacos normais.

Como conclusão, foi determinado que a serragem de madeira de eucalipto pode ser usada satisfatoriamente para produzir celuloses NSSC e kraft de qualidade aceitável.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os resíduos das indústrias de conversão de madeira, aquele que mais tem chamado a atenção para possível uso é a serragem. A serragem é um produto que ocorre em quantidades variáveis em indústrias madeireiras e que, normalmente, é descartada. Esta operação de livrar-se deste resíduo é uma tarefa simples, mas dispendiosa. Além disso, consiste em uma operação obrigatória, sem retorno algum. Por esta razão, muitas empresas têm procurado transformar este resíduo em uma fonte de lucros, utilizando-o como combustível ou na fa-

bricação de tipos inferiores de celulose. Outra pressão a forçar o uso crescente de resíduos lenhosos é a constante diminuição na disponibilidade de madeira e o seu preço crescente.

Serragem é obtida toda vez que as toras de madeira são desdobradas em pedaços menores. As principais fontes de serragem são as serrarias e os setores de picagem da madeira em fábricas de celulose. Em ambos os casos, as serragens são separadas e acumuladas. A serragem de serrarias é heterogênea quanto à composição, pois serrarias trabalham geralmente com tipos diversos de

madeira. A serragem da indústria de celulose é separada na classificação dos cavacos e é conhecida como "finos". Durante a operação de se reduzir a madeira a cavacos, não se pode evitar a formação de serragem. Esta é formada na proporção de 2 a 5% base peso de madeira a.s., sendo que este teor depende de: a) espécie de madeira, b) diâmetro da tora, c) umidade da madeira, d) características e condições do picador, e) sistema de transporte e manuseio dos cavacos.

O volume de serragem obtido em uma fábrica de celulose de grande porte é enorme. Por

exemplo, uma fábrica de 1000 toneladas de celulose por dia possui para dispor uma quantidade diária tão grande quanto 50 toneladas a.s., ou mais de serragem. É uma quantidade apreciável de madeira, que é perdida, geralmente sem trazer lucro algum e sim despesas de manuseio e transporte.

Em geral, evita-se que a serragem siga junto aos cavacos para o digestor, separando-a, porque: a) a madeira da serragem sofrerá um supercozimento, já que as condições para os cavacos normais são drásticas para pequenas proporções de serragem; b) o supercozimento causará degradação de carboidratos, perdas de rendimento e resistência; c) a serragem consome mais álcali, pois sua superfície para reações é maior, fazendo diminuir a disponibilidade aos cavacos; d) a serragem é volumosa e de manuseio mais difícil; e) as fibras se encontram mais danificadas devido ao efeito mecânico mais drástico.

Como dispor da serragem, já que ela não deve entrar no processo normal? Existem diversas possibilidades, todas merecendo pesquisas para se avaliar técnica e economicamente sua viabilidade. As principais utilizações seriam: a) hidrólise ácida com posterior fermentação a álcool ou a proteína. A lignina residual poderia ser transformada em carvão; b) carvão vegetal; c) carvão ativo; d) chapas ou aglomerados; e) fertilizante orgânico; f) combustível; g) celulose química de qualidade ligeiramente inferior à normal, especialmente quando o processo é o kraft; h) celulose semiquímica para produção de papêles.

Frente ao potencial que a serragem da madeira apresenta para conversão a celulose, é fundamental se aumentar o conhecimento das características papéis das polpas obtidas a partir dela. O propósito deste estudo foi o de investigar a possibilidade de uso para celulose da serragem da madeira do eucalipto.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Existem numerosas referências na literatura no que diz respeito à produção de celulose a partir de serragem. Estas referências se relatam a experiências tanto laboratoriais como práticas industriais. Para fins de melhor apreciação, esta revisão será dividida em duas partes: uma para apresentar as opiniões de pesquisadores, que estudaram o uso da serragem em laboratório; outra para relatar os resultados e conclusões de teses e operações industriais.

### 2.1 Experimentos laboratoriais

Quando se fala em serragem como matéria-prima para celulose, deve-se definir o seguinte: a) tipo de madeira (conífera, folhosa, qual espécie?); b) dimensões das partículas (serragem grossa, serragem fina, pó de madeira). Estes detalhes são importantes na definição de condições ótimas para designificação. Outro ponto a se levantar é se a serragem será utilizada isoladamente ou em misturas com cavacos normais.

Alguns autores têm realizado experimentos relativamente completos sobre cada destes pontos de atuação, procurando elucidar as vantagens e desvantagens de cada procedimento.

Em 1964, ISOTALO et alii estudaram a preparação de celulose sulfato a partir de serragem e o uso desta celulose para fabricação de papel de impressão. A serragem provinha de serrarias e era oriunda ou de *Pinus* ou de espruce. Realizaram-se estudos sobre as duas serragens isoladas e sobre misturas de ambas (70% de *Pinus* e 30% de espruce). Diversos cozimentos foram realizados em laboratório, obtendo-se rendimentos aceitáveis para o processo sulfato. Além disso, a serragem mista foi estudada a cavacos normais de *Mistura* para cozimentos. As celulosas obtidas eram branqueadas até 90° GE. Estas eram testadas quanto aos ensaios usuais de polpas

e também quanto à capacidade de impressão. Os resultados indicavam que as celulosas eram obtidas com rendimentos normais, com um tempo de cozimento ligeiramente menor que o usual; as resistências das polpas eram claramente inferiores às das celulosas de cavacos normais, mas ainda assim eram comparáveis às propriedades de algumas celulosas de fibras curtas. A porosidade e opacidade mostravam valores maiores que o normal. A mistura de serragem com cavacos, antes do cozimento, não prejudicava tanto as propriedades das celulosas como seria de se supor. O branqueamento das celulosas de serragem era inteiramente comparável ao das celulosas de cavacos. A opacidade da celulose branqueada de serragem era superior à da celulose de cavacos correspondente. Os autores sugeriam adicionar a polpa branqueada de serragem ligeiramente refinada, como um aditivo na fabricação de papel de impressão. Com isso argumentavam melhorias na porosidade e opacidade. Entretanto, desaconselhavam adicionar a polpa bem refinada, porque estas melhorias não eram obtidas. Concluíam, também, que a quantidade e o grau de refino da celulose de serragem não influenciavam as propriedades de impressão (lisura, dureza e alvura). Os autores compararam as celulosas de serragem com a de bétula. Observaram que as celulosas de serragem mostravam auto-ruptura e resistência superficial inferiores, mas que as suas propriedades de impressão, alongação, resistências ao rasgo e dobramento eram similares às propriedades correspondentes da celulose de bétula.

Em 1973, FERGUS et alii publicavam os resultados de pesquisas sobre produção de celulose de serragem de *Pinus radiata*. As pesquisas foram realizadas na Nova Zelândia. Amostras de serragem do *P. radiata* e de finos do picador eram misturadas e deslignificadas em laboratório pelo processo kraft até números kappa pres-

tabelecidos. Algumas das polpas eram branqueadas. Os autores notaram que a serragem não se deslignificava tão facilmente como os cavacos normais, necessitando aproximadamente 0,7% a mais de álcali ativo base madeira ou um aumento de 450 unidades no fator H. Os rendimentos da celulose de serragem eram inferiores. O branqueamento destas celulosas era fácil e, com as seqüências CEHDP ou D-EHDP, atingia-se 89-90% de alvura. As resistências, após refino em moinho PFI, eram em média 35 a 50% inferiores às das celulosas obtidas de cavacos. As misturas de celulosas de serragem e cavacos foram avaliadas e se notaram perdas no estouro, rasgo e tração, provadas na maioria dos casos serem proporcionais aos teores de celulose de serragem. Os autores concluíam afirmando que era possível se produzir celulosas de qualidades aceitáveis para muitos tipos de papéis, a partir de serragem e finos de picador da madeira de *Pinus radiata*.

Serragens de madeiras de folhosas também têm sido analisadas para fins papeleiros. McCLELLAND & KUKOLICH, 1974, relataram bem-sucedido experimento, onde serragem de carvalho era transformada em celulose pelo processo NSSC. O objetivo era verificar se a celulose resultante era adaptada para a produção de miolo de papelão ondulado. Os resultados eram comparados aos obtidos para polpa NSSC de cavacos normais de carvalho. Procuraram também descobrir as condições ideais de cozimento para máximas resistências e quais teores de serragem podiam ser tolerados junto aos cavacos, sem prejudicar as resistências e o desempenho da máquina de papelão. Como conclusão, afirmou-se que o uso do resíduo serragem era aparentemente viável como madeira complementar para a produção de polpa NSSC. O uso de grandes quantidades de serragem do carvalho era entretanto inviável, porque as resistências da polpa caíam demais. Por outro lado,

20% de serragem podiam ser misturados aos cavacos para se conseguir uma polpa NSSC com características similares às obtidas apenas de cavacos.

Outros processos, além do kraft e do NSSC, têm sido sugeridos para serragens. NELSON, 1975, analisou as propriedades das celulosas bissulfito, NSSC e pasta mecânica de refinador obtidas de serragem de *Pinus radiata*. A serragem foi deslignificada mais facilmente que os cavacos pelo processo bissulfito e conduziu a rendimentos comparáveis. A mistura de 10% de polpa bissulfito de serragem à polpa bissulfito normal reduzia as propriedades de ligação em 10% e a resistência ao rasgo em 20%. A pasta NSSC de serragem foi produzida com alto rendimento e suas propriedades mostraram-se como sendo cerca de 70% das resistências à tração e ao rasgo e 40% da resistência ao estouro. O autor produziu ainda pasta mecânica de refinador a partir da serragem. Esta pasta era misturada à pasta mecânica comercial em quantidades crescentes e as misturas avaliadas físico-mecanicamente. As misturas, que continham mais do que 10% de serragem, mostravam apreciável perda de resistência. Como conclusão, NELSON sugeria que as celulosas bissulfito, NSSC ou pasta mecânica de serragem podiam ser adicionadas às polpas correspondentes de cavacos até a proporção de 10%, sem prejuízos.

BUBLITZ & YANG, 1975, preocuparam-se em caracterizar a qualidade da celulose kraft de serragem de Douglas-fir. Foram separadas duas frações de serragem: serragem grossa e serragem fina. Cada das amostras era deslignificada, variando o álcali ativo, mantidas constantes as outras condições. Os rendimentos para a fração grosseira da serragem eram 1,5% maiores em média, enquanto os números kappa eram maiores em cerca de 6,5 ml. A serragem grossa conduziu a celulosas que necessitavam maiores tempos de refino e produziam folhas ma-

nuais mais volumosas. As celulosas de serragem fina mostravam maiores resistências à tração, estouro, dobramento e elongação, mas piores resistências ao rasgo. Tanto a serragem grossa como fina produziram polpas mais fracas que as obtidas apenas de cavacos.

PROCTER & CHOW, 1976, compararam as propriedades da polpa kraft de serragem de *Thuja plicata* às propriedades de celulosas comerciais de fibra curta. A principal característica da polpa branqueada da serragem foi definida pelos autores como sendo a alta opacidade, superior às opacidades das celulosas de cavacos da própria *Thuja* e às opacidades normais de celulosas comerciais de madeiras de folhosas.

A mistura de cavacos normais com serragem no envio ao digestor para o cozimento não deixa de ser uma interessante alternativa. Com isso evita-se a necessidade de linhas independentes para processar cada tipo de material. Recentemente, MACKIE & McATEER, 1977, apresentaram resultados sobre cozimentos conjuntos de cavacos e serragem de hemlock e Douglas-fir. Os autores observaram que até 40% de serragem podiam ser incluídos na alimentação do digestor sem encontrar problemas no cozimento. A inclusão de serragem correspondia a uma maior demanda de álcali ativo, em média 0,3% de Na<sub>2</sub>O ativo para cada 10% de serragem. Para altas adições de serragem as propriedades da celulose eram prejudicadas. Entretanto, até 10% de serragem misturada aos cavacos trazia pequeno efeito nas propriedades físico-mecânicas da celulose kraft branqueada resultante.

## 2.2. Experiências industriais

MACKIE & McATEER, 1977, realizando um levantamento em fábricas de celulose kraft, que usavam serragem misturada a cavacos, indicaram que até 10% de serragem poderia ser tolerada na alimentação do digestor. Não foram constatadas perdas de rendimento até

este nível de adição. Curiosamente, muitas fábricas afirmaram preferir deslignificar cavacos e serragem separadamente.

Existem diversas referências bibliográficas no que concerne à produção comercial de celulose de serragem pura ou em mistura com cavacos.

O cozimento de serragem em digestores descontínuos com circulação forçada do licor dá origem a maior número de entupimentos e compactações da polpa. (MACKIE & McATEER, 1977.) Em alguns digestores contínuos costumam ocorrer canais preferenciais no cozimento da massa de serragem e dificuldades na descarga do digestor. Para sobrepujar estes problemas, a serragem tem sido preferida deslignificar em digestores especiais Pândia, M & D, Kamyr ou Esco. A pré-mistura e o preaquecimento do licor branco e serragem são normalmente realizados para garantir distribuição uniforme do licor na massa de serragem. Com isso evita-se cozimentos irregulares (MACKIE & McATEER, 1977). O cozimento e o branqueamento devem minimizar os teores de feixes para se garantir polpas bem depuradas nos sistemas de centri-cleaners. Os padrões de limpeza de polpa só são atingidos quando se usar serragens limpas. A celulose kraft de serragem possui, como rotina, propriedades mecânicas inferiores, quando comparada à celulose obtida de cavacos normais da mesma espécie. Certas fábricas kraft preferem ter linhas separadas para cozinhar, branquear e secar a celulose de serragem. Entretanto, é óbvia a vantagem de se deslignificar a serragem e os cavacos em misturas, em dosagens tais que as propriedades das celulosas sejam mantidas em níveis aceitáveis.

Algumas opiniões de fabricantes de celulose a partir de serragem foram levantadas e estão relatadas a seguir:

LINKHART, 1960, relatou no V Congresso Florestal Mundial, as experiências bem-sucedidas da fábrica de Lewiston,

Idaho, USA, da Potlatch Forest Inc., que produz celulose kraft de serragem. Segundo LINKHART, a Potlatch Forest Inc. é uma empresa madeireira, que possuía diversas serrarias. Para utilizar a serraria residual, a fábrica de Lewiston instalou, em 1953, um digestor Pândia contínuo, devido ao conhecimento de que a serragem se compacta e entope digestores descontínuos. Pelo sucesso alcançado, em 1955, a fábrica instalou outra unidade Pândia para deslignificar serragem misturada com cavacos de costaneiras, resíduos da fabricação de laminados, etc. A experiência da fábrica mostrou que a mistura das celulosas de serragem e cavacos era viável e que as propriedades das celulosas resultantes não eram prejudicadas. A operação da fábrica indicou que a serragem podia ser deslignificada a um número de permanganato 2 a 3 pontos maior que os cavacos e, ainda assim, branquear-se adequadamente, quando se misturavam os dois tipos de celulosas não-branqueadas. Isso permitia maior resistência e menor consumo de licor branco. O autor concluiu que o cozimento contínuo de serragem era o mais indicado e, no futuro, previa a dominância destes processos. Pelo uso de digestores contínuos tornava-se possível a utilização melhor dos resíduos lenhosos de serrarias e se obtinha produto final de boa qualidade.

BEEMAN, 1968, analisou os prós e contras do uso de serragem pelas fábricas de Camas, Wash. e Wauna, Ore., da Crown Zellerbach Corp. Nestas duas fábricas a serragem e outros resíduos lenhosos representavam 20% do suprimento de madeira. Para certos papéis chegava-se a usar de 10 a 25% de celulose de serragem. A quantidade de serragem a se usar era dependente do tipo de papel produzido. O autor reportava uma necessidade de 2400 kg de serragem por tonelada de polpa. Embora não existissem claras especificações para a compra da serragem, como existe para cavacos, procurava-se adquirir

apenas serragem grosseira das serrarias, deixando de lado a serragem fina. A serragem era separada de outros tipos de pedaços de madeira, como lascas e cavacos, para envio às fábricas. Um dos problemas encontrados foi a presença de partículas de casca na serragem. Decidiu-se adquirir serragem apenas das serrarias que usavam toras descascadas. A casca trazia problemas ao cozimento e devia ser evitada. Entretanto, a casca não era o único contaminante da serragem comprada de serrarias: areia, sujeiras diversas, carvãozinhos formados durante a serra das toras, eram as mais comuns impurezas. Lascas de madeira, costaneiras e outros resíduos eram transformados em serragem para homogeneizar as dimensões do material a ser deslignificado. Para BEEMAN, os cavacos e a serragem possuem dimensões bem diferentes, por isso deveriam ser cozidos separadamente. A serragem, por suas características, precisava de equipamentos especiais. O digestor mais comum para a serragem era relatado como sendo o M & D, onde o cozimento da serragem era rápido, em apenas meia hora. Um grave problema relatado por BEEMAN foi o armazenamento da serragem no pátio de madeira. O aquecimento espontâneo destas pilhas era mais rápido que nas pilhas de cavacos e o perigo de autocombustão era maior. O autor sugeria um armazenamento por período de no máximo seis meses. A maior vantagem do uso da serragem foi relatada como sendo o custo. A serragem, sendo um resíduo, possuía baixo custo, às vezes desprezível, sendo seu custo representado quase somente pelos gastos em manuseio e transporte.

Outra empresa, que recentemente relatou os resultados de sua produção industrial de celulose kraft branqueada de serragem, foi a Weyerhaeuser, em Kamloops, B.C., Canadá (TAYLOR, 1977). A fábrica de Kamloops possuía uma capacidade diária de 1100 ton., das

quais 25% era celulose de serragem. A celulose de serragem era produzida e processada independentemente. A unidade de deslignificação era um digestor M & D. A celulose de serragem era depurada e branqueada, conduzindo a um produto de boa qualidade. As principais áreas de controle de qualidade eram: matéria-prima e cozimento. O maior problema da matéria-prima era a contaminação com casca, cavacos, rochas, areia, etc. O controle da serragem, que chegava à fábrica, tinha que ser cuidadoso para evitar a entrada destes contaminantes. A amostragem da serragem e a observação visual da descarga dos caminhões eram fundamentais no controle da matéria-prima. Os principais ensaios eram: classificação e determinação dos teores de casca, sujeira e umidade. O controle do cozimento kraft era realizado com base no número kappa e no fator H. As polpas de serragem possuíam resistências ao estouro, rasgo e tração de somente 65 a 70% do que apresentavam as celuloses correspondentes de cavacos. A resistência ao dobramento da celulose de serragem era extremamente baixa. A celulose de serragem era comparável a celuloses kraft de fibras curtas ou a celuloses sulfito. A superfície das folhas de papéis produzidas com celulose de serragem eram lisas e a estabilidade dimensional do papel era excelente. Estas características se combinavam bem a um rápido tempo de moagem. Os seguintes usos eram dados às celuloses de serragem: papéis higiênicos, papéis bases de fotografia, papéis para duplicação, "tissue", cartões de computador, envoltórios de frutas, papelões diversos, etc.

### 3. MATERIAL

Serragem de madeira de eucalipto. A serragem era coletada do silo de serragem do sistema de picagem das toras e classificação de cavacos da Celulose Nipo-Brasileira S.A. A madeira em questão referia-se àquela obtida de *Eucalyptus*

*saligna* e híbridos de *E. urophylla* às idades aproximadas de 7 a 8 anos.

### 4. METODOLOGIA E RESULTADOS

A serragem amostrada no silo de serragem foi inicialmente fracionada em duas porções: serragem grossa e serragem fina. A separação foi feita com base na peneiragem em peneira de 20 malhas por polegada. Como resultado, obteve-se 40% de serragem fina e 60% de serragem grossa. Nestas duas frações determinou-se a densidade a granel, achando-se: serragem fina = 146,3 kg/m<sup>3</sup>; serragem grossa = 149,9 kg/m<sup>3</sup>.

A serragem fina foi descartada e apenas a serragem grossa foi utilizada para os ensaios. No material selecionado produziram-se celuloses de acordo com os seguintes processos: kraft, NSSC (sulfito neutro) e licor verde kraft. Para fins de comparação, produziu-se também celulose kraft e NSSC a partir de cavacos convencionais da mesma madeira.

As celuloses obtidas foram lavadas e depuradas e nestas se determinaram os rendimentos, números kappa, alvuras e viscosidades em etilenodiamina cúprica. Em todos os casos adotou-se metodologia da Technical Association of the Pulp and Paper Industry — TAPPI.

As celuloses NSSC eram desfibradas em refinador de discos de laboratório e a seguir depuradas. Os rejeitos voltavam ao refinador até completo desfibramento.

Para se desenvolver resistências, todas as celuloses foram refinadas em moinho PFI de acordo com o método TAPPI T 248. A diferentes tempos de refino produziram-se folhas manuais de aproximadamente 60 g/m<sup>2</sup>, conforme TAPPI T 205. Os graus de refino eram determinados como graus Schopper Riegler. As folhas eram climatizadas a 65% de umidade relativa e 20°C de temperatura. A seguir eram ensaiadas conforme TAPPI T 220.

#### 4.1 Processo NSSC

Foram realizados, em duplicata, cozimentos NSSC de serragem e de cavacos normais de madeira de eucalipto. As condições e resultados médios estão relatados no quadro 1.

Após refino e testes físico-mecânicos, observaram-se os resultados das propriedades das celuloses NSSC que estão apresentados nos quadros 2 e 3.

#### 4.2 Processo licor verde kraft

O processo licor verde kraft consiste em um desenvolvimento recente para produção de pastas semiquímicas. O licor de cozimento, como o próprio nome indica, é o licor verde do processo kraft.

Um licor verde industrial foi coletado na entrada do setor de caustificação e analisado. Os resultados obtidos como Na<sub>2</sub>O, foram: álcali ativo = 40,30 g/l; álcali total = 120,28 g/l; álcali efetivo = 31,62 g/l; NaOH = 22,94 g/l; Na<sub>2</sub>S = 9,30 g/l; Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 79,36 g/l.

Foram realizados três cozimentos da serragem grosseira, com o licor verde kraft. A carga alcalina era calculada sobre a madeira como % Na<sub>2</sub>O total.

As condições e resultados dos cozimentos estão apresentados no quadro 4.

As propriedades físico-mecânicas das três celuloses estão apresentadas nos quadros 5, 6 e 7.

#### 4.3 Processo kraft

Realizaram-se cozimentos kraft de serragem correspondendo a quatro condições distintas. Para cada delas realizaram-se cozimentos e determinações em duplicata. Para fins comparativos foram também produzidas celuloses kraft de cavacos normais a uma dada condição de cozimento.

As condições e resultados médios dos cozimentos kraft estão relatados no quadro 8.

Os resultados médios dos ensaios físico-mecânicos estão relatados nos quadros 9 a 12. Para a condição de cozimento n° 1 não se realizou refino, devido às características mecânico-químicas da celulose.

**Quadro 1** : Condições e resultados para o processo NSSC (sulfito neutro)

Condições e propriedades	Material	Serragem	Cavacos
% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> base madeira a.s.		20	20
% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> base madeira a.s.		4,7	5
Temperatura máxima, °C		170	170
Tempo até 170°C, minutos		90	100
Tempo a 170°C, minutos		60	120
Relação licor/madeira		8 : 1	6 : 1
Rendimento bruto, %		64,9	67,5
Número kappa		82,5	101,2
Viscosidade, cps		Não dissolve	3,8
Alvura, %CE		30,0	32,7

**Quadro 2** : Propriedades físico-mecânicas da polpa NSSC de serragem de eucalipto

	14	25	37	54
Grau de refino, °SR	14	25	37	54
Nº de revoluções PFI, 10 <sup>3</sup>	0	5,0	8,7	15,2
Auto-ruptura, km	2,5	6,6	8,1	9,1
Elongação, %	0,8	2,4	2,5	3,0
Fator de estouro	8,6	42,0	50,0	60,5
Fator de rasgo	40	68	73	80
Dobras duplas, MIT	2	31	105	275
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	0,44	0,56	0,61	0,64

**Quadro 3** : Propriedades físico-mecânicas da polpa NSSC de cavacos de eucalipto

	14	25	37	54
Grau de refino, °SR	14	25	37	54
Nº de revoluções PFI, 10 <sup>3</sup>	0	6,4	11,2	15,9
Auto-ruptura, km	2,8	6,9	8,4	8,8
Elongação, %	1,1	2,3	2,9	3,3
Fator de estouro	8	44	57	64
Fator de rasgo	54	90	99	98
Dobras duplas, MIT	2	36	71	224
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	0,40	0,51	0,57	0,61

**Quadro 4** : Condições e resultados dos cozimentos licor verde kraft

Cozimento	1	2	3
% Na <sub>2</sub> O total base madeira a.s.	14	18	20
Temperatura, °C	170	170	170
Tempo até 170°C, minutos	100	100	100
Tempo a 170°C, minutos	30	90	60
Relação licor/madeira	5 : 1	5 : 1	5 : 1
pH final	10,6	10,2	10,1
Rendimento bruto, %	63,6	55,8	55,7
Rendimento depurado, %	55,6	55,2	50,7
Teor de rejeitos, %	8,0	0,6	5,0
Alvura, %CE	9,0	7,7	9,5
Viscosidade, cps	5,6	12,0	12,2
Número kappa	115,0	101,2	87,6

**Quadro 5** : Propriedades físico-mecânicas da celulose licor verde kraft de serragem de eucalipto. Cozimento 1.

	16	25	37	54
Grau de refino, °SR	16	25	37	54
Nº de revoluções PFI, 10 <sup>3</sup>	0	2,2	3,8	7,4
Auto-ruptura, km	2,9	6,1	7,3	8,1
Elongação, %	1,5	2,8	3,4	3,8
Fator de estouro	12	38	48	57
Fator de rasgo	47	78	83	86
Dobras duplas, MIT	2	21	41	108
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	0,45	0,55	0,59	0,63
Porosidade, s/100cm <sup>3</sup>	0,9	4,5	15,0	49,5

**Quadro 6** : Propriedades físico-mecânicas da celulose licor verde kraft de serragem de eucalipto. Cozimento 2.

	22	25	37	54
Grau de refino, °SR	22	25	37	54
Nº de revoluções PFI, 10 <sup>3</sup>	0	0,3	2,2	5,3
Auto-ruptura, km	2,9	3,9	6,0	7,5
Elongação, %	1,5	1,8	3,1	3,8
Fator de estouro	11	21	33	49
Fator de rasgo	42	61	73	79
Dobras duplas, MIT	2	8	16	55
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	0,49	0,53	0,58	0,65
Porosidade, s/100cm <sup>3</sup>	2,8	6,0	34,5	64,0

**Quadro 7** : Propriedades físico-mecânicas da celulose licor verde kraft de serragem de eucalipto. Cozimento 3

	18	25	37	54
Grau de refino, °SR	18	25	37	54
Nº de revoluções PFI, 10 <sup>3</sup>	0	1,5	4,0	7,5
Auto-ruptura, km	3,7	5,9	7,6	9,1
Elongação, %	1,9	3,0	3,9	4,2
Fator de estouro	18	39	57	67
Fator de rasgo	55	86	100	102
Dobras duplas, MIT	4	23	92	300
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	0,48	0,54	0,61	0,63
Porosidade, s/100cm <sup>3</sup>	1,4	5,3	15,4	41,0

**Quadro 8** : Condições e resultados dos cozimentos kraft

Material	Serragem				Cavacos
	1	2	3	4	
Condição					
% Na <sub>2</sub> O ativo base madeira a.s.	12	14	13	13	14
Sulfidez, %	25	25	25	25	25
Relação licor/madeira	6:1	6:1	5:1	5:1	4:1
Temperatura máxima, °C	170	170	170	170	170
Tempo até 170°C, minutos	60	60	-	-	90
Tempo a 170°C, minutos	45	45	-	-	45
Fator H	-	-	450	900	-
Rendimento bruto, %	46,5	45,3	46,2	45,0	50,5
Rendimento depurado, %	-	42,9	45,7	44,7	48,6
Teor de rejeitos, %	-	2,4	0,5	0,3	1,9
Número kappa	76,4	35,6	36,4	30,5	19,4
Alvura, %CE	10,5	15,4	19,8	18,6	28,3
Viscosidade, cps	13,7	38,6	21,3	24,0	26,4

Quadro 9 : Propriedades físico-mecânicas da celulose kraft de serragem de eucalipto. Condição de cozimento n° 2

Grau de refino, °SR	18	25	37	54
N° de revoluções PFI, 10 <sup>3</sup>	0	1,38	4,38	10,90
Auto-ruptura, km	4,9	6,8	7,6	8,2
Elongação, %	1,8	2,9	3,3	3,5
Fator de estouro	19	32	43	54
Fator de rasgo	56	73	78	81
Dobras duplas, MIT	8	30	73	193
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	0,53	0,55	0,62	0,65

Quadro 10: Propriedades físico-mecânicas da celulose kraft de serragem de eucalipto. Condição de cozimento n° 3

Grau de refino, °SR	19	25	37	54
N° de revoluções PFI, 10 <sup>3</sup>	0	0,9	3,0	7,5
Auto-ruptura, km	4,5	6,6	8,4	9,3
Elongação, %	1,4	2,0	3,1	3,2
Fator de estouro	23	40	54	67
Fator de rasgo	64	86	88	94
Dobras duplas, MIT	8	35	193	580
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	0,54	0,59	0,64	0,65

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De forma geral, as polpas obtidas de serragem mostraram razoáveis propriedades. Notaram-se como principais problemas as dificuldades de deslignificação, os rendimentos em celulose mais baixos e as propriedades físico-mecânicas algo inferiores. A deslignificação era mais difícil que o usualmente encontrado para cavacos. Isso foi real principalmente para o processo kraft. Supôs-se que a razão tenha sido o consumo maior dos reagentes pela serragem, visto que as partículas finas da serragem devem consumir mais produtos químicos, principalmente em reações com carboidratos. Isso explicaria também os menores rendimentos em celulose.

Notou-se que a polpa NSSC de serragem, embora sendo uma pasta semi-química, mostrou boas características físico-mecânicas. O rendimento do processo NSSC, inferior para a serragem comparativamente aos cavacos, ainda assim era suficientemente bom para um material de desperdício, como a ser-

ragem. Frente às boas características da polpa NSSC de serragem, a mesma merece ser encarada como potencial para confecção de papelões e papéis não-branqueados, onde resistência ao rasgo não seja fundamental.

Infelizmente as celuloses licor verde kraft de serragem não mostraram propriedades entusiasmantes. As polpas mostraram-se muito escuras e com altos números kappa. Os rendimentos também não foram satisfatórios para celuloses semi-químicas. As propriedades físico-mecânicas das celuloses licor verde kraft foram razoáveis, principalmente aquelas correspondentes ao cozimento n° 3, onde condições mais drásticas de cozimento foram utilizadas.

Aparentemente o processo licor verde kraft não mostra muito potencial para serragem. A principal razão dos resultados não muito satisfatórios deve ser a alta exigência que a serragem mostra por álcali para deslignificação. Como o licor verde possui pouco álcali ativo, a carga alcalina terá que ser alta para deslignificar a serra-

Quadro 11 : Propriedades físico-mecânicas da celulose kraft de serragem de eucalipto. Condição de cozimento n° 4

Grau de refino, °SR	19	25	37	54
N° de revoluções PFI, 10 <sup>3</sup>	0	1,3	3,5	8,0
Auto-ruptura, km	5,0	6,6	8,6	9,4
Elongação, %	1,6	2,2	2,8	3,2
Fator de estouro	22	41	63	76
Fator de rasgo	65	72	84	84
Dobras duplas, MIT	9	45	250	710
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	0,56	0,60	0,66	0,69

Quadro 12 : Propriedades físico-mecânicas da celulose kraft de cavacos normais de eucalipto. Condição de cozimento n° 5

Grau de refino, °SR	17	25	37	54
N° de revoluções PFI, 10 <sup>3</sup>	0	4,0	10,8	20,0
Auto-ruptura, km	4,3	6,2	8,9	9,8
Elongação, %	1,4	2,1	3,4	3,6
Fator de estouro	15	40	56	70
Fator de rasgo	55	100	110	115
Dobras duplas, MIT	5	30	200	625
Densidade, g/cm <sup>3</sup>	0,51	0,56	0,64	0,67

gem. Com isso o rendimento cairia a níveis ainda inferiores. A cor escura das polpas era outra característica indesejável.

O processo kraft permitiu se obter polpas químicas de serragem com boas características, embora inferiores às propriedades das celuloses de cavacos. Notou-se, igualmente, uma dificuldade de deslignificação, sugerindo-se que a serragem requer mais álcali do que os cavacos para seu cozimento isolado. De forma geral, as celuloses de serragem foram mais escuras que as de cavacos e o rendimento menor. Um consumo maior do álcali, por reações com compostos desejáveis, refletiu-se na perda do rendimento. É possível porém se otimizar o cozimento, buscando-se outras condições capazes de atenuar estes fenômenos indesejáveis de degradação e consumo maior de álcali.

Quando se produziu celulose kraft de serragem com condições ligeiramente mais severas, atingiram-se celuloses com boas propriedades físico-mecânicas, como foi o caso dos resulta-

dos dos quadros 10 e 11. Comparativamente à celulose de cavacos, a única propriedade desfavorável destas polpas de serragem foi a resistência ao rasgo, em média correspondendo a 80% dos valores para a celulose de cavacos. As resistências à tração, estouro, dobramento e elongação das celuloses kraft e elongação das celuloses kraft foram surpreendentemente boas e similares aos valores obtidos para a celulose kraft de cavacos.

## 6. CONCLUSÕES

Serragem de madeira de eucalipto pode ser convertida a celuloses de aceitáveis qualidades pelos processos semiquímico NSSC e químico kraft. As principais características encontradas para as mesmas foram as maiores dificuldades para deslignificação no processo kraft, as menores alvuras das polpas kraft resultantes, os menores rendimentos em celulose e as boas propriedades

físico-mecânicas alcançadas, à exceção da resistência ao rasgo.

## 7. BIBLIOGRAFIA

BEEMAN, W.H. — Sawdust, shavings for pulping — pros and cons. *Pulp and Paper*, Julho: 35, 1968

BUBLITZ, W.J. & YANG, T.Y. — Pulping characteristics of Douglas-fir sawdust. *Tappi* 58 (3) : 95 — 99, 1975

FERGUS, B.J.; HANNAH, B.C. & JONES; R.N. — The kraft pulping and bleaching of *Pinus radiata* sawdust and chipper fines. *Appita* 27 (2) : 119 — 122, 1973

ISOTALO, I.; GOTTSCHING, L.; VIRKOLA, N.E. & NORDMAN, L. — The preparation of sawdust sulphate pulp and its use in printing paper manufacture. I. — *Paperi ja Puu, Paper och Tra* 46 (3) : 71 — 85; II. — *Paperi ja Puu, Papper och Tra* 46 (4a) : 237 — 248, 1964

LINKHART, R. — *Utilization*

*of sawdust in kraft pulping at Potlatch Forest Inc, Lewiston, Idaho mill.* V Congresso Florestal Mundial, 4p, 1960

MACKIE, D.M. & McATEER, J.L. — *Effect of sawdust on kraft pulping.* Mc Millan Bloedel Research Limited Report, 1977

McCLELLAND, J.O. & KUKOLICH, S.I. — Hardwood sawdust pulp is tested for use in paperboard. *Pulp and Paper*, Julho: 90 — 93, 1974

NELSON, P.J. — Bisulphite, NSSC and refiner groundwood pulps from *P. radiata* sawdust. *Appita* 29 (3) : 161 — 164, 1975

PROCTER, A.R. & CHOW, W.M. — Simulated hardwood market kraft pulp from western red cedar sawdust. *Tappi* 59 (2) : 119 — 124, 1976

TAYLOR, T.G. — The production of bleached kraft market pulp from sawdust. *Pulp and Paper Canada* 78 (1) : 53 — 57, 1977



# O PAPEL

único órgão oficial de divulgação de noticiário da

**abcp - associação técnica brasileira de celulose e papel**

De Utilidade Pública, pelo Decreto Nº 11091 de 12/1/78

SETEMBRO/1979

## índice

<b>MENSAGEM: O Diretor da Divisão Técnica falando dos problemas gerados pela crise mundial de energia .....</b>	<b>pág. 35</b>
<b>REPORTAGEM:</b>	
<b>Seminário ABCP-Aracruz .....</b>	<b>pág. 37</b>
<b>TRABALHOS TÉCNICOS:</b>	
<b>Métodos modernos para secagem por convecção de celulose e papel .....</b>	<b>pág. 41</b>
<b>O programa de melhoramento florestal de eucalyptus spp, em desenvolvimento pela Aracruz Florestal S.A. ....</b>	<b>pág. 47</b>
<b>A utilização da serragem de madeira de eucalipto na produção de polpa celulósica .....</b>	<b>pág. 57</b>
<b>NOTICIÁRIO ABCP:</b>	
<b>Novos cursos em empresa, novas publicações recebidas pela nossa Biblioteca, inclusive um novo intercâmbio e a admissão de novos associados .....</b>	<b>pág. 65</b>
<b>NOTICIÁRIO NACIONAL:</b>	
<b>Novo presidente na Companhia Federal de Fundação; Primeira unidade de papel filtrante do Brasil; Aumento da produção de celulose e papel; Inauguração Kamyry; e outras notícias sobre celulose e papel, no Brasil .....</b>	<b>pág. 79</b>
<b>NOTICIÁRIO ABRAP: .....</b>	<b>pág. 81</b>
<b>NOTICIÁRIO INTERNACIONAL</b>	
<b>Nova utilidade para fibras recicladas; Projeto Olancho; Publicação da Tetra Pak; Produção de cartão na Alemanha; etc. ....</b>	<b>pág. 85</b>
<b>EVENTOS: .....</b>	<b>pág. 88</b>
<b>XII CONGRESSO ANUAL DA ABCP: .....</b>	<b>pág. 89</b>

Este número contém 94 páginas