



artigo técnico

estudo da influência da deterioração de cavacos de eucalipto nas propriedades da celulose kraft

CELSO E. B. FOELKEL
CESLAVAS ZVINAKEVICIUS
Cenibra Pesquisa

APRESENTAÇÃO

Para a realização deste trabalho, os autores fizeram uma análise das qualidades das madeiras e das celuloses kraft, a partir de cavacos de madeiras deterioradas e de madeiras sadias. Foram amostrados três tipos de cavacos deteriorados: enegrecidos, brancos e avermelhados.

De um modo geral, pôde ser observado que os cavacos apodrecidos não mostravam características muito diferentes da madeira sadia, quanto à qualidade da madeira, ao cozimento, ao branqueamento, à resistência à tração, ao dobramento e ao rasgo.

1. INTRODUÇÃO

O armazenamento de madeira para celulose na forma de cavacos, após provar sua viabilidade técnica e econômica, tornou-se prática comum nos novos projetos industriais implantados. Existem duas aproximações básicas para pátios de cavacos em fábricas de celulose: a) toda a madeira é armazenada em pátios enormes separados conforme o tipo de madeira; b) a maior parte da madeira é armazenada na forma de toras, existindo porém pátios pulmões de cavacos, que inclusive permitem melhor dosar misturas de madeira ao digestor.

No segundo caso, a permanên-

cia da madeira, no pátio de cavacos, é reduzida, atingindo usualmente 5 a 10 dias. Neste pequeno período, não existe tempo suficiente, em nossas condições, para que sérias reações de degradação da madeira ocorram. Entretanto, no primeiro caso, quando a madeira permanece alguns meses armazenada na forma de uma pilha, ocorrem transformações na qualidade da madeira que se devem basicamente a: aumento da temperatura da pilha de cavacos devido ao metabolismo das células vivas da madeira, atividade microbológica fúngica e bacteriana, hidrólise ácida de carboidratos. Estas alterações variam em intensidade de pilha para pilha de

cavacos, daí os resultados encontrados na literatura sobre o fenômeno serem muito contraditórios. Recentemente ZVINAKEVICIUS, FOELKEL & ANDRADE, 1978, discutiram, em pesquisa com eucalipto, quais os principais fenômenos envolvidos na alteração da qualidade da madeira em pilhas de cavacos. Discutiram também as vantagens e desvantagens do uso de pilhas de cavacos para se armazenar madeira na indústria de celulose.

No presente trabalho, procurou-se dar continuidade ao estudo inicial, analisando a influência da deterioração da madeira sobre as qualidades das celuloses correspondentes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão bibliográfica realizada sobre este assunto indicou que existe muita contradição entre autores. Procurou-se então levantar os principais pontos citados na literatura sobre as condições de sanidade dos cavacos para a produção de celulose e quais as inter-relações qualidade dos cavacos/qualidade da celulose.

HAJNY, 1966, comenta existir vantagens óbvias no transporte, armazenamento e manuseio de cavacos, mas reforça que de igual importância é a qualidade dos cavacos armazenados em comparação com os cavacos obtidos de toras armazenadas. Informações sobre comparações diretas entre as duas formas de madeira armazenada são difíceis de encontrar em mesmas condições e locais de teste. Encontram-se mais informações generalizadas, algumas vezes crucificando o armazenamento de cavacos, outras vezes exaltando-o.

O sucesso ou o fracasso do armazenamento de cavacos ao ar livre depende da resposta à questão: a economia que se faz no manuseio dos cavacos justifica o que se segue pelas possíveis perdas em madeira, em rendimento, aumento de produtos químicos na conversão ou decréscimo de qualidade das celuloses?

Desta forma, procurou-se analisar, nesta revisão, os principais pontos de vista como se segue:

2.1 Perdas de madeira

O resultado da atividade microbológica e de hidrólise química é a perda de peso do material lenhoso. Com isso está-se perdendo um material pelo qual se pagou e que deveria ser convertido em celulose. A perda de peso pode ser facilmente analisada em amostras na pilha, ou por pesagem direta, ou por alteração na densidade básica da madeira. LINDGREN & ESLYN, 1961, afirmaram que a deterioração causa pequeno efeito no volume da madeira, assim o decréscimo na densidade é um ótimo meio de se analisar as perdas em peso. Existem muitos relatos sobre perdas de peso que variam de 0 a 25%, dependendo do local, espécie de madeira, época

do ano, umidade, tamanho e compactação da pilha, etc. A perda de peso é quase impossível de ser controlada, pois as reações químicas e microbiológicas consomem material. Normalmente as primeiras perdas de peso se devem ao consumo de carboidratos de baixo peso molecular, resinas, radicais acetil, etc. Estes produtos seriam consumidos de qualquer forma pelas reações no cozimento. Entretanto, se a permanência dos cavacos na pilha for muito prolongada, maior que seis meses por exemplo, passam a ocorrer perdas de material valioso para o processo de produção de celulose. É por isso que muitos resultados são contraditórios.

HAJNY, 1966, resumizou o efeito do armazenamento de cavacos sobre a perda de madeira da seguinte forma: as perdas, tanto no armazenamento de cavacos como no de toras, são comparáveis. A compactação dos cavacos, sua temperatura e umidade são fatores que aceleram as perdas, devendo por isso merecer atenção e controle. Contrariamente aos cavacos, armazenamento de toras em condições de alta umidade conduz a menor perda de peso (ASSARSSON, CROON & FRISK, 1970).

2.2 Composição química da madeira

O armazenamento de cavacos ao ar livre ("outside chip storage" — OCS) traz redução no teor de extrativos de até 75% em poucos meses. Normalmente a composição química da madeira não é muito afetada durante a armazenagem, a despeito do ataque microbológico. Entretanto os cavacos atacados pelo fungo apodrecedor marrom ("brown rot") mostram maior teor de lignina.

A desacetilação de hemiceluloses, produzindo ácido acético e tornando a pilha ácida, é comum. A desacetilação depende principalmente da região da pilha, compactação e variações de temperatura.

2.3 Umidade da madeira

As variações da umidade dos cavacos em pilhas dependem das dimensões das pilhas. Nas pilhas

de grande porte, o teor de umidade permanece relativamente constante abaixo da camada superficial (TAIPALE, 1962). Para as pilhas pequenas ocorre a seguinte seqüência de eventos conforme BJORKMAN & HAEGER, 1963; BOIS et alii, 1962; e GRANE & FASSNACHT, 1960: durante a elevação inicial da temperatura, o teor de umidade no interior da pilha cai, enquanto o teor de umidade dos cavacos do topo e lados aumenta; quando a temperatura da pilha decresce, a umidade dos cavacos internos aumenta, de forma que em todas as partes da pilha, o teor de umidade passa a ficar mais ou menos constante.

Nas grandes pilhas, em que a temperatura não cai como nas pequenas, a umidade dos cavacos internos permanece abaixo do que a dos cavacos superficiais. A transferência de água na pilha é a dos cavacos superficiais. A transferência de água na pilha é devida às diferenças de temperatura na mesma. Conforme a temperatura na pilha aumenta devido às atividades químicas e microbiológicas, a água se evapora e se move para cima como em uma chaminé. Esta água que se move na forma de vapor, ao encontrar regiões da pilha mais frescas, se condensa, aumentando a umidade dos cavacos destas regiões. O movimento do vapor pode tornar-se principalmente visível nas madrugadas de inverno, quando se visualiza um nevoeiro sobre o topo das pilhas.

Madeiras mais úmidas são mais sensíveis ao apodrecimento, daí dar-se preferência a estocar em pilhas a madeira a mais seca possível.

2.4 Rendimento em celulose

O rendimento em celulose, para os cavacos que foram armazenados como tal, é afetado de duas formas, conforme CHALK, 1968. Primeiro, as reações de deterioração consomem material celulósico e lignina durante o armazenamento. Assim, quando a madeira alcança o digestor, parte da madeira que foi paga já não mais existe. Segundo, devido às alterações que ocorrem na madeira, o rendimento em celulose no cozimento pode ser menor.

Os resultados para rendimento em celulose são contraditórios. Este rendimento se refere ao peso de celulose que se obtém por um dado peso de madeira carregado ao digestor. As contradições se devem ao estágio de deterioração dos cavacos. É mesmo possível aumento de rendimento para cavacos armazenados por pouco tempo. Isso porque extrativos, radicais acetil e carboidratos de cadeias curtas são removidos já nas pilhas, quando normalmente o seriam no cozimento. Para tempos de estocagem usuais, entre 2 e 6 meses, a maioria dos investigadores não observou perdas no rendimento do cozimento (CRANE & FASSNACHT, 1960; ANNERGREN et alii, 1965; SELLEBY, 1965; BOIS et alii, 1962). Por outro lado, para madeiras armazenadas por longo tempo, perdas de até 50% no rendimento foram observadas.

Aparentemente o rendimento em celulose só é afetado quando a deterioração dos cavacos é muito grande. Quando apenas pequena degradação ocorreu no armazenamento, a evidência é de que o rendimento no cozimento não é diminuído.

Industrialmente o problema aparece com um pouco mais de intensidade devido à perda de densidade da madeira, já que para digestores descontínuos a carga do digestor é feita em base volume e não em peso.

2.5 Resistência da celulose

A qualidade das celuloses produzidas dos cavacos é de extrema importância. Os resultados observados por diferentes autores são contraditórios e parecem não se associar a uma causa evidente. A magnitude de perdas de resistência varia desde zero a severas perdas em estouro, tração e rasgo menores tempos de refino. A maioria dos resultados experimentais da literatura indicam perdas na resistência ao rasgo, sem que variações de monta ocorressem nas resistências ao estouro e tração. Alguns autores, porém, relatam perdas igualmente severas para o estouro de polpas obtidas de cavacos deteriorados. CHALK, 1968, relatou que estas perdas para rasgo e estouro variam de 0 a 30%, mas em

média, o rasgo é mais severamente afetado. A diminuição da resistência passa a ocorrer para cavacos armazenados a partir de quatro meses. Paralelamente, o tempo de refino destas polpas diminui, às vezes, até para a metade. Entretanto, os ganhos econômicos que se tem pela diminuição da energia para refinação são perdidos em um maior manuseio de madeira. Isso porque, para compensar as perdas de resistência da celulose, há a necessidade de misturar os cavacos velhos com cavacos de madeira fresca.

Resta lembrar porém, que também para a madeira armazenada na forma de toras por mais de quatro meses, passam a ocorrer perdas de resistência da celulose. Isso dificulta uma análise comparativa de ambos os tipos de armazenamento.

A maioria dos resultados de autores como SAUCIER & MILLER, 1961, ROTHROCK et alii, 1961, CRANE & FASSNACHT, 1960 e RITCEY, 1962, mostram que se pode sumarizar as perdas de resistências em 1 a 5% por mês de armazenamento dos cavacos. Estas perdas ocorrem principalmente para o rasgo e em segundo plano para o estouro.

Existem autores entretanto, como ANNERGREN et alii, 1964, 1965, que não observaram diferença alguma em termos de resistências, quando compararam polpas de spruce e bétula, obtidas de cavacos frescos e de cavacos armazenados durante 1, 4 e 13 meses. Os resultados foram obtidos em laboratório e confirmados industrialmente. No Canadá, ROBINSON, 1963, também não observou efeitos significantes do armazenamento sobre o estouro e rasgo de polpas produzidas de cavacos armazenados de 9 a 12 meses.

Em 1967, HAJNY, JORGENSEN & FERRIGAN, relataram que nenhuma perda significativa de resistência foi observada para celulose sulfito produzida de cavacos de madeiras de folhosas, armazenados durante seis meses.

2.6 Consumo de produtos químicos no cozimento

Um dos sinais de deterioração de cavacos em uma pilha é o for-

te odor de ácidos orgânicos que se desprende. Estes ácidos, resultantes da degradação de carboidratos, são presentes em teores tais que o pH de extrato aquoso da madeira chega a 2,5 ou menos. Pela formação de ácidos orgânicos e pela quebra de cadeias de carboidratos e lignina, ocorre um aumento da solubilidade da madeira em álcali. Nestas condições, o consumo de álcali no cozimento kraft aumentará ligeiramente. Entretanto esta conclusão é contestada pelos resultados de alguns autores (CRANE & FASSNACHT, 1960 e ROTHROCK et alii, 1961). BJORKMAN & HAEGER, 1963a, 1963b, afirmaram que apenas quando os rendimentos em celulose são baixos para cavacos deteriorados é que o consumo de álcali é aumentado.

Um problema industrial que passa a ocorrer rotineiramente é a maior dificuldade em se controlar a qualidade da celulose não-branqueada. Isso porque, devido à presença de bolsões de cavacos mais deteriorados que os demais, ocorre maior variação do grau de deslignificação da celulose, já que a carga alcalina normalmente é mantida constante. Graus de deslignificação variáveis são o princípio de uma série de outros problemas operacionais, como dificuldades de lavagem, depuração, cloração e controle da alvura.

Há concordância em que, quando se cozinham cavacos deteriorados, o aumento no consumo de álcali varia de 2 a 23% em relação ao consumo de cavacos frescos (CHALK, 1968).

Outros problemas relatados à acidez dos cavacos deteriorados referem-se à corrosão dos equipamentos de manuseio destes cavacos. Uma das formas de se evitar este problema é mergulhar os cavacos em solução de soda cáustica a 10 — 15% de forma a neutralizar os ácidos orgânicos.

Embora não associados diretamente ao cozimento, mas como um resultado dele, a quantidade e qualidade do licor preto são alteradas por cavacos deteriorados. Se o rendimento em celulose for baixo e o consumo de álcali alto, a quantidade de sólidos orgânicos e inorgânicos do licor aumenta. Isso pode representar sério pro-

blema em fábricas cuja capacidade de recuperar licor preto for operada próxima ao limite. Por outro lado, a qualidade do licor (poder calorífico e viscosidade) pode ser alterada de forma não explicada racionalmente e causar sérios problemas operacionais na evaporação e caldeira de recuperação.

2.7 Extrativos

Um dos mais evidentes efeitos da deterioração dos cavacos é a redução do seu teor de extrativos. Esse fenômeno é encarado sob dois pontos de vista, dependendo do processo de deslignificação da madeira que se adotar a seguir. No caso do processo sulfito, onde extrativos são responsáveis por causar depósitos no processo e prejudicar a qualidade da polpa, esta degradação de extrativos é benéfica. Algumas fábricas que usam este processo adotam a prática da OCS para permitir a degradação destes extrativos prejudiciais.

Já no caso do processo kraft, que não tem limitações quanto a extrativos, a perda dos mesmos no armazenamento da madeira é prejudicial, quando a fábrica possui unidade recuperadora de "tall oil" e terebintina. A redução no rendimento destes importantes subprodutos varia na ordem de 50 a 80%, com apenas poucas semanas de armazenamento dos cavacos.

Existem amplas evidências que a perda de extrativos é muito mais acentuada na madeira armazenada como cavacos do que naquela armazenada como toras. (ANNER-GREN et alii, 1964, 1965).

2.8 Alvura

Problemas com alvura de celulosos kraft branqueadas parecem não ocorrer para as polpas produzidas com cavacos armazenados por OCS. Existem algumas evidências de ligeiramente maior necessidade de produtos químicos no branqueamento, mas isso é mencionado esporadicamente. Muito raramente se argumentam dificuldades para se alcançar altas alvuras em celulosos kraft obtidas de cavacos deteriorados.

Para polpas sulfito, o consumo de agentes branqueantes aumenta com o aumento do tempo de

estocagem dos cavacos (ANNER-GREN et alii, 1965; HOLEKAMP, 1959).

No caso de celulosos que não recebem alvejamento, a situação é mais sensível. É bem sabido que a madeira se descolore e escurece com o armazenamento. O mesmo ocorre com pastas mecânicas obtidas de cavacos deteriorados. A pasta é obtida a uma alvura menor e reverte-se mais rapidamente, principalmente nos dois primeiros meses.

Durante o armazenamento, os cavacos costumam escurecer devido deterioração microbiológica e pela oxidação de extrativos. Este escurecimento, embora prejudicando as pastas mecânicas, não interfere na alvura da celulose kraft após cozimento (SOMSEN, 1962). Para a polpa sulfito, a alvura é prejudicada, mesmo para a celulose não-branqueada (BLACKERBY, 1958). O mesmo modelo é aplicado para pastas NSSC (CHALK, 1968).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo acerca da influência da deterioração de cavacos sobre a celulose foi realizado com base em material colhido em pilha de cavacos de híbridos de *Eucalyptus urophylla* na fábrica da Celulose Nipo-Brasileira S.A. Ali estabeleceu-se uma pilha de cavacos que após um ano de idade foi movimentada e em seu interior notaram-se três tipos de bolsões de cavacos com características distintas. Os cavacos, bastante deteriorados, inclusive friáveis, possuíam coloração característica em cada um destes bolsões. Para fins de identificação, os cavacos foram separados conforme a cor que apresentavam em: cavacos deteriorados enegrecidos, cavacos deteriorados brancos e cavacos deteriorados avermelhados. Certamente cada uma destas ca-

racterísticas se deveu a condições específicas em cada região da pilha. Entretanto, como a pilha houvera sido estabelecida com mesmo tipo de material, resolveu-se analisar os resultados de forma comparativa. Não houveram possibilidades de se descobrir a causa de cada das características que as madeiras apodrecidas mostravam. Amostras destas madeiras foram incubadas em meio de cultura para se verificar a ocorrência de fungos apodrecedores. Entretanto, a população fúngica/bacteriana que se desenvolveu foi tamanha e tão variada que não foi possível se detectar a causa de cada coloração.

Os três tratamentos de cavacos deteriorados foram comparados entre si e com madeira sadia amostrada na mesma época de estabelecimento da pilha. Estas comparações envolveram análises anatômicas, químicas e físicas. Para qualidade das celulosos compararam-se os resultados obtidos para os cavacos deteriorados com os resultados médios da qualidade da celulose kraft não-branqueada da Cenibra, referentes ao mês de abril de 1978. Para se comparar rendimentos em celulose, deslignificou-se madeira sadia em condições similares às das madeiras apodrecidas. As determinações anatômicas foram realizadas sobre fibras individualizadas pelo cozimento kraft. Utilizou-se microscópio de projeção para as medições.

As análises químicas foram realizadas conforme métodos da TAPPI — Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

A densidade básica das madeiras foi determinada pelo método do máximo teor de umidade.

O processo para produção de celulose foi o kraft. As condições adotadas nos cozimentos foram as seguintes:

Quadro 1: Condições dos cozimentos

Variável	Condição
% Na ₂ O ativo sobre madeira	14 %
% Sulfidez	25 %
Temperatura máxima	170°C
Tempo até 170°C	200 minutos
Tempo a 170°C	45 minutos
Relação licor/madeira	4,5 : 1

Foram realizadas duas repetições por tratamento, num total de oito cozimentos.

As celuloses foram lavadas, depuradas e determinaram-se rendimentos, teores de rejeitos,

número kappa, viscosidades e alvuras.

A seguir procedeu-se ao branqueamento de parte da celulose de cada cozimento, utilizando-se a seqüência CE₁HD₁E₂D₂, segui-

da de lavagem com solução acidificada de Na₂S₂O₃. Durante os branqueamentos foram mantidas constantes as condições relatadas no quadro 2.

Todas as celuloses, branquea-

Quadro 2: Condições dos branqueamentos

Condição	Estágio						
	C	E ₁	H	D ₁	E ₂	D ₂	Na ₂ S ₂ O ₃
% Cl ₂ ativo	V ₁	—	V ₂	1,58	—	0,53	—
% NaOH	—	V ₃	0,2	—	0,5	—	—
% Na ₂ S ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	1,0
% Consistência	3,5	12	12	12	12	12	5
Temperatura, °C	amb.	60	40	70	60	70	amb.
Tempo, minutos	30	90	120	210	90	210	15

$V_1 = 1,02 + 0,108 \text{ (N.º kappa)}$
 $V_2 = 1,44 + 0,032 \text{ (N.º kappa)}$
 $V_3 = 0,23 \text{ (N.º kappa após CE}_1\text{)}$

Quadro 3: Características das madeiras

Característica	Tratamento	Cavacos			
		Enegrecidos	Branco	Avermelhados	Sadios
Densidade básica, g/cm ³		0,464	0,603	0,519	0,602
Densidade a granel, kg/m ³		163,9	179,4	174,6	179,2
Comprimento da fibra, mm		0,83	0,88	0,90	0,92
Comprimento dos vasos, mm		0,387	0,345	0,302	0,360
Largura dos vasos, mm		0,156	0,141	0,152	0,138
Teor, %					
— lignina		27,56	27,98	28,42	27,80
— holocelulose		79,48	84,67	85,35	75,57
— cinzas		0,64	0,29	0,30	0,18
— pentosanas		15,05	14,70	14,22	14,40
— extrativos em água quente		2,04	2,08	1,03	6,13
— extrativos em diclorometano		0,88	0,84	0,74	0,82
— extrativos em álcool/benzeno		1,73	1,68	1,71	1,70
— extrativos em NaOH 1%		13,32	12,78	10,67	13,05

Quadro 4: Resultados dos cozimentos

Propriedade	Tratamento	Cavacos			
		Enegrecidos	Branco	Avermelhados	Sadios
Rendimento bruto, %		47,4	47,9	47,9	49,8
Rendimento depurado, %		47,0	47,4	47,6	48,8
Teor de rejeitos, %		0,4	0,5	0,3	1,0
Número kappa		20,0	17,2	16,1	19,9
Alvura, °GE		29,0	33,3	31,1	27,1
Viscosidade, cps		35,6	36,6	37,5	37,9

das e não-branqueadas, foram submetidas ao refino em moinho PFI conforme método TAPPI T 248. Formaram-se folhas de aproximadamente 60 g/m² de acordo com TAPPI T 205. Estas foram acondicionadas a 65% de umidade relativa e 20°C de temperatura e, a seguir, testadas conforme TAPPI T 220. Os resultados foram interpolados para 25, 37 e 54°SR para comparações.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Características das madeiras

Os resultados para as análises anatômicas, químicas e físicas das madeiras estão apresentados no quadro 3.

Observou-se que de forma geral as madeiras não diferenciam significativamente entre si quanto às suas características químicas e anatômicas. As poucas di-

ferenças mais expressivas encontradas foram: o maior teor de extrativos em água quente para os cavacos sadios e os maiores teores de holoceluloses e cinzas para as madeiras deterioradas. Não foram detectadas diferenças significantes entre teores de lignina, pentosanas e extrativos em NaOH 1% álcool-benzeno, e diclorometano, entre as madeiras apodrecidas e as sadias.

Quanto à densidade das madeiras, os cavacos deteriorados pretos foram os que mostraram maior perda de peso, mostrada pelas suas densidades inferiores.

4.2 Cozimentos

Os resultados médios alcançados nos cozimentos estão mostrados no quadro 4.

Tendo em vista o grau de deterioração avançado dos cavacos, resultaram menores rendimentos em celulose nos cozimen-

tos pelo processo kraft. Os cavacos deteriorados foram facilmente deslignificados, originando baixos teores de rejeitos e números kappa inferiores para os cavacos brancos e avermelhados. As polpas obtidas destes dois tipos de cavacos foram mais alvas que as demais, principalmente aquela produzida com cavacos brancos. Em termos de viscosidade os resultados foram todos equivalentes.

Em média, pode-se dizer que nas condições do ensaio, os cavacos deteriorados deram origem a menor quantidade de polpa base peso de madeira inicial, em média 1,5 tonelada a menos de celulose para cada 100 toneladas de madeira carregada ao digestor.

4.3 Branqueamentos

Os resultados médios para os branqueamentos estão relatados no quadro 5.

Quadro 5: Resultados dos branqueamentos

Tratamento	Cavacos			
	Enegrecidos	Branco	Avermelhados	Sadios
Condições e Propriedades				
% Cl ₂ ativo total aplicado	6,05	5,74	5,68	5,90
% Cl ₂ ativo total consumido	5,59	5,46	5,19	5,65
% NaOH total aplicada	2,66	2,41	2,60	2,70
% NaOH total consumida	1,71	1,78	1,86	1,94
Número kappa				
— inicial	20,0	17,2	16,1	19,9
— após CE ₁	3,45	3,00	3,03	3,39
Alvura, °GE				
— após C	43,8	46,8	45,1	45,2
— após E ₁	45,5	47,9	46,3	46,3
— após H	73,0	75,4	76,9	79,5
— após D ₁	86,8	88,1	88,1	88,3
— após E ₂	88,4	88,2	86,3	89,1
— após D ₂	89,6	90,2	89,9	91,4
— após Na ₂ S ₂ O ₃	90,6	91,0	90,9	91,9
— após reversão	84,0	84,5	83,9	85,0
Viscosidade, cps				
— após C	27,6	31,2	33,1	30,5
— após E ₁	29,7	28,6	32,4	27,1
— após H	19,5	23,6	20,1	17,5
— após D ₁	18,7	24,2	20,7	15,6
— após E ₂	19,8	20,3	18,6	15,2
— após D ₂	17,6	19,4	19,1	14,7
— após Na ₂ S ₂ O ₃	17,4	20,2	19,2	14,3
Número de cor posterior	1,04	0,98	1,09	0,97

A branqueabilidade de todas as celuloses foi boa, não havendo problemas para se alcançar elevadas alvuras, acima de 90°GE, em nenhum dos casos. As dosagens de cloro ativo e soda cáustica para todas as polpas foram calculadas baseadas em fórmulas idênticas, para correção das dosagens em função do número kappa. Os resultados posteriores, que denotam a habilidade para reversão de alvuras, foram praticamente idênticos, mostrando similaridade para todas as polpas.

As viscosidades das polpas obtidas de cavacos deteriorados foram superiores às de madeira sadia. Provavelmente isso se deva a um menor teor de carboidratos de cadeias curtas nestas polpas, frente à facilidade de remoção destes pelo cozimento e extrações alcalinas.

4.4 Propriedades físico-mecânicas e óticas das celuloses

Após refino e ensaios, os resultados para as propriedades físico-mecânicas e óticas foram interpolados para 25, 37 e 54°SR. Os resultados médios alcançados constam dos quadros 6 e 7, respectivamente para celuloses não-branqueadas e branqueadas.

Para melhor visualizar as diferenças entre os tratamentos, os totais obtidos pela soma dos valores de cada propriedade a 25, 37 e 54°SR, foram relacionados porcentualmente ao total da celulose de cavacos sadios e os resultados tabulados no quadro 8.

Os resultados analisados de forma comparativa demonstraram que os cavacos deteriorados não conduziam a celuloses de baixa qualidade. Ao contrário, as propriedades das celuloses eram relativamente similares às das celuloses produzidas de cavacos sadios, à exceção da resistência ao rasgo que foi inferior. Dentre os cavacos deteriorados, aqueles de cor avermelhada produziram as celuloses de melhores qualidades e os de coloração enegrecida as piores.

De maneira geral, notaram-se resistências à tração e ao dobramento melhores para as celulo-

Quadro 6: Propriedades físico-mecânicas das celuloses não-branqueadas

Propriedade	Cavacos			
	Enegrecidos	Brancos	Avermelhados	Sadios
Nº de revoluções PFI, 10 ³				
- 25°SR	2,4	3,2	5,0	1,3
- 37°SR	6,5	8,5	11,0	6,3
- 54°SR	<u>14,0</u>	<u>19,0</u>	<u>19,0</u>	<u>14,2</u>
- Total	22,9	30,7	35,0	21,8
Auto-ruptura, km				
- 25°SR	7,2	7,2	8,3	6,4
- 37°SR	8,2	8,9	9,2	8,3
- 54°SR	<u>9,1</u>	<u>9,3</u>	<u>10,2</u>	<u>9,3</u>
- Total	24,5	25,4	27,7	24,0
Fator de estouro				
- 25°SR	38	39	44	38
- 37°SR	51	52	60	60
- 54°SR	<u>57</u>	<u>65</u>	<u>71</u>	<u>75</u>
- Total	146	156	175	173
Fator de rasgo				
- 25°SR	68	70	95	91
- 37°SR	83	74	98	109
- 54°SR	<u>85</u>	<u>77</u>	<u>97</u>	<u>115</u>
- Total	236	221	290	315
Dobras duplas, MIT				
- 25°SR	32	45	58	26
- 37°SR	145	178	275	106
- 54°SR	<u>450</u>	<u>467</u>	<u>690</u>	<u>450</u>
- Total	627	690	1023	582
Densidade, g/cm ³				
- 25°SR	0,58	0,61	0,63	0,58
- 37°SR	0,63	0,67	0,66	0,65
- 54°SR	<u>0,68</u>	<u>0,72</u>	<u>0,70</u>	<u>0,69</u>
- Total	1,89	2,00	1,99	1,92

ses obtidas de cavacos deteriorados e resistências ao rasgo inferiores. Praticamente, a única das propriedades que viria a interferir marcadamente na utilização da madeira deteriorada seria a resistência ao rasgo das celuloses correspondentes.

5. RESUMO

Cavacos deteriorados de eucalipto foram amostrados em uma pilha de um ano de idade e as qualidades das madeiras e das celuloses kraft foram analisadas em comparação com padrões de madeiras sadia. Foram coletadas amostras de três tipos de cavacos deteriorados, que se localizavam em bolsões na pilha de cavacos. Estes cavacos foram identificados como cavacos deteriorados enegrecidos, brancos e

avermelhados. Observou-se que de forma geral os cavacos apodrecidos não mostravam características muito diferentes da madeira sadia. Do ponto de vista de qualidade da madeira, os cavacos sadios mostravam extrativos em água quente em maior teor que os apodrecidos, enquanto estes possuíam maiores teores de holocelulose e cinzas e densidades inferiores. Nos cozimentos, os rendimentos em celulose para os cavacos apodrecidos foram em média 1,5% inferiores, base madeira. A branqueabilidade de todas as celuloses mostrou-se fácil e com dosagens equivalentes de cloro ativo e soda cáustica, atingiram-se altas e estáveis alvuras, na faixa de 90 a 92°GE.

As propriedades físico-mecânicas das celuloses de cavacos deteriorados não decepcionaram.

As resistências à tração e ao dobramento foram mesmo superiores às da celulose produzida com cavacos normais. Entretanto, a resistência ao rasgo foi inferior, o que pode limitar o uso desta madeira deteriorada isoladamente. Dentre os três tipos de madeira deterioradas, os cavacos avermelhados foram os que conduziram a melhores propriedades na celulose e os cavacos enegrecidos às piores.

6. SUMMARY

Decayed eucalypt wood chips were sampled from a one-year old chip pile. Wood and kraft pulp qualities were compared to those obtained with normal chips. Three types of decayed wood chips were identified and analysed: gray, white and pink chips. These kinds of chips were localized in pockets in the chip pile. Decayed chips showed wood characteristics similar to normal wood in most aspects. The normal chips had higher hot water extractive content and lower holocellulose and ash contents. Wood specific gravity showed to be somewhat lower for decayed wood, mainly for the gray chips.

Kraft pulping was ease and no special problems could be reported in pulp production. Screened pulp yields were in average 1,5% lower for decayed chips, based on O.D. wood weight.

Bleachability of all pulps was ease and no differences were noticed in comparison to the bleaching for normal chips pulps. Brightness above 90°GE were obtained in all cases. Brightness reversion was acceptable for the pulps produced from the decayed chips.

Strength pulp properties were surprisely good, except tear strength which was poor. Tensile and folding strengths were even better for the pulps from decayed chips. However tear strength was the limiting property for the pulp conversion of decayed eucalypt wood. Among the three types of decayed wood, the pink chips led to better pulps, quite similar to the pulps obtained from healthy

Quadro 7: Propriedades físico-mecânicas e óticas das celuloses branqueadas

Tratamento	Cavacos			
	Enegrecidos	Brancos	Avermelhados	Sadios
Propriedade				
Nº de revoluções PFI, 10 ³				
- 25°SR	3,2	3,6	4,5	1,5
- 37°SR	8,0	9,5	12,0	7,0
- 54°SR	<u>15,0</u>	<u>17,5</u>	<u>19,0</u>	<u>15,0</u>
- Total	26,2	30,6	35,5	23,5
Auto-ruptura, km				
- 25°SR	7,2	7,1	7,3	5,6
- 37°SR	8,2	8,2	8,2	7,4
- 54°SR	<u>8,7</u>	<u>8,6</u>	<u>8,9</u>	<u>8,4</u>
- Total	24,1	23,9	24,4	21,4
Fator de estouro				
- 25°SR	38	39	39	33
- 37°SR	52	50	50	54
- 54°SR	<u>55</u>	<u>56</u>	<u>59</u>	<u>67</u>
- Total	145	145	148	154
Fator de rasgo				
- 25°SR	68	72	87	85
- 37°SR	70	75	96	99
- 54°SR	<u>80</u>	<u>77</u>	<u>100</u>	<u>102</u>
- Total	218	224	283	286
Dobras duplas, MIT				
- 25°SR	45	36	30	14
- 37°SR	75	85	105	70
- 54°SR	<u>145</u>	<u>270</u>	<u>180</u>	<u>190</u>
- Total	265	391	315	274
Densidade, g/cm ³				
- 25°SR	0,65	0,64	0,63	0,59
- 37°SR	0,68	0,69	0,68	0,66
- 54°SR	<u>0,70</u>	<u>0,72</u>	<u>0,69</u>	<u>0,70</u>
- Total	2,03	2,05	2,00	1,95
Coefficiente de dispersão de luz, cm ² /g				
- 25°SR	400	410	420	420
- 37°SR	375	350	350	360
- 54°SR	<u>330</u>	<u>320</u>	<u>340</u>	<u>340</u>
- Total	1105	1080	1110	1120

wood. On the other hand, the gray chips showed inferior pulps, compared to the others.

7. BIBLIOGRAFIA

ANNERGREN, G.; DILLEN, S. & VARDHEIM, S. — *Svensk Papperstidning* 67 (4) : 125, 1964

ANNERGREN, G.; BENGTS-SON, B.; DILLNER, B.; HAGLUND, A. & JAGERUD, G. — *Svensk Papperstidning* 68 (9) : 309, 1965

ASSARSSON, A.; CROON, I. & FRISK, E. — *Svensk Papperstidning* 73 (16) : 493, 1970

BJORKMAN, E. & HAEGER, G.E. — *Tappi* 46 (12) : 757, 1963a

BJORKMAN, E. & HAEGER, G.E. — *Svensk Papperstidning* 66 (15) : 558, 1963b

BLACKERBY, L. H. — *Pulp & Paper* 32 (10) : 129, 1958

BOIS, P.J.; FLICK, R.A. &

GILMER, W.D. — *Tappi* 45 (8) : 609, 1962

CHALK, R. — *Pulp and Paper Magazine of Canada* (Março) : 75, 1968

CRANE, T. P., Jr. & FASSNA-
CHT, D. L. — *Tappi* 43 (12) : 188A, 1960

HAJNY; G.J. — *Tappi* 49 (10) : 97A, 1966

HAJNY G.J.; JORGENSEN, R.
N. & FERRIGAN, J.J. — *Tappi*
50 (2) : 92, 1967

HOLEKAMP, J.A. — *Paper Trade Journal* 143 (48) : 34, 1959

LINDGREN, R.M. & ESLYN,
W.E. — *Tappi* 44 (6) : 419, 1961

RITCEY, G.C. — *Pulp and Paper Magazine of Canada* 63 (C) : T 116, 1962

ROBINSON, G.W. — "Sawmill chip pile storage at Bowaters Mersey". Congresso Anual da CPPA — Atlantic Branch Technical Section, 1963

ROTHROCK, C.W., Jr.; SMITH,
W.R. & LINDGREN, R.M. —
Tappi 44 (1) : 65, 1961

SAUCIER, J.R. & MILLER, R.
L. — *Forest Products Journal* 11
(8) : 371, 1961

Quadro 8: Comparações percentuais entre as propriedades das celulosos

Propriedade	Cavacos				
	Tratamento	Enegrecidos	Branco	Avermelhados	Sadios
Nº de rotações PFI					
- não-branqueada		105,0	140,8	160,6	100,0
- branqueada		111,5	130,2	151,1	100,0
- média		108,2	135,5	155,8	100,0
Auto-ruptura					
- não-branqueada		102,1	105,8	115,4	100,0
- branqueada		112,6	111,7	114,0	100,0
- média		107,4	108,8	114,7	100,0
Fator de estouro					
- não-branqueada		84,4	90,2	101,2	100,0
- branqueada		94,2	94,2	96,1	100,0
- média		89,3	92,2	98,6	100,0
Fator de rasgo					
- não-branqueada		74,9	70,2	92,1	100,0
- branqueada		76,2	78,3	99,0	100,0
- média		75,6	74,2	95,6	100,0
Dobras duplas					
- não-branqueada		107,7	118,6	175,8	100,0
- branqueada		96,7	142,7	114,9	100,0
- média		102,2	130,6	145,4	100,0
Densidade					
- não-branqueada		98,4	104,2	103,6	100,0
- branqueada		104,1	105,1	102,6	100,0
- média		101,2	104,6	103,1	100,0
Coefficiente de dispersão de luz					
- não-branqueada		-	-	-	-
- branqueada		98,7	96,4	99,1	100,0
- média		98,7	96,4	99,1	100,0

SELLEBY, L. — *Svensk Pappers-tidning* 68 (14) : 477, 1965

SOMSEN, R.A. — *Tappi* 45 (8) : 623, 1962

TAIPALE, A. — *Pienpuu Toimikun. Julk.*, Helsinki, 141 : 27, 1962

ZVINAKEVICIUS, C.; FOEL-
KEL, C.E.B. & ANDRADE, J.
R. — "Influência da temperatu-
ra de armazenamento de cava-
cos de eucalipto na qualidade da
madeira e da celulose kraft".
Cenibra Pesquisa 62, 21p., 1978

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
JULHO/1979

índice

MENSAGEM: Programa de Divulgação — O Diretor de Divulga- ção apresenta o programa da Divisão para este semestre	pág. 27
REPORTAGEM:	
Simpósio — Mesa-redonda sobre Conversão	pág. 29
TRABALHOS TÉCNICOS:	
Destintagem: o aumento do significado da lavagem à alta consis- tência	pág. 33
Estudo da influência da deterioração de cavacos de eucalipto nas propriedades da celulose kraft	pág. 40
Os benefícios de controle por computador em máquinas de papel na América Latina	pág. 49
NOTICIÁRIO ABCP:	
Os cursos da Divisão de Ensino, Biblioteca e os novos associados	pág. 69
NOTICIÁRIO NACIONAL:	
Eleição de diretor na Aracruz, As projeções da celulose e papel do Brasil, Instalação de sistema antipolvente em fábrica do Recife, Redução de combustível e assuntos sobre reflorestamento	pág. 76
NOTICIÁRIO INTERNACIONAL:	
Fusão de indústrias de papel, A escassez do papel de imprensa nos Estados Unidos, Os estoques de celulose dos Países Norsecan, Produção peruana de papel de imprensa	pág. 79