



artigo técnico

influência da temperatura de armazenamento de cavacos de eucalipto na qualidade da madeira e da celulose kraft

CESLAVAS ZVINAKEVICIUS
 CELSO E. B. FOELKEL
 JOSÉ ROBERTO DE ANDRADE
 Cenibra S.A.

APRESENTAÇÃO

O resumo realizado pelos próprios autores define muito bem os objetivos deste trabalho: "Neste estudo procurou-se analisar a influência da temperatura de armazenamento de cavacos de madeira de eucalipto sobre a qualidade da celulose kraft produzida a partir dos mesmos. O armazenamento nestas condições de altas temperaturas conduziu a uma perda de rendimentos e

das resistências das celuloses. A madeira foi ligeiramente afetada quanto ao teor de extrativos em NaOH 1 % que aumentou, e, quanto ao pH que baixou. Os principais prejuízos causados pelas altas temperaturas foram os maiores consumos específicos de madeira por tonelada de celulose e a grande perda da resistência ao dobramento das celuloses".

1. INTRODUÇÃO

O armazenamento de madeira na forma de cavacos teve seu desenvolvimento acelerado nos últimos 25 anos, embora já se tenha conhecimento de seu uso nos países escandinavos desde 1930. Em nosso país este tipo de armazenamento ainda é incipiente em relação ao armazenamento na forma de toras: apenas as

indústrias com produções maiores, com equipamentos de manuseio mais sofisticados, é que se valem deste procedimento. O armazenamento de cavacos no pátio da fábrica traz uma série de vantagens associadas, quais sejam: a) a possibilidade de se usar resíduos lenhosos de outras indústrias de conversão da madeira; b) a liberdade que a pilha

de cavacos permite para programas mais flexíveis de suprimento de madeira; c) a possibilidade de se aumentar a quantidade de madeira estocada por determinada área; d) a facilidade de transporte, estocagem e manuseio da madeira; e) a redução de mão-de-obra no pátio de madeira onde se emprega contingente de pessoal e onde são mais

frequêntes os riscos de acidentes; f) a independência que se passa a ter do suprimento de cavacos à fábrica em relação a problemas de manutenção dos picadores; g) a possibilidade de maior uniformização do material a ser fornecido ao processo industrial; h) a possibilidade de mudança do sistema de exploração e transporte, de maneira a torná-los econômicos a longas distâncias; i) a maior facilidade em se realizar as medições da madeira que dá ingresso ao processo; etc.

Relativamente ao item h, poder-se-ia reforçar com o exemplo evidente dos transportes a longas distâncias de cavacos em navios especiais ("chip carriers"), ou em caminhões vagões especializados. Atualmente existem inúmeras formas de se manipular e transportar os cavacos a distâncias tão longas como de um continente a outro. O comércio de cavacos, principalmente ao Japão, é hoje ativo e em expansão. Neste armazenamento, tanto em navios como em pilhas, faz-se necessário conhecer as modificações a que a madeira é susceptível. De enorme importância é a qualidade de celulose que se obtém quando se armazenam ou transportam cavacos, em comparação à celulose obtida de madeira estocada ou manuseada como toras. Devido às diferenças em espécies de madeira, clima, estocagem e métodos de tratamento dos cavacos na pilha, é difícil se determinar conclusões gerais referentes à perda de qualidade de cavacos conforme sua estocagem (HAJNY, 1966).

A par das possíveis alterações que ocorrem na qualidade da celulose, existem outros problemas que merecem ser citados e que resultam principalmente de operações e técnicas impróprias no manuseio dos cavacos:

- a) perda de peso da madeira;
- b) mudança de cor da madeira, o que pode causar perda de alvura das celuloses ou aumentar o consumo de produtos químicos no branqueamento;
- c) aumento do volume de finos, causando problemas em digestores contínuos e de poeira na área;

- d) redução da densidade aparente dos cavacos, diminuindo a capacidade de carga dos digestores;
- e) aumento no consumo de agentes deslignificantes;
- f) possíveis perdas de resistência da celulose.

Hoje, existem equipamentos especialmente projetados para esta operação, as informações disponíveis sobre otimizações no preparo e conservação das pilhas de cavacos são inúmeras, e a tecnologia para este setor da indústria de conversão da madeira tem-se desenvolvido rapidamente.

Inúmeras referências bibliográficas podem ser encontradas sob os mais diversos aspectos da estocagem de cavacos ("outside chip storage"). O propósito deste trabalho, cujos resultados estão apresentados a seguir, é o de analisar a influência da temperatura dos cavacos na qualidade da madeira e da celulose resultante. A temperatura é talvez a variável mais importante que afeta uma pilha de cavacos, pois ela está intimamente relacionada à atividade de degradação microbológica dos cavacos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Conforme mencionado anteriormente, o propósito deste estudo é o de verificar a influência da temperatura de estocagem dos cavacos sobre a qualidade da celulose resultante. Existem duas formas de se encarar este propósito:

- a) aquecimento espontâneo da pilha de cavacos;
- b) aquecimento dos cavacos por meios indiretos, p.e., vapor, temperatura ambiente, etc.

Ambos se distinguem na forma e nos resultados a que conduzem e isso precisa ser levado em consideração quando se buscar a análise de resultados.

2.1 Aquecimento espontâneo da pilha de cavacos

Quando se adota a prática de se armazenar cavacos na fábrica, ao invés de toras, a árvore é geralmente reduzida a cavacos,

pouco tempo após o abate. Logo a madeira que é encaminhada à pilha é praticamente verde, rica em umidade. Quando esta madeira na forma de cavacos úmidos é armazenada ao ar, pode-se facilmente observar que oxigênio é consumido pela madeira e dióxido de carbono é formado. Este fenômeno é resultado da respiração das células de parênquima, ainda vivas na madeira do alburno. A reação é enzimática e pode ser controlada e interrompida por aplicação de vapor ou secagem da madeira. Quando a secagem é realizada a baixa temperatura e não há morte das células, a respiração pode ser reiniciada quando ocorrer o reumedecimento da pilha. A taxa máxima de respiração das células vivas da madeira ocorre entre 30 e 40°C. Segundo DAHM, 1964, nestas temperaturas, a ordem de formação CO₂ é de 50 ml/100g de madeira/24 horas.

Isso corresponde a uma perda de 1 g de carboidrato por 100 g de madeira de alburno a cada duas semanas de estocagem. O coeficiente de respiração, isto é, ml CO₂ produzido/ml O₂ consumido, é ligeiramente inferior a um. Isso indica que o oxigênio é também consumido em outras reações, além da respiração das células vivas da madeira. Estas reações podem ser aquelas de conversão de ácidos graxos em carboidratos. Esta bioconversão dos ácidos graxos reduz o teor de extrativos da madeira, principalmente das resinas. Esta diminuição de resinas é favorável, quando o processo de produção de celulose é o sulfito. No caso do processo ser o kraft esta transformação é indesejável, pois, normalmente as grandes fábricas de celulose kraft de madeira de coníferas possuem unidades de recuperação de "tall oil" e terebintina. Por causa desta bioconversão dos ácidos graxos, o rendimento nestes subprodutos é diminuído (CHALK, 1968).

Estas duas reações, respiração e biodegradação de ácidos graxos, ocorrem apenas no caso das células vivas do alburno. O cerne da madeira, pelo fato de ser constituído de células mortas, não dá origem a estas atividades biológicas.

A energia liberada nestas reações biológicas é suficiente para elevar a temperatura da pilha a um valor consideravelmente acima da temperatura do ar. Este aquecimento espontâneo de pilhas de cavacos é bem conhecido. O centro destas pilhas normalmente mostra temperaturas que alcançam e se mantêm a 55 a 70°C. Em algumas pilhas chega a ocorrer ignição espontânea dos cavacos. Curiosamente, a temperatura da pilha se mantém quase constante, mesmo com a variação da temperatura do ar vizinho. Esta constância é explicada pela ação de chaminé que se estabelece entre o ar fresco da atmosfera e o ar quente da pilha de cavacos. Se a temperatura da pilha aumenta, a ação de resfriamento dos cavacos pelo ar vizinho é aumentada e a ação enzimática de aquecimento é diminuída. Se a temperatura diminui, as reações enzimáticas aumentam de ritmo e a ação de resfriamento do ar, devido à ação de chaminé, diminuirá.

Existem algumas formas de controlar a temperatura da pilha de forma prática. A densidade e o tamanho da pilha, definitivamente, são as mais importantes formas de se tentar equilibrar a temperatura: pilhas densas e grandes conduzem a resfriamento menos efetivo e a temperatura de equilíbrio torna-se maior. O resfriamento da pilha com água é eficaz no controle da temperatura. O controle da temperatura é importante para evitar os danos causados à madeira, com reflexos na sua qualidade e na qualidade da celulose posterior.

É interessante se conhecer o modelo de variação da temperatura para a pilha do cavaco que se está trabalhando, para depois tentar o controle da temperatura da mesma. Sabe-se que a variação da temperatura depende de uma série de fatores como tamanho da pilha, espécie de madeira, alterações na temperatura do ar, etc. Normalmente quando se monta uma pilha de cavacos, a temperatura aumenta gradativamente durante as duas primeiras semanas, até 40-60°C, e depois se mantém por um certo tempo, vindo a cair

depois por diminuição da atividade biológica. Os cavacos da parte externa da pilha formando uma camada isolante para o centro da pilha restringem também a troca de calor para o ambiente (ASSARSSON et alii, 1970). Caso não existam microorganismos termofílicos na madeira, estabelece-se um balanço entre o calor produzido e a taxa de resfriamento, e a temperatura se mantém. Conforme os nutrientes existentes para a atividade biológica vão se esgotando, a temperatura vai diminuindo devido à diminuição da respiração e transformação de ácidos graxos. Entretanto a temperatura da pilha nunca chega a cair a valores iguais aos da temperatura ambiente, primeiro, devido ao isolamento da pilha pelos próprios cavacos, e segundo, pela atividade de microorganismos que degradando os carboidratos produzem energia calorífica.

Mesmo que as células vivas da madeira e os fungos e bactérias sejam esterilizados pelas altas temperaturas que se desenvolvem, como 55-65°C, passam a ocorrer apenas as reações químicas de oxidação, não biológicas, que continuam a fornecer calor por exotermia (FEIST et alii, 1973).

Conforme mencionado anteriormente, a parte central da pilha atinge temperaturas de 40 a 60°C. Existem referências de temperaturas tão altas quanto 80 a 100°C em pilhas de cavacos que continuam casca e/ou serragem em abundância. Estas pilhas adquirem um forte odor de ácidos fórmico e acético. Os mecanismos que levam à ocorrência de pilhas superaquecidas ainda não estão inteiramente esclarecidos, porém assume-se que nestes estão envolvidos as atividades biológicas das células vivas da madeira, as condições da pilha e ambientais e a presença de microorganismos termofílicos. Argumenta-se também que a maior influência seria de reações exotérmicas catalisadas por metais pesados (ASSARSSON et alii, 1970).

Inicialmente, nos primórdios dos estudos sobre OCS, supunha-se que apenas a respiração

das células vivas da madeira e o calor desenvolvido por bactérias e fungos aeróbicos provocavam o aquecimento. Hoje sabe-se que a contribuição das bactérias neste aquecimento é considerável em grande parte dos casos, porém pode atingir pequenos valores em casos especiais. Fungos termofílicos de inúmeros gêneros são também microorganismos que colaboram no aquecimento das pilhas de cavacos. O que não se considerava no início das pesquisas era o calor despreendido pelas reações exotérmicas não biológicas, as quais também contribuem para a elevação da temperatura.

SPRINGER & HAJNY, 1970, esterilizaram cavacos de madeira de *Populus tremuloides* e *Pseudotsuga menziesii* e procuraram acompanhar o consumo de oxigênio por eles, com a liberação conseqüente de energia pelas reações exotérmicas. Os autores notaram que o aquecimento dos cavacos e o consumo de O₂ era bastante diminuído em relação aos cavacos não esterilizados. Estes dados revelaram a importância que a respiração das células vivas e a presença de microorganismos possuem no aquecimento dos cavacos. Existia porém calor liberado pelas reações não biológicas. Nos estudos de metabolismo que os autores realizaram, foi observado que a taxa de consumo de O₂ pode ser convertida em calor pelo fator de conversão 4,82 kcal/litro de O₂ consumido.

Esta elevação de temperatura pelo consumo de material orgânico contribui para perda de peso dos cavacos. A maioria dos trabalhos indicam que as perdas em peso de madeira são de aproximadamente 1% ao mês. Admitindo-se o calor de combustão da madeira como igual a 4,4 kcal/g significa que a liberação de calor pela madeira é da ordem de 0,06 cal/hora/g.a.s. Entretanto este calor desenvolvido deve ser maior, porque, além do calor usado para elevar a temperatura, há ainda uma parte do mesmo necessária a manter a temperatura da pilha. SPRINGER & HAJNY, 1970, encontraram valores de 0,13 a 0,53 cal/hora/g.a.s. para o calor de-

envolvido em pilhas de cavaco. Estes autores concluíram que a oxidação direta não biológica apresenta uma pequena contribuição no desenvolvimento de calor. O mecanismo de aquecimento das pilhas dever-se-ia dar inicialmente pela respiração das células de parênquima. A evolução de calor com elevação posterior da temperatura se daria por ação de bactérias e fungos. Nas pilhas em que a temperatura atingisse valores que permitissem autocombustão, a razão deveria ser as reações químicas de oxidação.

Importante contribuição dos trabalhos de SPRINGER & HAJNY, 1970; SPRINGER, HAJNY & FEIST, 1971 e FEIST, SPRINGER & HAJNY, 1973, é a seguinte: quando a temperatura da pilha se eleva a valores próximos a 60°C, o metabolismo das células vivas é diminuído e eventualmente decresce a zero, visto que estas altas temperaturas matam as células vivas. Por outro lado, as reações oxidativas químicas não biológicas são aceleradas a partir daí. Resumidamente os autores afirmaram que o aquecimento em uma pilha de cavacos se deve a: a) respiração das células vivas da madeira durante os primeiros 7 a 10 dias, a partir do que estas células perdem viabilidade, porque a temperatura da pilha atinge valores de aproximadamente 45°C, que lhes é prejudicial; b) crescimento bacteriano a partir dos primeiros dez dias, já que a temperatura lhes é favorável e as condições propícias ao desenvolvimento (no início da formação da pilha a população bacteriana é pequena, mas aumenta drasticamente quando as condições lhe são favoráveis); c) desenvolvimento de fungos, que se dá em condições similares ao da bactéria; porém este fenômeno é mais evidente quando as pilhas vão ficando mais velhas; d) oxidação química direta, quando a temperatura da pilha atinge valores acima de 50°C.

2.2 Aquecimento forçado dos cavacos

Existe uma grande diferença entre o aquecimento espontâneo e gradual das pilhas de cavacos,

por razões diversas apontadas no item anterior, e o aquecimento direto por meios externos.

Existe atualmente muita controvérsia entre os autores sobre a influência da temperatura de armazenamento dos cavacos sobre as características da madeira e da celulose. Inclusive, as maiores controvérsias ocorrem sobre a forma de se elucidar os fenômenos que estão ocorrendo com os cavacos.

HULME & HATTON, 1978, afirmaram que nas condições usuais das pilhas de cavacos, as condições são típicas de esterilidade. Isso porque as temperaturas atingem 60°C e nestas condições pode-se, com certeza, excluir a possibilidade de se ter microorganismos vivos.

Nestas condições de temperaturas elevadas e próximas a 60°C não existem nem a respiração de células da madeira, nem o desenvolvimento microbiológico. As perdas que ocorreriam na madeira seriam devidas a oxidações químicas não biológicas, como aquelas de quebra de cadeias de carboidratos pelo abaixamento do pH, num fenômeno similar à pré-hidrólise da madeira. As condições favorecem a oxidação e liberação dos radicais acetil e uronil das hemiceuloses. Estes se transformam em ácidos orgânicos, o pH cai, e passa a ocorrer hidrólise ácida de carboidratos.

HULME & HATTON, 1977, desaconselharam terminantemente o uso de temperaturas acima de 70°C para se esterilizar os cavacos a fim de evitar estas reações prejudiciais aos carboidratos.

Uma possível forma de se evitar as perdas de peso e de rendimento em celulose, quando se armazenam cavacos, seria se provocar a esterilização dos mesmos. Isso seria possível pela vaporização dos mesmos durante um certo período de tempo, mantendo-se a temperatura próxima a 60°C. Outra forma de se provocar a esterilização seria pelo tratamento dos cavacos com fungicidas e bactericidas. Estas soluções entretanto não matam todas as células vivas da madeira, ao passo que o calor sim.

Esta esterilização dos cavacos por aquecimento só seria pos-

sível, caso houvesse economicidade na operação e se prestaria apenas em casos de transporte dos cavacos a longas distâncias, durante longo tempo. Desconhece-se o tempo necessário aos cavacos para serem esterilizados pelo aquecimento. Existem porém muitos estudos sendo realizados, buscando maiores informações sobre o que acontece, biológica e quimicamente, com os cavacos a altas temperaturas.

2.3 Influência da temperatura de armazenamento sobre a qualidade da madeira

De forma geral os trabalhos existentes não permitem separar o efeito apenas da temperatura sobre a qualidade da madeira. Isso porque a temperatura elevada é consequência da série de fatores, já mencionada, como respiração das células vivas, desenvolvimento bacteriano e fúngico, reações químicas de oxidação e hidrólise, etc.

Já se discutiu que os principais efeitos que a madeira sofre são: perda de peso por causa do consumo de extrativos, açúcares e gorduras pelas células vivas; perda de peso devido às reações de hidrólise ácida com liberação de açúcares e compostos orgânicos simples que servem de alimento a fungos e bactérias; perda de peso devido à ação hidrolítica enzimática causada por fungos e bactérias.

Estas ações causam as seguintes principais alterações nas propriedades da madeira (FEIST, HAJNY & SPRINGER, 1973): aumento no teor de extrativos em água, diminuição no teor de extrativos em éter etílico, diminuição na densidade básica, aumento da acidez, aumento da concentração de ácidos orgânicos formados pela hidrólise ácida de carboidratos da madeira, aumento do teor de extrativos em álcool/benzeno, visto que parte destes extrativos serão representados por ácidos orgânicos ou fragmentos fenólicos da lignina, dentre outras alterações.

HAJNY, JORGENSEN & FER-RIGAN, 1967, relataram que os teores de lignina não são afetados pelo armazenamento.

2.4 Influência da temperatura de armazenamento sobre a qualidade da celulose

Existe uma grande quantidade de informações disponíveis na literatura e que revelam a influência do armazenamento dos cavacos, a altas temperaturas, na qualidade de celulose sulfito, kraft e pasta mecânica. Para pasta mecânica a principal influência é a perda de alvura (FEIST, HAJNY & SPRINGER, 1973).

No caso de celuloses sulfito e kraft existem algumas conclusões comuns a diversos autores (HAJNY, JORGENSEN & FER-RIGAN, 1967; FEIST, HAJNY & SPRINGER, 1973; FEIST, SPRINGER & HAJNY, 1974): a) perda de rendimento em celulose; b) perda de alvura de celuloses branqueadas e não-branqueadas ou maiores consumos de reagentes de branqueamento; c) diminuição da resistência da celulose entre 10 e 35%, em alguns casos, e pequeno efeito, em outros.

Devido aos inúmeros problemas levantados, FEIST, HAJNY & SPRINGER, 1973 argumentaram que todo esforço deve ser feito para a redução do aquecimento durante o armazenamento de cavacos.

Em razão destas alterações e do risco de apodrecimento dos cavacos por fungos e bactérias, o armazenamento deve ser rápido, com um esquema racional de utilização dos estoques de madeira.

3. MATERIAL

Utilizou-se neste experimento cavacos frescos de eucalipto, amostrados no pátio de cavacos da Celulose Nipo-Brasileira S.A.

A madeira era proveniente de povoamentos com 7 anos de idade, da região leste de Minas Ge-

rais. As prováveis espécies eram *Eucalyptus saligna* e híbridos de *Eucalyptus urophylla*.

4. METODOLOGIA E RESULTADOS

4.1 Preparo e implantação do experimento

Na realização desta pesquisa procurou-se analisar o efeito da temperatura de armazenamento dos cavacos de eucalipto sobre sua qualidade e da celulose kraft correspondente. Assim sendo, não se analisou a temperatura como resultado de um aquecimento espontâneo. O que se fez foi, obtendo os cavacos de madeira, imediatamente os armazenar a três temperaturas distintas: 25, 50 e 70°C. Trabalhou-se, com aproximadamente 10 kg de cavacos por tratamento, a fim de permitir a realização de ensaios em duplicata. Os cavacos de cada tratamento foram acondicionados em saco plástico e este foi mergulhado em água quente à temperatura controlada de 50 a 70°C. O tratamento correspondente a 25°C referiu-se a cavacos armazenados à temperatura ambiente, em saco plástico e em local coberto.

Isto posto, deve-se observar que os cavacos foram imediatamente colocados à temperatura de teste, não havendo portanto tempo, nem condições favoráveis, ao desenvolvimento espontâneo da temperatura. Inclusive, as temperaturas de 50 a 70°C são praticamente esterilizantes. A 50°C não existem condições favoráveis à sobrevivência das células vivas do parênquima e a 70°C não existem condições para ocorrer vida microbiológica. Nesta última condição, os cavacos podem ser considerados como esterilizados e a esterilização deve ocorrer em pouco tempo.

Os tratamentos estudados correspondem a armazenamentos a 25, 50 e 70°C. A 25°C as condições são favoráveis à sobrevivência das células parenquimatosas vivas do alburno e à infestação por fungos e bactérias. Entretanto, frente à pequena quantidade de cavacos, não chegou a ocorrer o aquecimento espontâneo

dos cavacos. A 50°C as condições são favoráveis ao desenvolvimento de fungos e bactérias e à degradação química por oxidação e hidrólise. A 70°C as condições são amplamente favoráveis às reações de oxidação não biológicas.

Frente à maneira como o experimento foi instalado, os autores reforçam o cuidado que os leitores devem ter para não extrapolar as conclusões para condições de pilhas de cavacos, onde o aquecimento é gradual e há amplas possibilidades de ocorrerem todos os tipos de fenômenos já citados, como respiração, desenvolvimento microbiológico e oxidação e hidrólise química.

Tão logo se amostrou a quantidade de cavacos necessária ao experimento, coletou-se uma subamostra representativa e nesta se realizaram determinações químicas e físicas. A seguir, o cavaco restante foi fracionado em três partes e cada uma foi submetida às temperaturas de ensaio: 25, 50 e 70°C. O artifício que se usou para se manter a temperatura dos cavacos a 50 e 70°C foi embalá-los em sacos plásticos e mergulhá-los em água quente de banhos-marias com temperatura controlada. A temperatura destes ensaios era anotada de hora em hora. Os cavacos foram mantidos nestas condições por 45 dias. As temperaturas médias alcançadas durante os 45 dias foram de 51,6°C para o tratamento de 50°C e 70,6°C para o tratamento de 70°C. Aos 10, 20, 30 e 45 dias foram amostrados cavacos para determinações químicas e físicas. Ao final do ensaio, com os cavacos tendo permanecido 45 dias a 25, 50 e 70°C, realizaram-se cozimentos kraft em duplicata. O objetivo era se verificar o efeito desta estocagem sobre as qualidades das celuloses.

4.2 Análises químicas e físicas dos cavacos

Os cavacos foram analisados quanto ao pH, solubilidade em NaOH 1%, densidade básica e teor de umidade.

Os resultados médios constam do quadro 1.

Quadro 1 : Alterações nas propriedades dos cavacos em função da temperatura e tempo de estocagem

Temperatura, °C	25		50				70			
	0	45	10	20	30	45	10	20	30	45
pH	4,4	3,8	4,2	4,1	4,1	3,8	3,8	3,7	3,5	3,0
Solubilidade em NaOH 1%, %	12,8	11,6	14,2	15,8	14,6	15,2	15,3	18,4	18,4	22,7
Densidade básica, g/cm ³	0,588	0,598	0,585	0,593	0,584	0,598	0,589	0,593	0,583	0,592
Teor de umidade, %	29,5	30,2	27,5	24,1	26,8	29,9	25,7	27,3	33,7	34,4

4.3 Produção de celulose

A celulose kraft foi obtida pelo cozimento dos cavacos, após 45 dias de armazenamento, conforme as seguintes condições:

% Alkali ativo, (Na ₂ O)	=	14,0
% Sulfidez	=	25
Temperatura máxima	=	170°C
Tempo até 170°C	=	70 minutos
Tempo a 170°C	=	45 minutos
Relação licor/madeira	=	4:1

Os resultados médios para os cozimentos estão apresentados no quadro 2.

Quadro 2 : Resultados médios dos cozimentos realizados com os cavacos após 45 dias de estocagem

Temperatura, °C	25	50	70
Tempo, dias	45	45	45
Rendimento bruto, %	51,0	48,9	46,9
Número kappa	20,5	20,2	22,1
Viscosidade, cps	34,1	27,8	26,4

Quadro 3 : Propriedades físico-mecânicas médias das celuloses obtidas pelo cozimento kraft de cavacos armazenados 45 dias a 25°C

Grau de refino, °SR	25	35	45	55
Tempo de refino, minutos	15	25	32	40
Auto-ruptura, km	7,2	8,7	9,6	10,3
Elongação, %	2,0	2,5	2,8	3,3
Fator de estouro	46,8	60,8	72,4	80,2
Fator de rasgo	88	106	111	112
Dobras duplas, MIT	45	173	459	1185
Peso específico aparente, g/cm ³	0,513	0,554	0,572	0,600

4.4 Ensaios físico-mecânicos das celuloses

As celuloses não-branqueadas e com graus de deslignificação similares foram refinadas em

moinho holandesa tipo Valley, conforme método TAPPI T 200. A seguir formaram-se folhas a diferentes graus de refino em formador tipo Koethen Rapid

com 2 secadores. Estas, de gramatura aproximadamente 60 g/m², foram acondicionadas em sala climatizada a 65 ± 2% de umidade relativa e 20 ± 2°C de temperatura.

Estas folhas foram submetidas a ensaios físico-mecânicos e os resultados calculados conforme o método TAPPI T 200.

Os resultados médios para as propriedades físico-mecânicas das celuloses estão apresentados nos quadros 3, 4 e 5.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Qualidade da madeira

A madeira do eucalipto armazenada na forma de cavacos a 25, 50 e 70°C não mostrou, ao longo de 45 dias, alterações em sua densidade básica. O teor de umidade também se mostrou relativamente constante, à exceção do tratamento a 70°C, onde aumentou com o tempo. Admite-se duas explicações para este aumento: reumedecimento dos cavacos por penetração de água, ou, formação de compostos voláteis a 105°C devido à degradação química sofrida pelos cavacos. Em realidade, apenas a temperatura de 70°C foi capaz de alterar sensivelmente as características físicas e químicas dos cavacos. Estes tiveram seu pH diminuído, devido à liberação e oxidação dos grupos acetil e uronil das hemiceluloses. Concomitantemente, pelo aumento da concentração de ácidos orgânicos na madeira e pela ação da alta temperatura, ocorreram reações de hidrólise ácida e a solubilidade da madeira em NaOH 1% aumentou. Este aumento foi devido à liberação dos ácidos orgânicos, removidos pela soda a 1% e pela fragmentação de carboidratos

Quadro 4 : Propriedades físico-mecânicas médias das celulosas obtidas pelo cozimento kraft de cavacos armazenados 45 dias a 50°C

Grau de refino, °SR	25	35	45	55
Tempo de refino, minutos	18	30	38	44
Auto-ruptura, km	7,0	8,2	9,2	10,0
Elongação, %	1,8	2,2	2,4	2,6
Fator de estouro	39,2	55,5	64,0	68,2
Fator de rasgo	94	118	118	116
Dobras duplas, MIT	28	110	386	1053
Peso específico aparente, g/cm ³	0,498	0,524	0,556	0,582

Quadro 5 : Propriedades físico-mecânicas médias das celulosas obtidas pelo cozimento kraft de cavacos armazenados 45 dias a 70°C

Grau de refino, °SR	25	35	45	55
Tempo de refino, minutos	16	30	37	42
Auto-ruptura, km	6,8	8,6	8,9	9,2
Elongação, %	2,4	2,9	3,0	3,3
Fator de estouro	41,0	54,6	56,4	61,9
Fator de rasgo	76	88	90	90
Dobras duplas, MIT	36	113	123	316
Peso específico aparente, g/cm ³	0,501	0,542	0,552	0,585

por hidrólise e oxidação, fragmentos estes também solúveis em NaOH 1%.

Observou-se também nesta madeira armazenada a 70°C uma alteração visível de sua cor, ficando a madeira avermelhada em relação a uma tonalidade marrom palha original.

Ações negativas sobre a qualidade da madeira praticamente não ocorreram para os armazenamentos a 25 e 50°C. Nos cavacos a 50°C notou-se o desenvolvimento de colônias de fungos do tipo *Penicillium*.

5.2 Qualidade das celulosas

A. uma mesma condição de deslignificação, observou-se uma nítida influência negativa da temperatura de estocagem sobre o

de cavacos armazenados durante 45 dias por tonelada de celulose: 3,28; 3,42; e 3,60.

Relativamente às características de resistência da celulose, notou-se que o efeito mais pronunciado era sobre a resistência ao dobramento, que diminuía com o aumento da temperatura de estocagem. As resistências à tração e ao estouro foram também afetadas negativamente pela temperatura. Quanto à resistência ao rasgo, ela aumentou com o aumento da temperatura de 25 para 50°C, mas diminuiu significativamente quando a temperatura de armazenamento foi elevada a 70°C.

À exceção da elongação, todas as outras resistências da celulose foram negativamente afetadas pelo aumento da temperatura de armazenamento dos cavacos para 70°C.

Tomando-se como números índices iguais a 100 os resultados médios obtidos para a celulose produzida de cavacos armazenados a 25°C, notaram-se os seguintes índices relativos para as celulosas obtidas de cavacos armazenados a 50 e 70°C:

Quadro 6 : Números índices para as resistências das celulosas em função da temperatura de armazenamento dos cavacos

Temperatura, °C	25	50	70
Auto-ruptura	100,0	96,1	93,6
Elongação	100,0	84,9	109,4
Fator de estouro	100,0	87,2	82,2
Fator de rasgo	100,0	106,9	82,5
Dobras duplas	100,0	84,7	31,6

rendimento e sobre a viscosidade da celulose. Estas influências são indesejáveis, pois representam perdas econômicas, devido às maiores necessidades em madeira para produção de uma tonelada de celulose. Para as temperaturas de 25, 50 e 70°C são necessários em média, com base nos dados desta pesquisa, os seguintes consumos específicos teóricos em metros cúbicos sólidos

6. CONCLUSÕES

O armazenamento de cavacos de madeira de eucalipto a altas temperaturas conduziu a uma perda de rendimentos em celulose e das resistências da mesma. A madeira foi ligeiramente afetada quanto ao teor de extrativos em NaOH 1% que aumentou e quanto ao pH que baixou.

Os principais prejuízos causados pelas altas temperaturas foram os maiores consumos espe-

cíficos de madeira por tonelada de celulose e a grande perda da resistência ao dobramento destas celulosas.

7. LITERATURA

ASSARSSON, A.; CROON, I. & FRISK, E. — Outside chip storage. *Svensk Papperstidning* 73 (16): 493-501, 1970

CHALK, R. — Problems with outside chip storage — and some solutions. *Pulp & Paper* (Março, 11): 37, 1968

DAHM, H. P. — Effect of temperature in chip storage. *Norsk Skogindustri* 18 (10): 362-395, 1964

FEIST, W. C.; HAJNY, G. J. & SPRINGER, E. L. — Effect of

storing green wood chips at elevated temperatures. *TAPPI* 56 (8): 91-95, 1973

FEIST, W. C.; SPRINGER, E. L. & HAJNY, G. J. — Spontaneous heating in piled wood chips — Contribution of bacteria. *TAPPI* 56 (4): 148-151, 1973

HAJNY, G. J. — Outside storage of pulpwood chips. A review and bibliography. *TAPPI* 49 (10): 97A-105A, 1966

HAJNY, G. J.; JORGENSEN, R. N. & FERRIGAN, J. J. — Outside storage of hardwood chips in the Northeast. I. Physical and chemical effects. *TAPPI* 50 (2): 92-96, 1967

HULME, M. A. & HATTON, J. V. — Influence of high temperatu-

res during chip storage on fiber yields. *TAPPI, Notas ao editor*, 1977

SPRINGER, E. L. & HAJNY, G. J. — Spontaneous heating in piled wood chips. I — Initial mechanism. *TAPPI* 53 (10): 85-86, 1970.

SPRINGER, E. L.; HAJNY, G. J. & FEIST, W. C. — Spontaneous heating in piled wood chips. II — Effect of temperature. *TAPPI* 54 (4): 589-591, 1971



Mobilcer

Emulsão de Cera

Mobil

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

NOVEMBRO/1978

índice

MENSAGEM: Garantia	pág. 3
PONTO DE VISTA: Desenvolvimento Tecnológico	pág. 3
TRABALHOS TÉCNICOS:	
Modernos conceitos de revestimento de cilindros para máquinas de papel	pág. 57
Influência da temperatura de armazenamento de cavacos de eucalipto na qualidade da madeira e da celulose kraft	pág. 73
Pequena monografia sobre produção de celulose de Gmelina arborea	pág. 81
Obtenção e utilização da cola de breu para fabricação de celulose	pág. 103
Coníferas exóticas aptas para a produção de celulose kraft	pág. 111
NOTICIÁRIO ABCP:	
Os cursos da Divisão de Ensino programados para 1979, os novos sócios da Associação, íntegra do discurso de um de nossos diretores no México, visita do diretor da FAO à ABCP	pág. 127
NOTICIÁRIO NACIONAL:	
Clarificação de efluentes na Papyrus, ampliação e modernização da C.F.F., livro de pesquisa sobre eucalipto, acordo salarial do setor de celulose e papel	pág. 140
NOTICIÁRIO INTERNACIONAL:	
A fábrica pré-fabricada da Götaverken, bons lucros no mercado norte-americano de celulose, expansão de indústria argentina	pág. 142
NORMA:	
Determinação da resistência da fibra de celulose à tração com afastamento zero "Zero Span"	pág. 147

Este número contém 154 páginas