INDEXADO

avaliação de pastas lignocelulósicas para fins absorventes com ênfase em pasta fofa (fluff pulp)

Maria Celina Santana Jordão
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT/CTCP

José Mangolini Neves
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – CTCP
Depto. Engenharia Química – EPUSP

SINOPSE

No presente trabalho foram revistas técnicas e procedimentos para caracterizar materiais absorventes. Para isso, determinaram-se os ângulos de contato entre o líquido e as fibras. Usando o instrumento recomendado pela Norma SCAN C33-80, convenientemente adaptado, mediram-se o tempo, capacidade de absorção e o volume específico de produtos absorventes. Verificaram-se, entre outros, o efeito do envelhecimento acelerado dos finos e dos extrativos, em particular, em pastas CTMP.

Trabalho apresentado no 21.º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABCP, realizado em São Paulo, de 21 a 25 de novembro de 1988 e ganhador do Prêmio Torrington – Ingersoll-Rand Divisão Impco.

ABSTRACT

In the presente paper, techniques and procedures were revised for characterizing absorbent materials. For that purpose, the contact angles between liquid and fibers were determined. An instrument, recomended by SCAN C33-80, which has been adapted for the present study has been used for measurement of absorption time and capacity and specific volume of some absorbent products. Further, were investigated the accelerated aging effect, as well as that of fines and specific volume of some absorbents products.

1. Introdução

Nos últimos anos a indústria dos produtos higiênicos descartáveis passou por um crescimento acelerado. O consumo mundial atual estimado está em torno de 2.700 toneladas anuais e o projetado deve atingir cerca de 4,2 milhões de toneladas, até 1995. A maior parte (80 a 85%) destes produtos é feita de pasta sulfato branqueada de coníferas, com uma pequena proporção de pasta de folhosas (1). Atualmento, no exterior, há uma tendência crescente, para a utilização de pastas quimiotermomecânicas de coníferas, para a produção de pastas fofas (fluff pulp).

Dados encontrados na literatura estrangeira apontam para o mercado destas pastas o seguinte quadro:

produtos sanitários absorventes	38%
pasta fofa	28%
papelão (embalagem)	38%
papel para impressão	4%

O mercado de materiais absorventes (tissue e pasta fofa) está, sem dúvida, em franca expansão, já que aumenta, em média, na mesma proporção em que a população cresce.

O grau em que pastas CTMP possam substituir pastas químicas em produtos higiênicos é o seguinte (10):

Produto	Uso potencial para CTMP, %
pasta fofa	50 – 85
papel toalha	20 – 100
papel higiênico	40 – 50

No Brasil, as pastas fofas são produzidas quase que exclusivamente a base de pastas químicas. Com a perspectiva de instalação de novas unidades que operam segundo os processos de alto rendimento, afigura-se como promissora a utilização de pastas CTMP, usando-as como componente único ou em misturas com pasta química. Procura-se aproveitar ao máximo as propriedades de absorção, reservando as pastas químicas para o uso em camadas de cobertura em produtos sanitários ou em outros empregos onde se requer alta alvura, resistência e durabilidade.

2. Propriedades de absorção

Como propriedades mais importantes, os produtos higiênicos devem apresentar:

a) alta velocidade de absorção de líquido

b) grande capacidade para reter líquido

c) pouca sensibilidade com relação ao envelhecimento e tratamento térmico

Dois fatores que controlam estas propriedades:

1) o que está ligado à estrutura do material e,

2) o que depende das propriedades das fibras.

A estrutura do material é conseqüência do modo como se desagrega a pasta celulósica em fibras individuais (2). Por serem hidrofílicas, as fibras têm capacidade para reter certa quantidade de líquido. No entanto, a estrutura, a estabilidade e as propriedades superficiais do sistema de capilares interfibrilares exibidas pela pasta desagregada, são os principais responsáveis pela capacidade e velocidade de absorção (8).

Apesar de não serem independentes umas da outras, a velocidade de absorção é controlada pelo raio efetivo dos poros ou capilares, entre as fibras, e pelo ângulo de contato formado entre a superfície da fibra e o líquido. Já a capacidade de absorção depende do tipo de estrutura das fibras, principalmente, no que diz respeito ao volume dos vazios existentes no material.

2.1 Velocidade de absorção

A estrutura do material é altamente porosa e consiste, realmente em um sistema de capilares interligados, que diferem em forma e tamanho. A porosidade é função das dimensões das fibras individuais e da densidade do conjunto. A velocidade com a qual o líquido penetra nesta estrutura depende das forças de capilaridade e da viscosidade do líquido.

Para o estudo das propriedades deste tipo de material representa importância fundamental conhecer o fenômeno de capilaridade que ocorre na interface entre material e líquido, e que é o principal responsável pela absorção desse líquido.

Matematicamente este fenômeno obedece à equação de Lucas (2), que determina a velocidade de fluxo de um líquido em um capilar cilíndrico:

$$\frac{dh}{dh} = \frac{r\gamma \cos\varnothing}{4\eta h} - \frac{r^2 \rho g}{8\eta}$$ equação 1, onde:

h: altura atingida pela água

t: tempo

r: raio do capilar

γ: tensão superficial

$\varnothing$: ângulo de contato

ρ: densidade do líquido

g: aceleração da gravidade

η: viscosidade do líquido

Esta equação é válida somente para estágios intermediários de absorção, para capilares com raio menor que 125 μm, que inclui justamente todos os produtos comerciais.

Desta equação infere-se que a velocidade de absorção depende do raio efetivo do capilar bem como do ângulo de contato entre líquido e a parede do capilar.

Portanto, para um determinado líquido e uma determinada pasta, o ângulo de contato é constante e o raio do capilar pode ser representado como uma função da densidade da camada de pasta.

Da equação, se deriva que: para um determinado raio **r** do capilar, a velocidade de absorção, dh/dt, decresce quando aumenta a altura, **h**, do líquido. Já

o efeito de r sobre a absorção é menos simples. Pois, para o escoamento vertical do líquido com h constante, um incremento no valor de r representa também um aumento do efeito da gravidade.

No caso de escoamento horizontal, a contribuição da gravidade é nula, portanto, desaparece o segundo termo e a equação de Lucas passa à forma mais simples, equação de Lucas-Washburn, na qual a velocidade de fluxo é diretamente proporcional a r:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{r\gamma \cos\phi}{4\eta h} \quad \text{equação 2}$$

separando as variáveis

$$hdh = \frac{r\gamma}{4\eta} \cos\phi \, dt \quad \text{e integrando, resulta}$$

$$h = \sqrt{\frac{r\gamma \cos\phi}{2\eta} t} \quad \text{equação 3}$$

Portanto, a tangente da expressão h . $t^{1/2}$, fornece o valor do ângulo de contato, desde que se conheça o valor de raio do capilar, o qual pode ser determinado, experimentalmente.

Para determinar experimentalmente o raio do capilar, adiciona-se à água pequena quantidade de agente tensoativo, que efetua uma queda drástica da tensão superficial da solução fazendo coϕ aproximar-se ao valor "um". A quantidade necessária de agente tensoativo é relativamente pequena, de modo que a viscosidade da solução pode ser assumida, para todos os fins igual à da água (3).

$$\frac{dh}{dt} = \frac{r\gamma}{4\eta h}$$

O raio médio do capilar determina-se, então, a partir da equação de Lucas-Washburn da seguinte maneira:

Após traçar o gráfico da expressão h . $\sqrt{t}$, determina-se o coeficiente angular da reta (tg α):

$$tg\,\alpha = \sqrt{\frac{r\gamma}{2\eta}} \quad \text{e finalmente}$$

$$r = tg^2\alpha \frac{2\eta}{\gamma} \quad \text{equação 4}$$

Da equação 1, pode-se também inferir que o raio do capilar influencia a altura máxima atingida pelo líquido. Este valor máximo é alcançado quando dh/dt = 0, i . e, quando o líquido atinge o ponto de subida máxima.

Desta equação, infere-se que a altura máxima atingida é inversamente proporcional ao raio do capilar [h = f(1/r)], ou seja, quanto menor o raio do capilar, maior a elevação máxima atingida pelo líquido.

2.2. Capacidade de absorção

A quantidade de água que pode ser absorvida pela pasta fofa depende dos espaços vazios existentes no emaranhado das fibras (colchão) e da superfície específica do material fibroso.

Uma pasta apropriada ao fim proposto deve apresentar uma certa quantidade de fibras longas que permita auferir ao emaranhado uma rigidez satisfatória.

Por outro lado, a pasta deve ser bem desagregada e refinada a um certo grau, para se obter uma grande superfície específica, necessária para uma boa absorção (5).

Na tabela I, estão registrados alguns valores, extraídos da literatura, para as propriedades básicas de pastas fofas.

2.3. Desagregação da pasta em folha compacta

A pasta lignocelulósica da qual será obtida a pasta fofa geralmente é comercializada em folhas ou em blocos prensados.

Para ser considerada apropriada ao uso, a pasta deve ser facilmente desagregada em fibras individuais. Essa separação das fibras é efetuada com baixo consumo de energia e fornece, antes de tudo, um produto satisfatório, que é, praticamente, isento de pastilhas, sendo as fibras bem separadas e pouco danificadas (6).

A desagregação procede, geralmente, em moinhos de martelos, alimentados com o material seco ao ar.

3. Efeito dos extrativos

Os extrativos da pasta ou resinas, como são às vezes denominados, exercem um efeito bem conhecido na absorção. Segundo a literatura, a resina afeta mais a velocidade de absorção, do que a sua capacidade como ilustra a tabela II (7).

Para dh/dt = 0 obtém-se $\frac{r\gamma \cos\phi}{4\eta h_o} = \frac{r^2 \rho g}{8\eta}$, daí,

$$h_o = \frac{2\gamma \cos\varnothing}{r\rho g} \quad \text{equação 5}$$

Tabela I – Propriedades de algumas pastas celulósicas usadas para pasta fofa

Propriedade / Tipo de pasta	Alvura ISO, %	Volume Específico, cm^3/g seco	Volume Específico, cm^3/g úmido	Extrativos DCM, %	Absorção de Água: Capacidade (g/g) ñ env.	Capacidade (g/g) env.	(1) Tempo, s ñ env.	(1) Tempo, s env.	Classificação Bauer (mesh) >30	Classificação Bauer (mesh) <200	Ângulo de contato, graus	Raio do poro, cm	Referências
TMP branqueada	73-75	11	7-8	0,3-0,4	8	-	-	-	-	-	-	-	11
CTMP branqueada	75	17	9	0,2	9-10	-	7	-	-	-	-	-	11
Kraft branqueada	88-90	17-20	8-9	<0,1	9-10	-	5-7	-	-	-	-	-	11
CTMP (Scandinavia)	-	17-18	-	-	10,5-10,6	-	6-7	-	66-70	8-10	-	-	12
Mecânica	-	11-12	-	-	8	-	-	-	25-50	13-23	-	-	12
Kraft branqueada	-	17-20	-	-	9-10	-	5-7	-	54-74	3-5	-	-	12
Sulfito branqueada	88	23,5	9,2	-	11,8	-	6,4	9,5	-	-	-	-	13
Sulfato branqueada	88	24,0	9,5	-	12,5	-	5,2	6,0	-	-	-	-	13
TMP + sulfato branqueada	70	18,6	8,7	-	10,3	-	12,0	15,0	-	-	-	-	13
TMP não branqueada	64	19,1	8,4	-	10,0	-	117	200	-	-	-	-	13
TMP branqueada	70	20,7	8,6	-	10,3	-	12,0	14,6	-	-	-	-	13
Kraft branqueada (conífera)	-	-	-	0,05	13	-	2	-	-	-	42	0,008	7
Kraft branqueada (folhosa)	-	-	-	-	10	-	15	-	-	-	54	0,003	7
Mecânica (conífera)	-	-	-	1,0	12	-	90	-	-	-	68	0,004	7
CTMP branqueada	72	15,6	9,6	-	9,6	-	6,0	10,0	-	-	-	-	7
Tipo comercial-pasta fofa I	-	19,5	-	-	9,7	-	7,8	7,9	-	-	-	-	6
Tipo comercial-pasta fofa II	-	17,6	-	-	9,1	-	3,6	4,1	-	-	-	-	6
Tipo comercial-pasta fofa III	-	12,0	-	-	8,0	-	14,5	26,2	-	-	-	-	6

Notas (1) Método do "basket sink test"
DCM : diclorometano

Tabela II – Efeito da extração da resina sobre as propriedades da pasta fofa.

Pasta	Química antes da extração	Química depois extração	Mecânica antes da extração	Mecânica depois extração
Extrativos, %	0,2	0,03	2,9	0,3
Lignina, %	—	—	26,9	24,6
Tempo de imersão (sink time), s	3	2	90	5
Capac. absorção (g/g)	22	22,5	17	16,5
Ângulo de contato (em graus)	49	43	68	53

Do trabalho (7), duas pastas, uma química, outra mecânica, foram selecionadas e nelas foi mostrado o efeito de extrativos da pasta sobre a velocidade de absorção. As pastas foram submetidas à extração com acetona e secas a 105°C.

A pasta química proveniente de uma mistura de madeira de abeto e choupo (spruce e balsam), continha, desde o início, um baixo teor de extrativos, e apresentou, depois da eliminação de resina efetuada por extração com solvente, uma pequena diferença tanto nos resultados de capacidade de absorção como no tempo de imersão (sink time).

A pasta mecânica, que era proveniente de madeira de pinho, e, por isso, apresentou inicialmente um teor mais elevado de extrativos, mostrou uma queda drástica do tempo de imersão. Quanto à sua capacidade de absorção, não houve alteração.

Neste caso, a substancial diminuição do tempo de imersão observada parece ter sido devido à remoção de extrativos, sem que a pequena diminuição do teor de lignina afetasse apreciavelmente.

A figura 1, mostra o efeito da remoção progressiva da resina da pasta mecânica, e ilustra bem a relação entre extrativos e o tempo de imersão (7).

A ocorrência de resina na superfície das fibras deve ser atribuída à redeposição de resina sobre as fibras, malgrado tenha previamente solubilizada no licor (2).

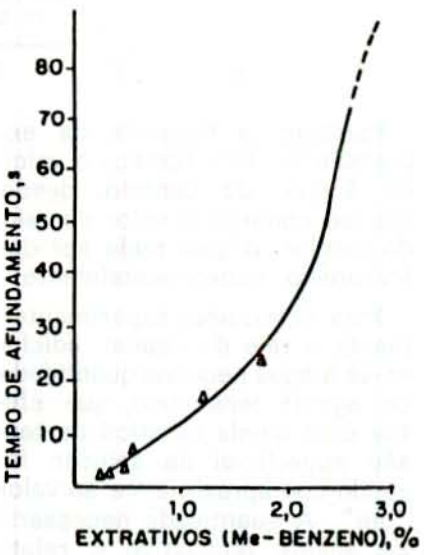

Fig. 1 – Efeito dos extrativos de uma pasta termomecânica sobre o tempo de absorção.

Conforme o teor, os extrativos exercem um efeito marcante sobre a tendência ao envelhecimento da pasta, fato que deve ser levado em conta, uma vez que os produtos sanitários são, às vezes, estocados durante longos períodos. Assim, deve-se fazer ensaios que simulem seu envelhecimento acelerado.

O método citado na norma SCAN, para verificar o envelhecimento acelerado consiste em manter a pasta fofa a 105°C, por 3 horas, usando uma estufa; após este tratamento, volta-se medir o tempo de absorção.

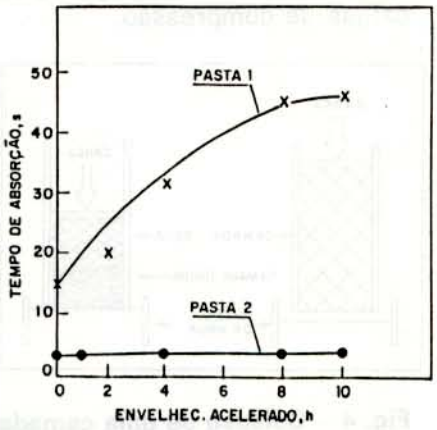

Fig. 2 – Efeito do envelhecimento acelerado de duas pastas (6).

A figura 2 mostra o grau de diferença entre os comportamentos de duas pastas diferentes. Os resultados, entretanto, devem ser interpretados com certa reserva, não sendo aplicável o método às pastas de bétula.

Os dados obtidos no ensaio de envelhecimento acelerado não permitem ser aplicados diretamente para se prever as propriedades da pasta fofa após seu envelhecimento natural. Porém, sabe-se que o envelhecimento acelerado de 3 horas é mais severo do que o efeito de estocagem durante um ano, na prateleira. As condições mais severas para o teste foram estabelecidas deliberadamente, entretanto, pode-se através dele, notar diferenças marcantes no comportamento de diferentes pastas, ao que se deve o seu uso no meio industrial. Têm-se, na figura 3, exemplos de curvas de envelhecimento natural de diferentes pastas.

Poderia se enumerar outras propriedades, mas as diferenças observadas são tão diminutas que deixam de ser significativas.

A tendência ao envelhecimento dessas pastas é atribuída às matérias extrativas: em termos gerais, quanto mais baixa a concentração de extrativos, menos sensíveis ao envelhecimento são as pastas. Para se demonstrar isso, compara-se a tendência ao envelhecimento de pastas que passaram por uma extração com solventes orgânicos, com aquelas que não o foram. Notou-se que pastas que foram extraídas com solvente não sofrem um envelhecimento acelerado ao tratamento com calor. Uma causa atribuída ao efeito de extrativos sobre o envelhecimento é que pode ocorrer o rearranjo estrutural dos componentes dos extrativos, entretanto, o que se observa é que quando as superfícies das fibras são cobertas com resina, o ângulo de contato aumenta, o que reduz a absorção.

Tabela III – Resinas na madeira

	% total de extrativos	
	Extração com metanol-benzeno	Extração com éter
Conífera	3,4	2,1
Folhosa	2,0	0,8

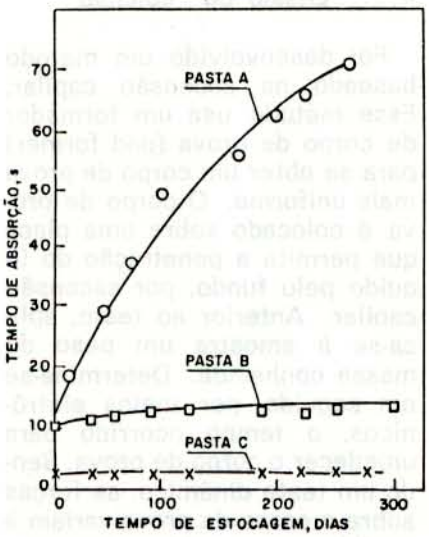

Fig. 3 – Tempo de absorção versus tempo de estocagem para três pastas. Os valores de tempo de absorção após envelhecimento acelerado a 105°C, por 3 horas, foram:

A: 1160s; B: 16s; C: 40s

Em qualquer discussão sobre extrativos deve ser lembrado que o teor de extrativos determinado depende do procedimento do ensaio e do solvente utilizado. Por exemplo, métodos que usam éter para a extração e dão um resultado mais baixo do que aqueles que usam metanol-benzeno. Isso está apresentado na tabela III, que também mostra o alto teor inicial de extrativos de coníferas em geral, comparado ao de folhosas.

Além da quantidade, o tipo de extrativo também exerce influência decisiva. Por exemplo, pastas mecânicas com teor de extrativos que excedam 1%, via de regra envelhecem menos que pastas de folhosas branqueadas cujo teor de extrativos é cerca de 0,5% (6).

Folhosas e coníferas diferem não somente no teor, mas também no tipo de extrativos (tabela IV). Uma diferença significativa entre os dois tipos é que quase metade da "resina", em coníferas consiste em ácidos resinosos, enquanto nas folhosas é ausente este tipo de ácido. Por outro lado, as folhosas contêm uma considerável porcentagem de ácidos graxos, ésteres e insaponificáveis. Os ácidos resinosos de coníferas, principalmente o abiético, formam sabões com sódio, que por sua vez são responsáveis pela formação de emulsão em água durante a polpação alcalina. Assim, aqueles que se encontram em canais resinosos são relativamente acessíveis aos reagentes químicos aplicados em cozimento e branqueamento, sendo mais facilmente removidos.

Os ácidos graxos e ésteres em folhosas podem ser saturados, insaturados ou poliinsaturados, como os óleos secantes. Os ésteres poliinsaturados criam problemas porque podem formar filmes cuja remoção é difícil. Esses ácidos e ésteres encontram-se, mormente quando em lugares menos acessíveis tais como células parenquimáticas radicais que ocorrem freqüentemente nos finos. Insaponificáveis não reagem com os reagentes químicos do cozimento alcalino e ocorrem também em células parenquimáticas relativamente inacessíveis. Apesar

das folhosas apresentarem um teor de extrativos menor em comparação ao das coníferas, os componentes destes extrativos criam dificuldades maiores, cuja prevenção e remoção são menos fáceis.

Tabela IV – Extrativos na madeira: composição em %

	TIPO		
	Ácidos resinosos	*Ácidos graxos e ésteres*	*Insaponificáveis*
Conífera	42	47	11
Folhosa	—	75	25
Natureza química	ácido abiético	saturado poliinsaturado insaturado	álcoois graxos etc.
Localização	canais de resina (acessível)	parênquima radial (menos acessível)	parênquima radial

4. Métodos para avaliar a absorção

4.1. Ensaio de "anfudamento do cesto"

Um dos primeiros ensaios para avaliar a absorção em pasta de madeira é conhecida sob a denominação de ensaio de "afundamento do cesto" (basket sink test). Ele consiste em distribuir de modo uniforme uma determinada quantidade de pasta em um cesto provido de finos e em determinar o tempo necessário para que o cesto fique completamente submerso ou vá ao fundo de um recipiente cheio d' água.

Este ensaio abriga certas dificuldades, tais como: assegurar a uniformidade de distribuição do material, que é feita manualmente, a quantidade infinita de líquido, disponível para o material e o contato com o líquido, que deve ser uniforme em todas as direções em relação ao material.

4.2. Ensaio de absorção em tubo

Outro teste é conhecido sob a denominação de ensaio de "absorção em tubo" (tube absorbency test). Este ensaio consiste em colocar 5g da pasta despastilhada em um cilindro oco de vidro. Afofa-se a pasta até que sua coluna atinja um comprimento de 125mm, o que corresponde a uma densidade de 50 kg/m³. O material é submerso sob carga hidrostática de 152mm e determinado o tempo necessário para umedecer a coluna. Esse teste prevê a absorção na direção vertical. A velocidade de absorção é influenciada: pelo tamanho do capilar, pela velocidade de difusão do líquido e pela resistência ao escoamento na zona saturada do material. Como no teste anterior, também aqui um dos maiores problemas é a dificuldade em se conseguir o material uniformemente compactado. O teste não simula as condições de uso, mas contribui para diferenciar pastas.

4.3. Ensaio de "colchão"

Foi desenvolvido um método baseado na ascensão capilar. Esse método usa um formador de corpo de prova (pad former) para se obter um corpo de prova mais uniforme. O corpo de prova é colocado sobre uma placa que permita a penetração do líquido pelo fundo, por ascensão capilar. Anterior ao teste, aplica-se à amostra um peso de massa conhecida. Determina-se em seguida, por meios eletrônicos, o tempo ocorrido para umedecer o corpo de prova. Sendo um teste dinâmico, as forças sobre o corpo de prova variam à medida que o teste prossegue.

O umedecimento inicial procede por ascensão capilar. Quando o material constituído por fibras secas, sob carga, é molhado, a estrutura molhada colapsa. Como resultado, o material seco restante deve suportar a carga total e pode sofrer colapso sob esforço. Isso diminui as dimensões do capilar do material seco e muda a velocidade de absorção, conforme esquematizado na figura 4.

Este ensaio simula de modo mais adequado o uso final do material pois os produtos, em sua maioria, antes, durante a após saturação ficam sujeitos às cargas de compressão.

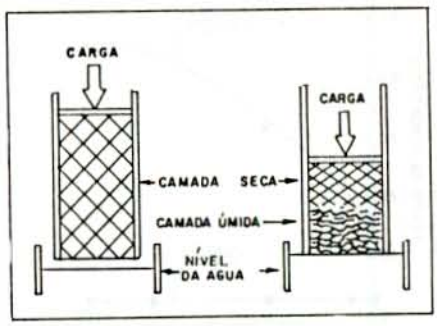

Fig. 4 – Colapso de uma camada de pasta fofa sob carga durante a saturação.

Empregando uma carga de compressão, o ensaio de absorção foi normalizado, em 1980, pelo comitê de testes da Suécia (Scandinavian Pulp, Paper and Board) e determina, além das propriedades de absorção, o volume específico do material.

4.4. Determinação do ângulo de contato

Qualquer estrutura capilar, que permita a penetração da água, pode ser usada para medida do ângulo de contato.

A aplicação da equação de Lucas requer capilares pequenos $r < 125\mu m$ e, por isso prefere-se usar folhas manuais para esta determinação com as seguintes vantagens:

- facilidade de formar folhas manuais
- raios capilares pequenos ($<10\ \mu m$) (o que permite aplicar a equação de Lucas)
- facilidade maior em se medir o ponto de ascensão da água, em preferência a outros tipos de material.

O método da capilaridade é usado para determinar a relação

entre a distância da ascensão d'água e o tempo percorrido para chegar ao ponto mais alto. A adaptação, feita neste método, consiste, apenas, em variar o tempo e medir as correspondentes alturas atingidas pelo nível da água.

5. Materiais e métodos

5.1. Materiais

No presente estudo ensaiaram-se os seguintes tipos de pasta:

a) pasta mecânica, branqueada e não branqueada
b) pasta termomecânica, branqueada e não branqueada
c) pasta termomecânica não refinada
d) pasta quimiotermomecânica, branqueada e não branqueada
e) linter de algodão
f) pasta kraft branqueada de pinho
g) pasta kraft branqueada e eucalipto
h) pasta fofa para fralda descartável, obtida de produto comercial
i) pasta fofa de absorvente higiênico, obtida de produto comercial

5.2. Método

Todas as pastas foram previamente aclimatadas em câmara, à umidade e temperatura constantes u = (65 ± 2,0) % e t = (20 ± 1) °C. Estas pastas foram ensaiadas após serem submetidas ao tratamento térmico em estufa, a 105°C e durante 3 horas, para conhecer a influência de envelhecimento acelerado sobre as propriedades de absorção, seguindo o método SCAN-C 30:78.

Com a pasta quimiotermomecânica (CTMP) fizeram-se outros ensaios, com o objetivo de se investigar a influência da remoção dos extrativos e dos finos sobre o envelhecimento acelerado. Para tanto, extraiu-se o material como etanol/toluol na proporção (2:1) e removeram-se finos (< 50 mesh) classificando-o pelo equipamento Bauer McNett.

Estes ensaios visaram verificar a viabilidade de se utilizar a CTMP para a produção de pastas fofas, já que existe universalmente a tendência de sua aplicação para este fim.

5.2.1. Determinação do ângulo de contato fibra/água

5.2.1.1. Ensaio de capilaridade

O método de determinação do ângulo de contato entre fibra e água consiste em examinar, com base em experimentos, o relacionamento entre altura do nível e o tempo necessário (h . t).

Para esse fim preparam-se folhas manuais de acordo com a norma TAPPI T205, tendo uma gramatura constante com o valor de 120 g/m². Essas folhas foram cortadas em tiras com espessura determinada. Aí tiras foram utilizadas para se construir a curva de capilaridade.

5.2.1.2. Raio do capilar

Para se determinar o raio médio do capilar, usou-se como tensoativo o detergente comercial ODD, numa concentração de 0,3% em relação à água. Esta concentração é suficientemente baixa de sorte que a viscosidade do líquido pôde ser considerada praticamente igual à da água.

5.2.1.3. Tensão superficial da água e da solução aquosa com surfactante

A tensão superficial foi determinada pelo método da massa da gota e aplicando a fórmula:

$$\gamma = \frac{mg}{2\pi rf}$$

onde:

m = massa da gota, g
g = aceleração da gravidade, g/cm²
r = raio da gota, cm
f = constante empírica

Os valores encontrados, foram:

$\gamma_{água}$ = 74,8 dina/cm a 20°C
$\gamma_{solução}$ = 36,1 dina/cm a 20°C

5.2.2. Envelhecimento acelerado

A influência do envelhecimento acelerado sobre as propriedades de absorção foi estudada usando-se o método adotado pela SCAN, ou seja, de tratamento térmico por 3 horas a 105°C.

5.2.3. Determinação da capacidade e do tempo de absorção

Para este propósito, o CTCP desenvolveu um equipamento, que se baseia na norma SCAN C33.80 e que permite a determinação da capacidade de absorção, do volume específico e do tempo para pastas fofas.

O protótipo, conforme esquematizado na figura 5, consiste basicamente nas seguintes partes:

1) recipiente (reservatório) para água.

2) prato perfurado para suporte do corpo de prova, provido de sistema elétrico para detectar o ponto inicial do contato com água.

3) peso de 500g, provido de sistema elétrico para detectar o ponto final do contato com água (corpo de prova totalmente encharcado).

4) dispositivo eletrônico que indica, através de sinais (luz amarela, verde e vermelha) o início e o fim do ensaio.

5) cronômetro: para medição do tempo de absorção.

Para desagregar os materiais em fibras individuais e conseqüentemente, formar a pasta fofa, utilizou-se um liquidificador com lâmina sem corte.

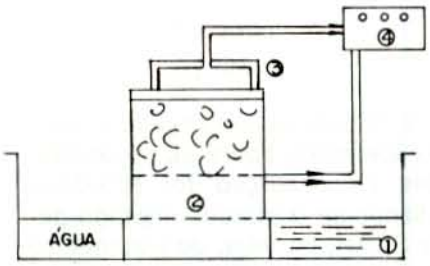

Fig. 5 – Dispositivo para determinação do tempo e da capacidade de absorção.

A massa aplicada para cada corpo de prova foi de 3,00g.

As determinações efetuadas consistiram em:

w: massa do corpo de prova seco, em g

h: altura, em mm, do corpo de prova, quando submetido à carga de 500g

b: massa do corpo de prova úmido, em g

t: tempo de absorção, em s

O cálculo da capacidade de absorção (y) usa a seguinte fórmula:

$$y = (b - w)/w$$

O volume específico (x) é calculado segundo a fórmula:

$$x = \frac{A.h}{10w}, \text{ onde}$$

A é a secção transversal do corpo de prova, em cm^2 ($A = 19{,}64\ cm^2$).

6. Resultados

Os resultados do valor do ângulo de contato das diversas pastas, originais e envelhecidas estão na tabela V.

As características de absorção estão registradas na tabela VI e os valores referentes à pasta CTMP estão na tabela VII, a qual mostra a influência dos extrativos e da quantidade de finos da pasta sobre as características de absorção.

Tabela V – Efeito do envelhecimento no ângulo de contato das pastas celulósicas

	ϕ, em graus	$\varnothing_1$, em graus
Pasta mecânica branqueada	70,1	74
Pasta termomecânica não branqueada	74,8	89,5
Pasta termomecânica branqueada	67	72
Pasta termomecânica sem refinação	69,1	71
Linter de algodão	51,2	52
Pasta kraft branqueada de pinus	53,4	55,4
Pasta kraft branqueada de eucalipto	60,5	63,1
Produto comercial – fralda	47,6	52,3
Produto comercial – absorvente higiênico	54,5	56
Pasta quimiotermomecânica não branqueada	67	75
Pasta quimiotermomecânica branqueada	66	72
Pasta quimiotermomecânica branqueada e sem finos ($\varnothing > 50$ mesh)	61,1	69,4
Pasta quimiotermomecânica não branqueada sem finos e sem extrativos	57,6	61,3

$\varnothing$: ângulo de contato, em graus
$\varnothing_1$: após envelhecimento, em graus

7. Conclusões

Os principais dados e conclusões a que se chegou com a realização deste trabalho foram os seguintes:

1) Desenvolvimento e adaptação de métodos e equipamentos, visando a avaliação de pastas celulósicas para fins absorventes.
Conforme exposto, foi desenvolvido um equipamento para a medição da capacidade de absorção de pastas baseado no método recomendado da SCAN. O equipamento forneceu resultados reproduzíveis para os materiais estudados.
Foi, também, adaptado o método da capilaridade para se determinar o ângulo de contato fibra/água.

2) Caracterização de pastas celulósicas e produtos absorventes. Os parâmetros empregados para caracterizar os materiais e servir para compará-los foram:
   - ângulo de contato fibra/água
   - capacidade de absorção
   - volume específico
   - tempo de absorção

a) Pasta mecânica: apresentou resultados satisfatórios apenas à capacidade de absorção. O volume específico foi baixo e o tempo de absorção foi muito longo, em virtude da dificuldade do material a ser umedecido, fato evidenciado pelo elevado valor do ângulo de contato (70°). Além disso, o material, após envelhecimento artificial, apresentou um ângulo de contato mais elevado, tempo longo de absorção, indicando um decréscimo acentuado nas propriedades de absorção.

b) Pasta termomecânica: os resultados também não foram satisfatórios. Apesar de apresentarem valores de volume específico e capacidade de absorção similares aos de produtos comerciais, o tempo de absorção das diversas pastas foi muito longo. Este efeito ficou ainda mais acen-

Tabela VI – Características de absorção das pastas

Material	Tempo de absorção (s)	Capacidade de absorção (g/g)	Volume específico (cm^3/g)
Pasta mecânica branqueada	37,8	8,55	13,1
após envelhecimento	100	9,70	15,5
Pasta mecânica não branqueada	70	9,00	12,0
após envelhecimento	165	8,10	12,4
Pasta termomecânica não branqueada	71,7	11,6	17,8
após envelhecimento	130	11,0	17,2
Pasta termomecânica branqueada	20,7	9,68	16,2
após envelhecimento	60,1	10,3	15,7
Pasta termomecânica sem refino	50,5	12,2	19,2
após envelhecimento	82,0	12,4	18,3
Pasta quimiotermomecânica não branqueada	70,0	13,2	25,5
após envelhecimento	170	13,6	26,0
Pasta quimiotermomecânica branqueada	19,6	10,9	18,6
após envelhecimento	59,0	10,9	16,4
Linter	6,00	13,2	26,3
após envelhecimento	6,50	13,3	26,0
Pasta kraft branqueada de pinus	4,00	12,4	24,2
após envelhecimento	7,10	12,8	25,5
Pasta kraft branqueada de eucalipto	15,0	10,5	20,8
após envelhecimento	27,1	12,2	22,0
Produto comercial – fralda descartável	5,70	10,8	19,4
após envelhecimento	6,40	11,2	20,3
Produto comercial – absorvente higiênico	5,00	11,5	25,3
após envelhecimento	5,5	11,5	26,0

Tabela VII – Influência dos extrativos e finos sobre as propriedades de absorção de pasta quimiotermomecânica branqueada

	Tempo de absorção (s)	Capacidade de absorção (g/g)	Volume específico (cm^3/g)
Material original	19,6	10,9	17,6
após envelhecimento	59,0	10,9	16,4
Material após remoção de finos (finos < 50 mesh)	26,2	13,8	23,7
após envelhecimento	51,2	13,6	22,6
Material após remoção de finos e de extrativos	10,6	13,3	22,3
após envelhecimento	12,0	13,0	22,9

tuado pelo envelhecimento.

c) Linter: este material apresentou resultados inteiramente satisfatórios, quando comparado com produtos comerciais, o que já era esperado, em vista de suas propriedades, entre as quais, fibra longa, ausência de extrativos.

d) Pasta kraft branqueada de eucalipto: apresentou valores de capacidade de absorção e volume específico selhantes aos de produtos comerciais: no entanto, o material é suscetível ao envelhecimento, o que leva a um aumento do tempo de absorção e do ângulo de contato. Apesar do material apresentar teor, relativamente baixo, em extrativos (material branqueado), a ação do envelhecimento é mais severa neste material do que na pasta de pinho.

e) Pasta kraft branqueada de pinho: este material apresentou características semelhantes às dos produtos comerciais, apenas com um ligeiro decréscimo do tempo de absorção, quando o mesmo é submetido ao envelhecimento.

f) Pasta quimiotermomecânica: a capacidade de absorção e o volume específico destas pastas estão dentro da faixa dos produtos comerciais; seu volume específico é até mais elevado. Quanto ao tempo de absorção e ângulo de contato, nota-se que ao se remover finos e extrativos, as características de absorção melhoram sensivelmente, ao ponto de tornar estas pastas adequadas à produção de material absorvente. Com a remoção dos finos o volume específico aumentou em cerca de 30%. A capacidade de absorção destas pastas, cerca de 13 g/g é ligeiramente superior à capacidade dos produtos comerciais estudados, que foi de 10,8 a 11,5 g/g. com a remoção dos extrativos, melhora sensivelmente o tempo de absorção, que era de 59s para a pasta original, após envelhecida passou para 12s. A melhora desta propriedade, também pode ser observada analisando a diminuição do ângulo de contato, o que evidencia maior facilidade em relação ao umedecimento da pasta. Apesar do valor deste tempo (12s) ser superior ao encontrado para os produtos comerciais (5 a 6,4s) a sua diminuição foi significativa (de 59 para 12s), o que pode justificar um estudo mais profundo na linha deste trabalho.

8. Referências bibliográficas

01. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The outlook for pulp and paper to 1995.** Rome, 1986. 77p.

02. Aberson, G.M. The water absorbency of pads of dry, unbonded fibers. In: PAGE, D.H., ed. **The physics and chemistry of wood pulp fibers. New York,** TAPPI/IPC, 1970. p. 282-307. (STAP, 8).

03. Martinis, S. et alii Absorption of liquids by dry fiber networks. In: 1981 Annual Meeting, Chicago. **Proceding** Atlanta, TAPPI, 1981. p. 133-40.

04. Young, R.A. Wettability of wood pulp fibers. **Wood and Fibers, 8**(2): 120-28, 1976.

05. Kolmodin, H. Thermomechanical pulp for dry formed disposable products. **Tappi, 62**(12): 91-4, Dec. 1979.

06. Söderhyelm, L. & Nordfeldt, J. Evaluation of fluff pulp quality. **Paperi Ja Puu, 82** (11): 710-21, Aug. 1981.

07. Field, J.H. Pulp parameters affecting product performance. In: 1981 Annual Meeting, Chicago. **Proceding** Atlanta, TAPPI, 1981. p. 125-31.

08. Parham, R.A. & Hergert, H.L. Fluff pulp: a review of its development and current technology. **Pulp & Paper, 54**(3): 110-21, Mar. 1980.

09. Ctmp: the pulp of the future? Expanding use of this new pulp proves exciting. **PaperAge, 21**(4): 54 e 61, Apr. 1985.

10. Ctmp: the pulp of the future. **Sunds Defibrator News,** (1): 7-8, 1985.

11. Jackson, M. & Akerlund, G. Chemithermomechanical pulp production and end uses in Scandinavia. **Tappi J., 68**(2): 64-8, Feb. 1985.

12. Swan, B. & Otto, T. Billerud's experiences of CTMP in liquid packaging board and fluff pulp. In: International Mechanical Pulping Conference, Stochholm, 1985. **Proceeding** Stockholm, SPCI, 1985. p. 215-20.

13. Disposable diapers spur demand for TMP. **PPI, 21** (4): 63-6, Apr. 1979.