

## viscosidade de uma pasta celulósica e a resistência do papel formado

Maria Luiza Otero D'Almeida\*  
Centro Técnico em Celulose e  
Papel do Instituto de Pesquisas  
Tecnológicas do Estado de São  
Paulo S.A.



### SINOPSE

Este artigo visa verificar a relação existente entre a viscosidade de uma pasta e a resistência do papel formado com esta pasta, com a finalidade de conferir se os valores de viscosidade podem ser usados para deduzir sobre a eventual resistência de um papel.

### 1. Introdução

A resistência física de uma folha, composta somente por pasta celulósica, depende basicamente da resistência da fibra de celulose, do entrelaçamento entre as fibras, do número de ligações fibra-fibra e do comprimento da fibra.

(\*) Coordenadora do estudo feito com a participação de S.L.B. Barroti, G.S.S. Kuan, O.F. Silva, R.M. Danilas, J.A.C. Sodré.

A fibra de celulose é constituída por um número muito grande de moléculas de celulose (polímeros lineares de unidades de  $\beta$ -D glicose) que formam um arranjo no qual se distinguem zonas ordenadas (regiões cristalinas) e zonas desordenadas (regiões amorfas). A resistência física da fibra de celulose depende tanto da proporção em que os dois tipos de zonas estão presentes, assim como, do grau médio de polimerização das moléculas de celulose.

Quando se fala em degradação da celulose quer se referir a fragmentação da cadeia molecular da celulose. Este fato apresenta, como consequência, a diminuição do grau médio de polimerização das moléculas de celulose na fibra, e, dependendo da intensidade da degradação, uma menor ou maior queda da resistência física desta fibra.

O valor da viscosidade de uma pasta celulósica é uma medida indireta do grau de polimerização médio das moléculas de celulose, que constituem as fibras desta pasta. Deste modo a viscosidade é também um indicativo da resistência das fibras da pasta.

Cabe lembrar que falar da "viscosidade de uma pasta celulósica" pode ser um modo pouco preciso de expressão, pois não se trata da viscosidade da pasta, mas da viscosidade de uma solução na qual a pasta está presente como soluto, sendo o efeito que este exerce sobre a solução dependente de sua concentração e da natureza do solvente. Esta expressão, entretanto, é tão difundida que aqueles que a usam sabem, essencialmente, seu significado. Deste modo, sendo a viscosidade uma propriedade de uma solução que depende da massa molecular e do número de mo-

lécúlas presentes como soluto é possível, pela seleção de variáveis adequadas (método de determinação normalizado) reduzir os resultados da viscosidade a uma forma que expresse implicitamente a massa molecular média e, conseqüentemente, o grau médio de polimerização que deve ser atribuído ao soluto sob experimentação.

O presente estudo teve como objetivo verificar a relação existente entre a viscosidade de uma pasta e a resistência do papel formado com esta pasta, a fim de conferir se valores de viscosidade podem ser usados para deduzir sobre a eventual resistência de um papel.

## 2. Metodologia

Para este estudo foi usada uma pasta celulósica sulfato branqueada de eucalipto.

A celulose desta pasta foi degradada pelo tratamento com solução de hipoclorito, nas condições especificadas na Tabela 1, a fim de se obter cinco pastas com valores de viscosidade dentro das faixas desejadas.

No tratamento com hipoclorito, a celulose sofre uma oxidação seguida de degradação hidrolítica. A oxidação ocorre nas hidroxilas dos carbonos C<sub>2</sub> ou C<sub>3</sub> da molécula de celulose, formando grupos carbo-

Tabela 1. Condições empregadas para a degradação da pasta celulósica original (0)

Condição	Consistência (a) %	temperatura °C	tempo min.	cloro ativo (b) %
I	6	50	30	0,2
II	6	60	20	0,5
III	6	60	30	0,5
IV	6	60	30	3,5
V	6	60	30	11

$$(a) \text{ Consistência, em \%} = \frac{\text{massa seca da pasta celulósica}}{\text{massa seca da pasta celulósica} + \text{massa da solução de hipoclorito}} \times 100$$

$$(b) \text{ Cloro ativo, (em C1)} = \frac{\text{massa de cloro ativo presente no hipoclorito aplicado}}{\text{massa seca da pasta celulósica}} \times 100$$

nilas, que levam a clivagem da ligação C<sub>1</sub> e C<sub>4</sub> do polímero, como ilustra a Figura 1.

Nas pastas celulósicas obtidas sob as várias condições de tratamento, determinaram-se a viscosidade dinâmica, segundo norma ABCP-C9/78 e a viscosidade intrínseca, segundo norma SCAN C15/62. Para cada pasta, foram traçadas duas curvas de refinação,

cada com quatro pontos, usando numa os valores obtidos pelo moinho Jokro (norma ISO 5264/III) e na outra os valores obtidos pelo moinho PFI (norma ISO 5264/2), sendo o valor de resistência à drenagem (Grau Schopper Riegler) determinado segundo a norma ABCP-C10/73.

Do material obtido em cada ponto da curva de refinação, pre-

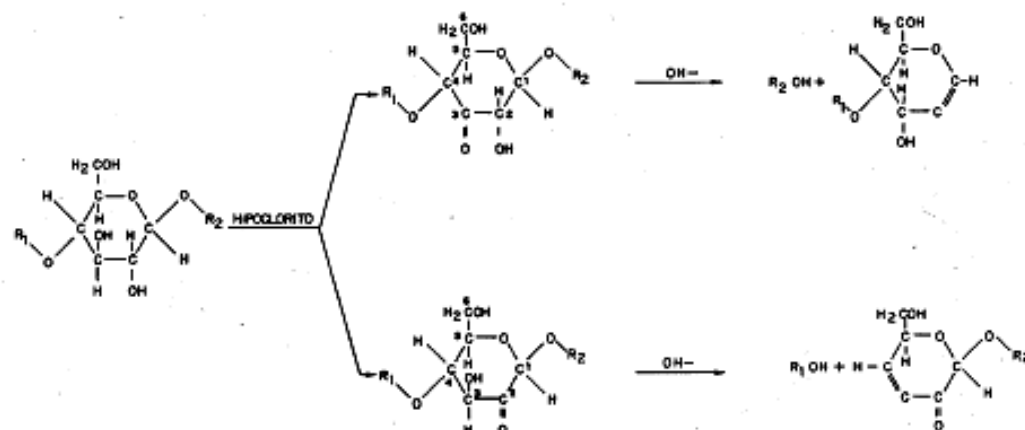


FIGURA 1

ATAQUE DO HIPOCLORITO NO POLÍMERO DE CELULOSE  
REF. OTT, F. ET ALII. CELLULOSE AND CELLULOSE DERIVATIVES NEW YORK,  
INTERSCIENCE, 1954, PARTE I, PÁG. 99.

pararam-se folhas manuais de 60 g/m<sup>2</sup>, em formador de folhas do tipo Rapid Köthen, conforme instrução da norma ISO 5269/2. Estas folhas foram pré-condicionadas à umidade relativa de (25±5) % sendo em seguida, os corpos de prova condicionados e ensaiados a umidade relativa de (65±2) % e à temperatura de (20±1)°C. As características: gramatura, espessura, volume específico, índice de tração, índice de rasgo e índice de arrebentamento, foram avaliadas segundo a norma ISO 5270/1979 e comprimento de auto-ruptura — zero-span — determinado segundo a norma ABCP C 11/78.

Para cada pasta, foi traçada uma curva que relacionava o valor obtido no ensaio físico com a resistência à drenagem, tanto para o moinho Jokro como para o PFI. Finalmente, por interpolação, foi obtido o valor de cada ensaio realizado, para um nível de resistência à drenagem de 45°SR.

### 3. Resultados

A Tabela 2 mostra os valores de viscosidade que correspondem aos diversos graus de tratamento para degradar a pasta celulósica original (0).

A Tabela 3 mostra, para cada pasta, os valores obtidos nos ensaios, para o nível de resistência à drenagem de 45°SR, quando se usa o moinho Jokro e PFI. Para melhor visualizar estes dados, construíram-se gráficos das propriedades físicas em função da viscosidade (vide Figuras 3 a 8).

Os gráficos foram traçados diretamente pelos pontos experimen-

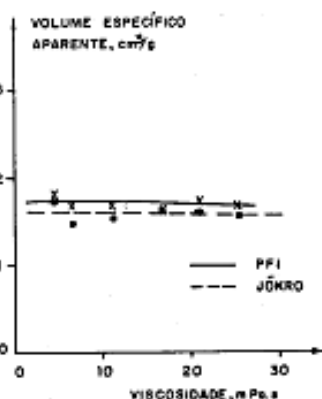


FIGURA 3

tais, dado o número insuficiente de pontos amostrados para um ajuste estatístico.

Tabela 2. Viscosidades das pastas

PASTA CELULÓSICA	VISCOSIDADE	
	mPa.s	mL/g
0	25,7	1068
I	21,1	928
II	16,5	839
III	11,0	682
IV	6,45	491
V	3,94	333

### 4. Conclusões

A resistência física de uma folha formada somente por pasta celulósica depende: do tipo de refinador empregado e da resistência da fibra de celulose (diretamente relacionada com a viscosidade da pasta).

Examinando-se os gráficos constantes nas Figuras 3 a 8, nota-se

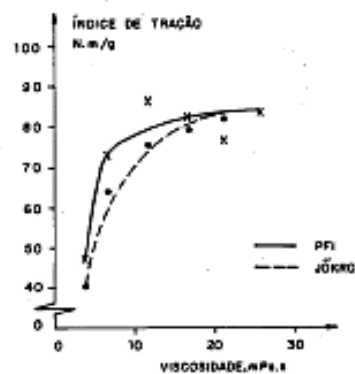


FIGURA 4

a influência do tipo de refinador. Para o moinho PFI encontramos, para os testes efetuados, valores relativamente maiores do que para o moinho Jokro. Isso atribui-se ao fato que o primeiro hidrata mais e corta menos a fibra do que o segundo.

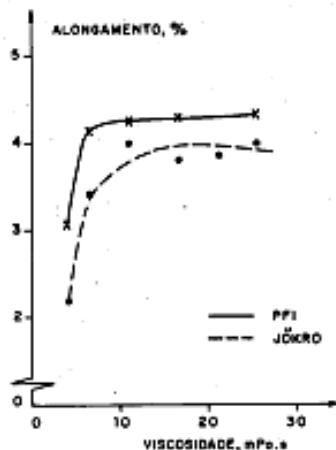


FIGURA 5

Tabela 3. Valores obtidos nos ensaios físicos, para a resistência a drenagem de 45°SR

Pasta	Viscosidade mPa.s	Volume específico aparente cm <sup>3</sup> /g		Índice de tração N.m/g		Alongamento %		Índice de rasgo mN.m <sup>2</sup> /g		Índice de arrebentamento kPa.m <sup>2</sup> /g		Comprimento de auto-ruptura "Zero-Span" m	
		Jokro	PFI	Jokro	PFI	Jokro	PFI	Jokro	PFI	Jokro	PFI	Jokro	PFI
		0	25,7	1,60	1,70	85,0	84,0	4,00	4,30	12,2	13,6	5,65	5,50
I	21,1	1,60	1,75	83,0	77,5	3,85	-	12,3	-	5,30	5,60	10950	18000
II	16,5	1,65	1,70	80,0	83,0	3,80	4,30	10,3	12,7	5,80	5,50	11050	10900
III	11,0	1,55	1,70	75,0	86,0	3,95	4,25	9,9	10,6	5,20	5,45	9600	-
IV	6,45	1,60	1,70	64,0	73,0	3,40	4,15	6,4	9,7	4,10	5,15	9400	9250
V	3,94	1,75	1,80	40,0	47,0	2,20	3,05	3,3	4,9	1,55	2,55	3405	5800

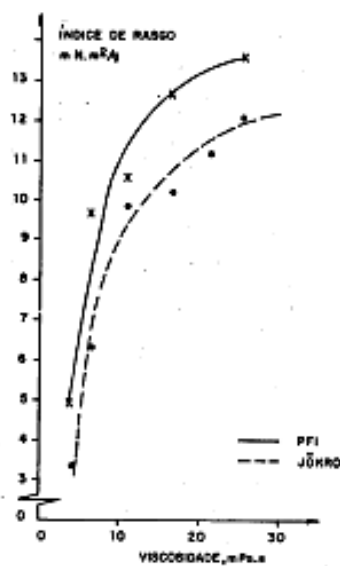


FIGURA 6

Com relação à resistência da fibra, a comparação das Figuras 3 a 8, revela que nas propriedades que dependem mais do entrelaçamento e ligações entre as fibras, do que das suas características próprias, como é o caso do arrebentamento, alongamento e tração, a diminuição da viscosidade da pasta celulósica não é acompanhada de uma diminuição significativa dessas propriedades, a não ser para valores baixos de viscosidade (ao redor de 7,5 mPa.s).

No caso do rasgo e zero-span, onde a resistência da fibra é importante, nota-se que qualquer diminuição da viscosidade influi significativamente. Portanto, para papéis onde estas características são mais relevantes a faixa de variação da viscosidade deve ser pequena.

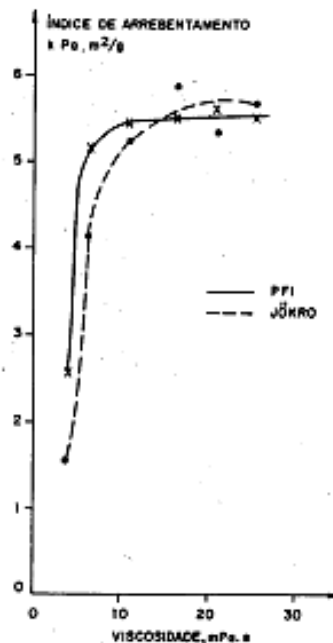


FIGURA 7

A diminuição da viscosidade da pasta acarreta um ligeiro aumento do volume específico da folha formada.

A determinação da viscosidade constitui assim, um método rápido para deduzir do seu valor uma informação sobre a eventual resistência de um papel a ser formado, embora seja um critério de validade não universal. Uma indústria ou entidade pode, com seus equipamentos de laboratório de refinação, construir curvas similares às representadas pelas Figuras de 3 a 8, curvas estas que, para seus casos específicos, permitirão avaliar sobre a resistência de um papel a ser formado a partir dos valores de viscosidade das pastas.

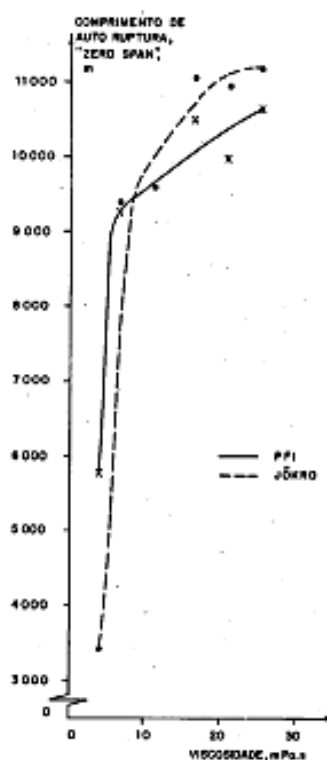


FIGURA 8

##### 5. Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela ajuda de custo para realização de parte deste trabalho.

Aos técnicos, A. P. Amaral, N.S. Dzedzej, J.A. Cruz, A.S. Lima, A.S. Filho, A.R.M. Simões, e D.K. Saganuma, do Centro Técnico em Celulose e Papel, pela execução da parte laboratorial.

