

Análise técnica da seção de secagem

MFN -0283

N CHAMADA:

TITULO: Análise técnica da seção de secagem

AUTOR(ES): BRESSANI, M.E.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 04.2. fabricação de papel: processo e equipamentos

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual de Celulose e Papel, 24

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 25-29.11.1991

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1991, ABTCP

PAG/VOLUME: p.667-684,

FONTE: Congresso Anual de Celulose e Papel, 24, 1991, São Paulo, p.667-684

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: secagem do papel, análise de custos, sifão
estacionário, sifão rotativo, transmissão de calor

RESUMO: As máquinas para produção de papel estão se tornando cada vez mais eficientes, seja no aspecto mecânico ou energético. São construídas para as mais altas possibilidades de produção e eficiência. Como os investimentos para torná-las mais largas são extremamente elevados, se procura atingir o aumento de produtividade através do incremento de sua velocidade, o que, conforme veremos neste trabalho, afeta o rendimento energético da seção de secagem. Dentro dos tópicos abordados neste trabalho serão apresentadas as variáveis que definem o processo, de que maneira o processo responde às suas variáveis e, se possível estabelecer faixas ou níveis satisfatórios de geração

ANÁLISE TÉCNICA DA SEÇÃO DE SECAGEM

MARCOS EMÍDIO BRESSANI

Albany International Feltros e Telas Industriais Ltda. - Indaial - Brasil

As máquinas para produção de papel estão se tornando cada vez mais eficientes, seja no aspecto mecânico ou energético. São construídas para as mais altas possibilidades de produção e eficiência. Como os investimentos para torná-las mais largas são extremamente elevados, se procura atingir o aumento de produtividade através do incremento de sua velocidade, o que, conforme veremos neste capítulo, afeta o rendimento energético da seção de secagem.

Desconsiderando os custos de instalação e analisando apenas o aspecto operacional, sabemos que a seção de secagem representa praticamente 50% do custo total para desaguamento da folha, conforme mostra a **Figura nº 1**.

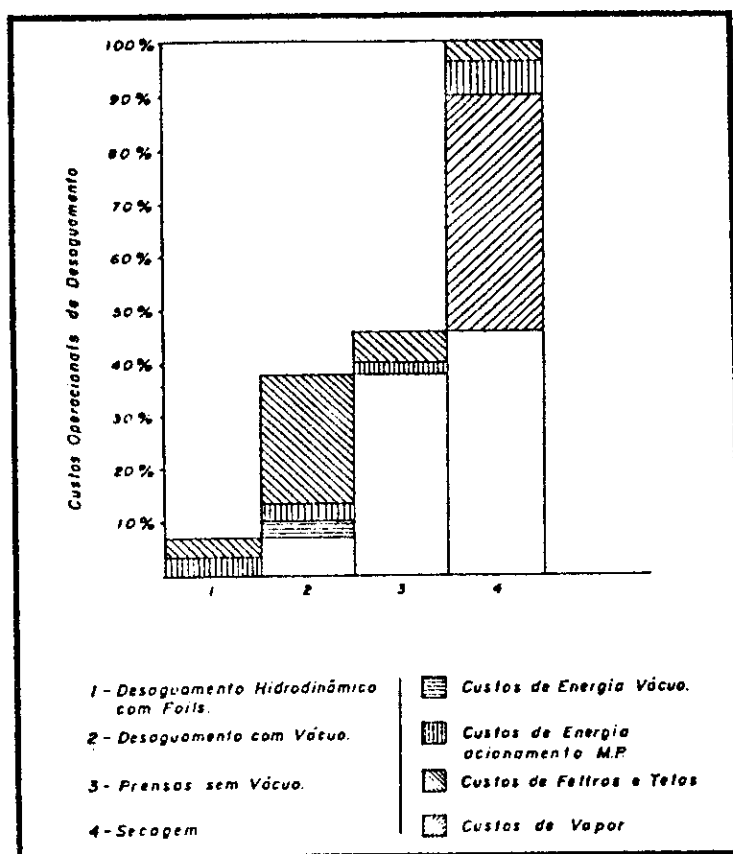


Fig. 1

Este quadro fica mais crítico se observarmos que nas duas últimas décadas, após a crise energética de 1970 (com a alta nos preços do petróleo), os custos para remoção de água na secagem chegaram a atingir picos 20 vezes maiores, quando comparados aos custos de remoção na prensagem.

Fica evidente, portanto, a necessidade de se procurar estabelecer parâmetros de processo, que nos permitam controlar e melhorar a eficiência do mesmo. São inúmeros os itens que influem no processo de secagem e não são extamente controlados neste setor, tais como refinação, pH, teor de cinzas, aditivos, etc., que estão vinculados a processos anteriores e não serão considerados.

Os principais itens, ou que maior influência têm na secagem, poderiam ser resumidos em:

1. Fonte de energia; alimentação de vapor ao setor de secagem.
2. Transferência dessa energia à folha de papel e consequente evaporação.
3. Remoção da massa úmida nas imediações da folha ou condicionamento ambiental.

Dentro destes tópicos procuraremos abordar as variáveis que definem o processo, de que maneira o processo responde às suas variações e, se possível, estabelecer faixas ou níveis satisfatórios de operação. Evidentemente, como a secagem é um processo dinamicamente estável, as diversas variáveis interagem, de maneira que algumas alterações provocam reações de outras variáveis e todo o processo se estabiliza num outro ponto de equilíbrio.

Apenas para facilitar o raciocínio, ao estudarmos separadamente as variáveis, não consideraremos o aspecto influência e reação em todo o processo.

1. FORNECIMENTO DE ENERGIA

É primordial que o sistema de secagem seja alimentado com vapor de boa qualidade, ou seja, baixo nível de gases incondensáveis, condensado livre de partícula metálicas e, principalmente, que não tenha título inferior a 1,0. Apenas para lembrar, "título do vapor" é a relação entre sua massa e a massa total da mistura (vapor + condensado), ou seja

$$x = \frac{m_v}{m_L + m_v}$$

Dessa forma estaremos garantindo que toda a energia armazenada no vapor será utilizada no processo de secagem. No diagrama simplificado (Fig. 2) ilustramos como variam as propriedades do vapor.

O processo que deve ocorrer no interior do cilindro secador é o indicado pela linha em negrito a uma pressão constante, em que o vapor saturado (ponto 2) se transforma em condensado (ponto 1), liberando toda a energia armazenada pela variação de entalpia ($h_2 > h_1$) a uma temperatura constante (processo isotérmico).

Portanto, caso parte deste processo ocorra antes do vapor atingir o interior do cilindro secador, estaremos perdendo rendimento, pois a massa a ser manejada é a mesma, porém a energia disponível é menor e prontamente o sistema solicitará maior massa para corrigir a deficiência energética.

Na prática isto ocorre em instalações onde as reduções de pressão nas linhas de alimentação são muito distantes do ponto de utilização do vapor, isolamente térmico deficiente, ou utilização imprópria de dessuperaquecedores. Neste último caso, quando se utiliza linhas de alta pressão (12 bar) para alimentação direta de grupos de vapor de média pressão (3 bar) através de válvula redutora há o superaquecimento do vapor, ou seja, para uma pressão inferior (4 bar) a temperatura do vapor fica muito acima

de sua temperatura de condensação e a variação de entalpia é insignificante neste trecho, além do que prejudica o rendimento volumétrico do sistema, uma vez que há um acréscimo considerável em seu volume. Por isso se utiliza o dessuperaquecedor, que nada mais é do que um ejetor de condensado que deve controlar a temperatura do vapor alguns graus acima da temperatura de saturação. Raramente este equipamento é inspecionado como deve e, por falha ou descontrole, acaba ejetando maior volume de condensado do que deveria e, embora a temperatura do vapor permaneça no mínimo igual ao valor de saturação, o título do vapor cai a índices inferiores a $x = 1,0$, prejudicando o sistema.

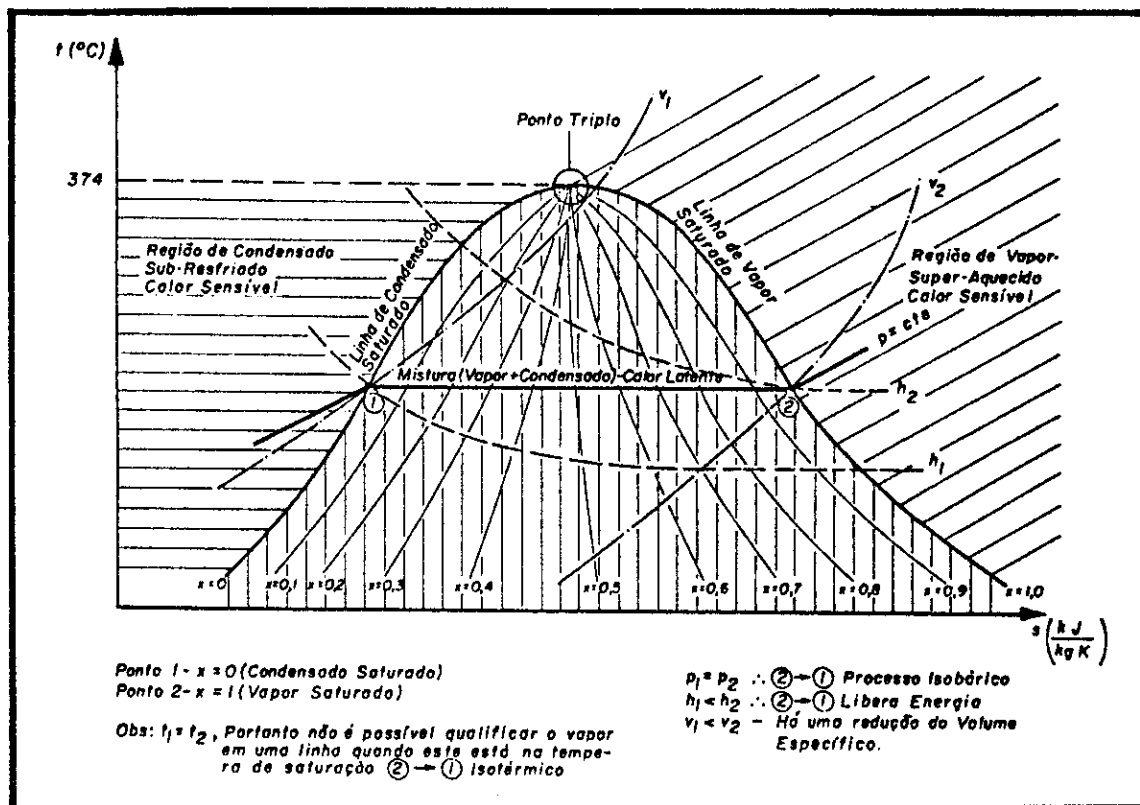


Fig. 2

A título ilustrativo podemos considerar uma máquina qualquer produzindo, onde o teor seco na entrada da secagem é 42% e se deseja atingir 94% na enroladeira. Levaremos o equipamento à máxima velocidade até atingir o limite do sistema de vapor e, a partir daí, com todas as outras variáveis fixas (velocidade, pressão de vapor, área de secagem, etc.), ejetaremos condensado na linha de alimentação, reduzindo o título do vapor. O gráfico da Fig. 3 mostra o que aconteceria ao teor seco na enroladeira, caso a velocidade não fosse reduzida.

Note que, para uma redução de 10% no título do vapor, teríamos uma variação de 11% no teor seco, o que em máquinas mais modernas significa qualquer coisa em torno de 3 ton/h de água que se deixou de evaporar. Evidentemente que, na prática, o que ocorre é a redução da velocidade para manutenção da umidade correta do produto.

Considerando que houvesse folga no sistema de vapor (pressão e vazão), ainda poderíamos ter problemas de oscilações no perfil transversal de umidade do papel, em decorrência de uma deficiência na drenagem do sistema devido ao acréscimo do volume de líquido a ser removido dos secadores, o que afetaria a qualidade do produto.

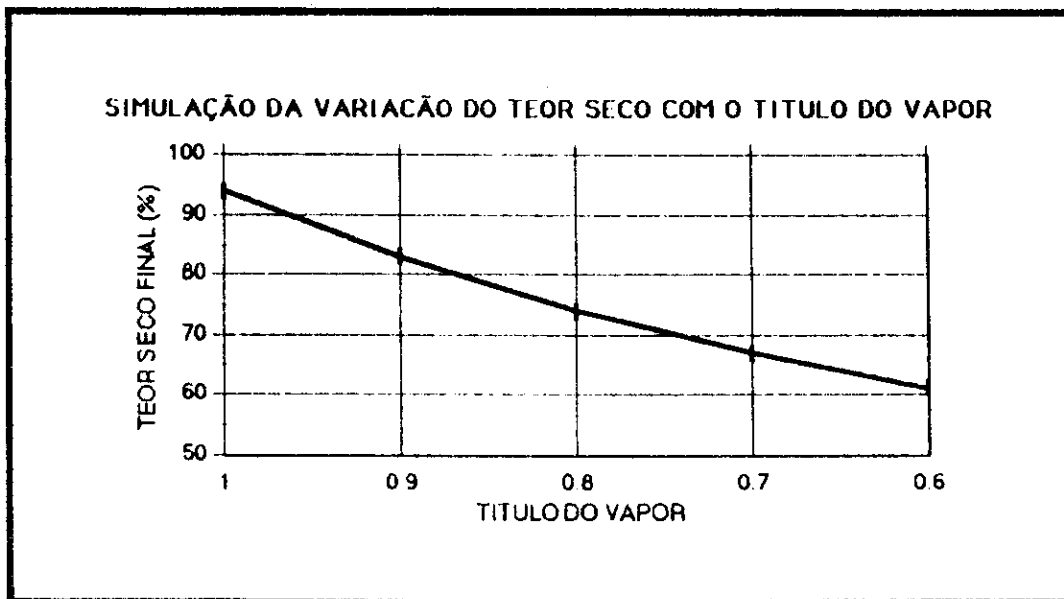


Fig. 3

Por todo o exposto é que se orienta a instalação de termômetros nas linhas de alimentação de vapor para, em conjunto com a informação de pressão, garantir um superaquecimento mínimo (~ 10/15°C), que nos dê segurança quanto à qualidade do que está sendo fornecido ao sistema.

2. TRANSFERÊNCIA DE CALOR

A transferência de calor é a troca de energia térmica como resultado da diferença de temperatura entre dois pontos e pode ocorrer por condução, convecção ou radiação.

Condução

É a transferência de calor através de sólidos, líquidos ou gases no estado estacionário, ou seja, transferência de energia entre as moléculas adjacentes. No modelo simplificado de condução a estrutura do material é considerada rígida.

A equação matemática básica para condução é a seguinte:

$$Q = \frac{k}{e} \cdot A \cdot \Delta t \quad \text{onde}$$

- Q = Taxa de transferência (W)
- k = Condutividade térmica (W/mK)
- e = Espessura de material (m)
- A = Área de transferência (m²)
- Δt = Diferencial de temperatura (K)

Em sólidos a variação da condutividade térmica em função da temperatura é imperceptível ou relativamente insignificante, a menos que exista algum tipo de impureza em sua estrutura. A condutividade térmica em gases e líquidos é totalmente dependente da temperatura dos mesmos. Em casos em que existe uma variação muito elevada entre várias camadas (películas) de um mesmo fluido é comum se avaliar a condutividade térmica através de temperatura média.

Convecção

É a transferência de calor entre uma superfície sólida e um fluido em movimento. A convecção é classificada como natural ou forçada, dependendo da existência ou não de um agente propulsor do fluido. A convecção natural é, portanto, um fluxo induzido pela própria transferência de calor que altera as características de densidade e viscosidade do fluido, criando uma recirculação natural na massa fluida.

Consideramos convecção forçada quando há um elemento propulsor no fluido (bomba, ventilador, etc.) e pode ser dividida em duas situações de fluxo, o laminar e o turbulento. A transferência de calor é muito mais eficiente no regime turbulento do que no laminar e o que determina o regime é o "Número de Reynolds", onde:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

ρ = densidade (kg/m³)
 V = velocidade (m/s)
 D = diâmetro equivalente (m)
 μ = viscosidade (Pa x S)

Se o número de Reynolds for superior a 2.100 teremos o regime turbulento. O coeficiente médio de transferência de calor, no caso de convecção, seria o "coeficiente de película":

$$h = K_f [Re] \quad (W/m^2K)$$

que é função do número de Reynolds e da condutividade do fluido.

Radiação

Transmissão de calor por radiação eletromagnética, cuja representação matemática é:

$$Q = \sigma \epsilon A (T_1^4 - T_2^4) \quad \text{onde}$$

σ = constante de Stefan Boltzmann
 ϵ = emissividade
 A = área
 T = temperatura absoluta

Com o conhecimento teórico do comportamento das diversas formas de transferência de calor, podemos analisar como se processa essa troca de energia entre o vapor e o papel.

A **Figura 4** ilustra esquematicamente o fluxo térmico "Q" desde o vapor até a superfície externa do papel, e o coeficiente global "U" de transferência térmica, que depende das diversas resistividades, coeficiente de película do condensado, rugosidade interna, espessura da parede do secador e do contato (maior ou menor) da folha com a superfície externa do secador.

Considerando que o vapor esteja sendo fornecido de maneira eficiente, que a espessura do cilindro secador é determinada por diretrizes de cálculos de vasos de pressão, e que a rugosidade interna é determinada pelo processo de fabricação, nos resta, na prática, controlar o volume de condensado no interior dos secadores e o contato da folha com a face externa dos mesmos.

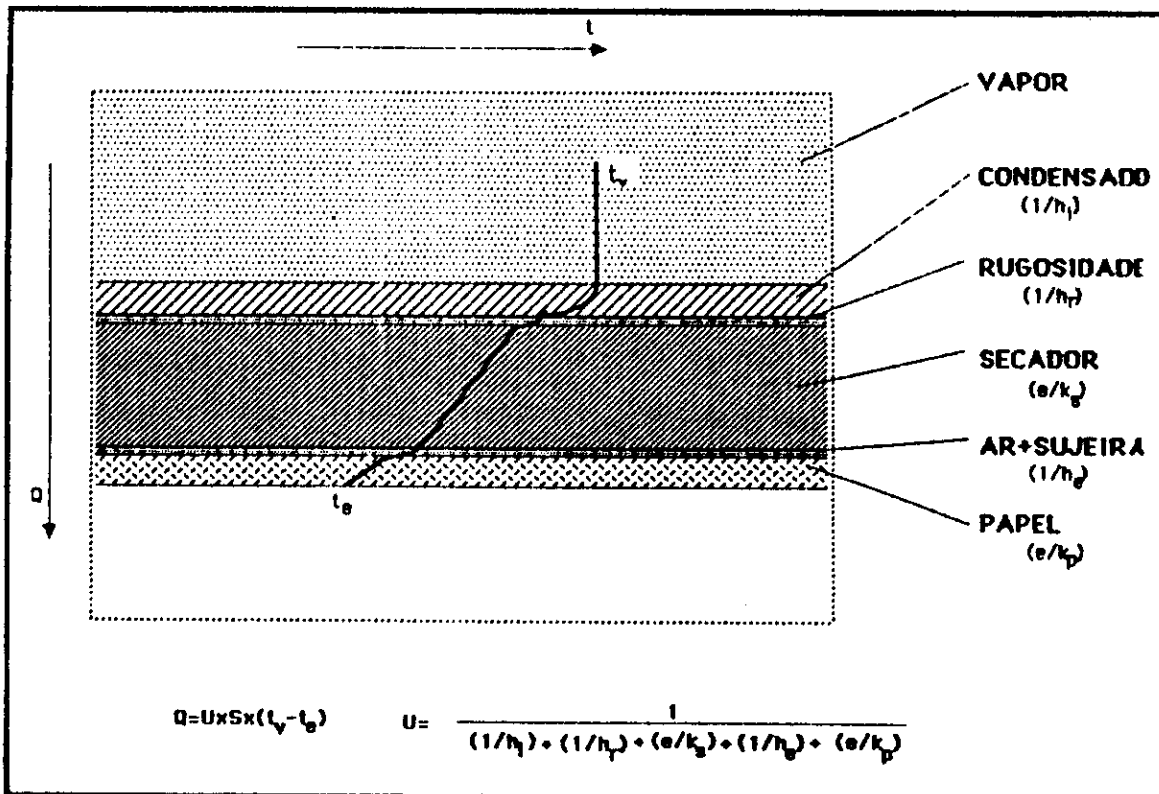


Fig. 4

2.1. Influência da massa de condensado na transmissão de calor

Para não nos determos em cálculos comparativos, podemos analisar apenas os coeficientes de condutividade térmica do condensado (0,67 W/mK) e do ferro fundido (59 W/mK), o que a grosso modo corresponde a se dizer que o condensado apresenta uma resistência à condução de calor 88 vezes maior que o ferro fundido. Portanto, o controle da massa de condensado, a formação ou não de um anel interno e a determinação do regime em que se encontra (laminar ou turbulento) são fatores de extrema importância no rendimento térmico do sistema.

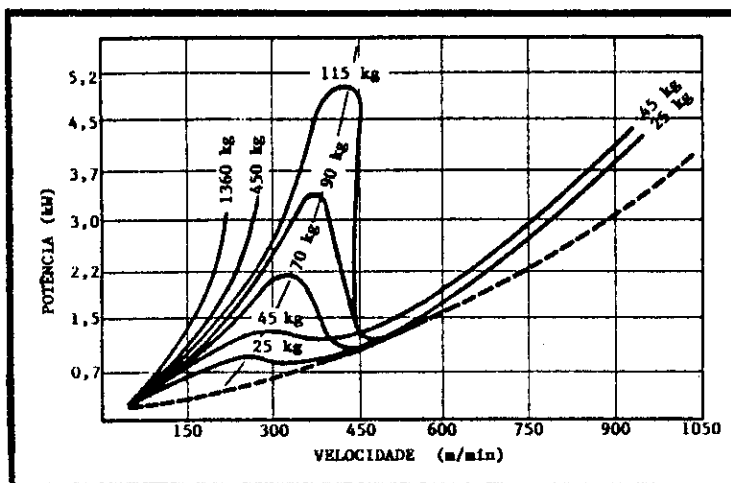


Fig. 5

Como a massa de condensado e a formação do anel afetam a potência de acionamento.

O gráfico da Figura 5 nos dá a idéia de como a massa de condensado no interior do secador afeta a energia necessária para seu acionamento e nos permite verificar que a formação do anel de condensado se dá em velocidade

des superiores a 450 m/min, porém não devemos esquecer que o diâmetro do secador influi diretamente neste parâmetro, pois para a mesma velocidade teremos rotações diferentes e, conseqüentemente, forças centrífugas diferenciadas.

Portanto, em máquinas onde não há a formação do anel de condensado, ou seja, velocidades na faixa de 150 a 450 m/min, o excesso de condensado causa um consumo de energia para o acionamento. Na maioria das máquinas que operam nesta faixa de velocidades estão instalados sifões do tipo estacionário, conforme mostra a **Figura 6**.

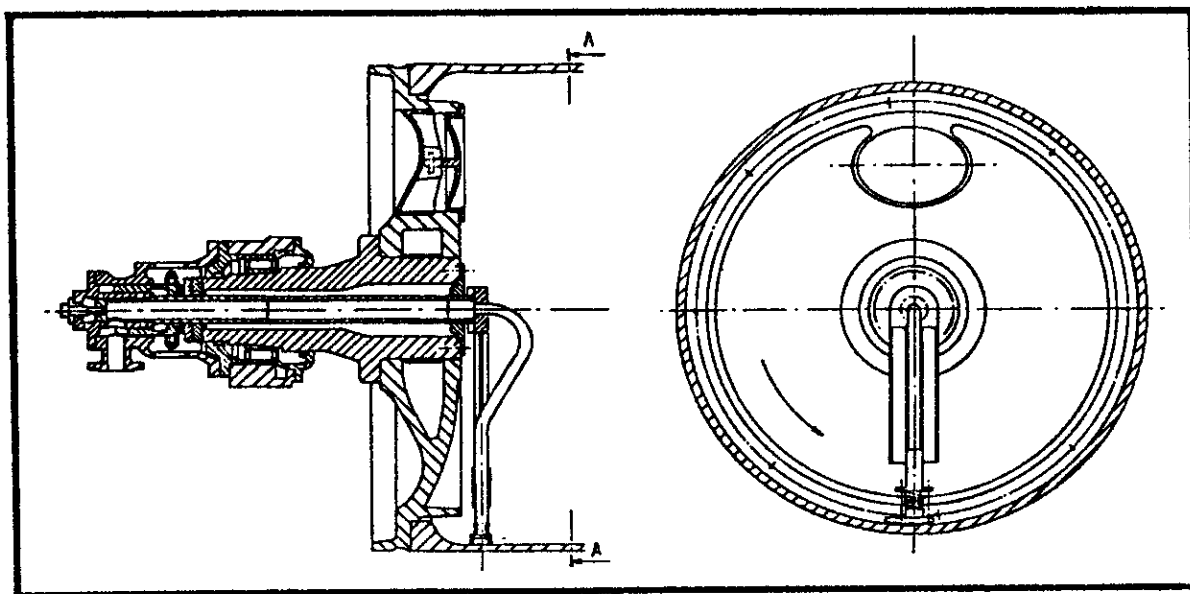


Fig. 6 - SIFÃO ESTACIONÁRIO

Nas máquinas que operam em velocidades mais elevadas, além do aumento no torque, teremos a formação do filme de condensado e, conseqüentemente, uma perda na transferência térmica em função da espessura de condensado. Nestes equipamentos é comum a utilização de sifões do tipo rotativo (**Fig. 7**), que é fixo no interior do secador e permite melhor precisão no ajuste da sapata do sifão (**Fig. 8**).

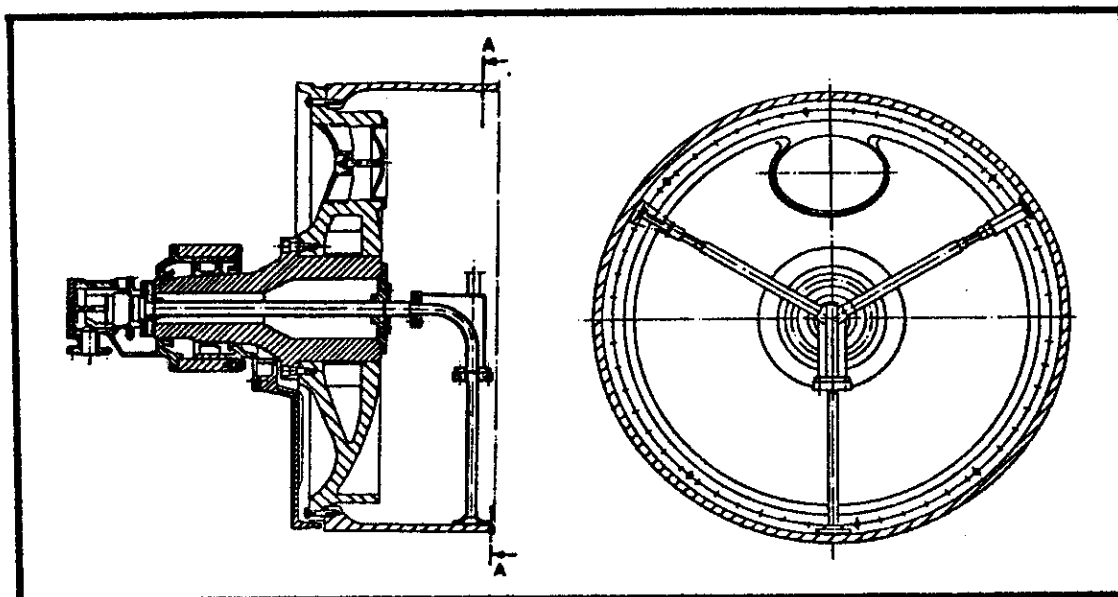


Fig. 7 - SIFÃO ROTATIVO

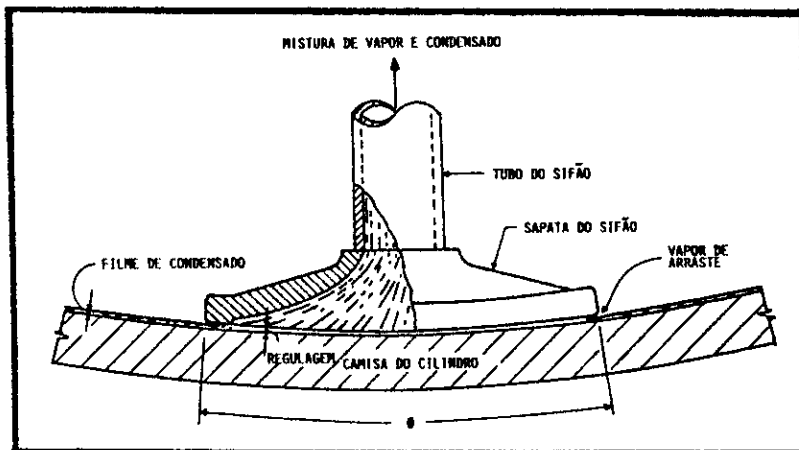


Fig. 8 - SAPATA DO SIFÃO

O gráfico da **Figura 9** mostra a influência da espessura do filme de condensado na transferência de calor e também, como para a mesma espessura de condensado, o acréscimo de velocidade diminui a transferência térmica devido à tendência do regime turbulento caminhar para o laminar no filme de condensado.

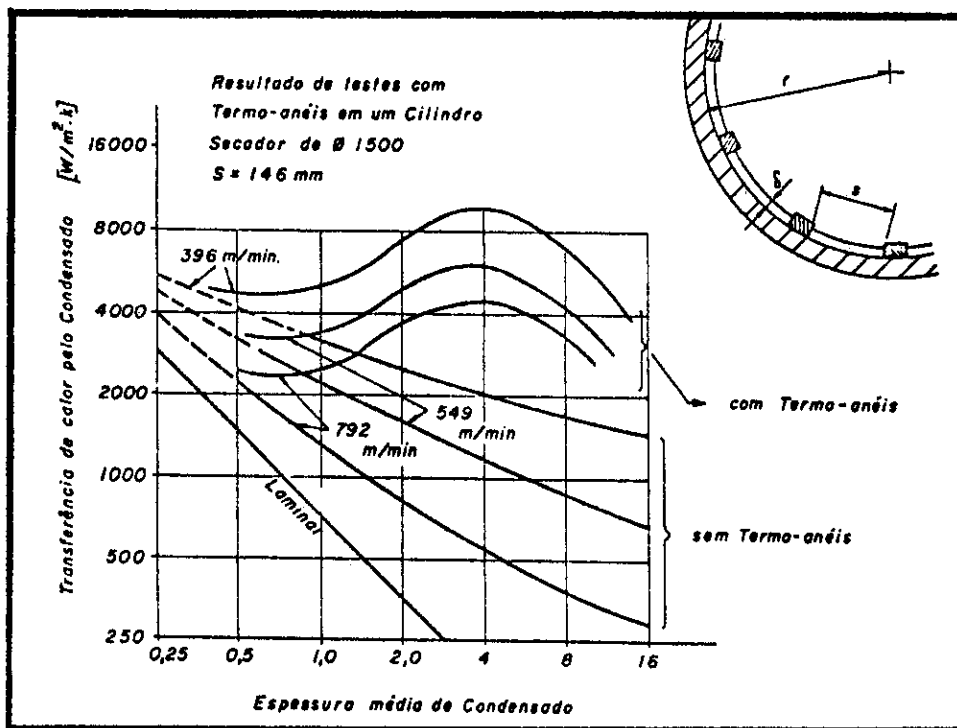


Fig. 9

INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA LÂMINA DE CONDENSADO E VELOCIDADE DA MP NA TRANSFERÊNCIA TÉRMICA.

Note que neste mesmo gráfico temos representadas as curvas para as mesmas velocidades e espessuras de filme com a utilização de termo-anéis no interior dos secadores, conforme a **Figura 9** mostra esquematicamente no canto superior direito. O acréscimo na transferência térmica é resultado de um turbilhonamento causado pelas barras do termo-anel, aumentado o coeficiente de película (h) do fluido.

Para uma espessura fixa da lâmina de condensado (1,5 mm) o gráfico da **Figura 10** mostra que, para máquinas acima de 1.000 m/min, o regime laminar é praticamente inevitável (para $\phi = 1,5$ m) sem a utilização de termo-anéis.

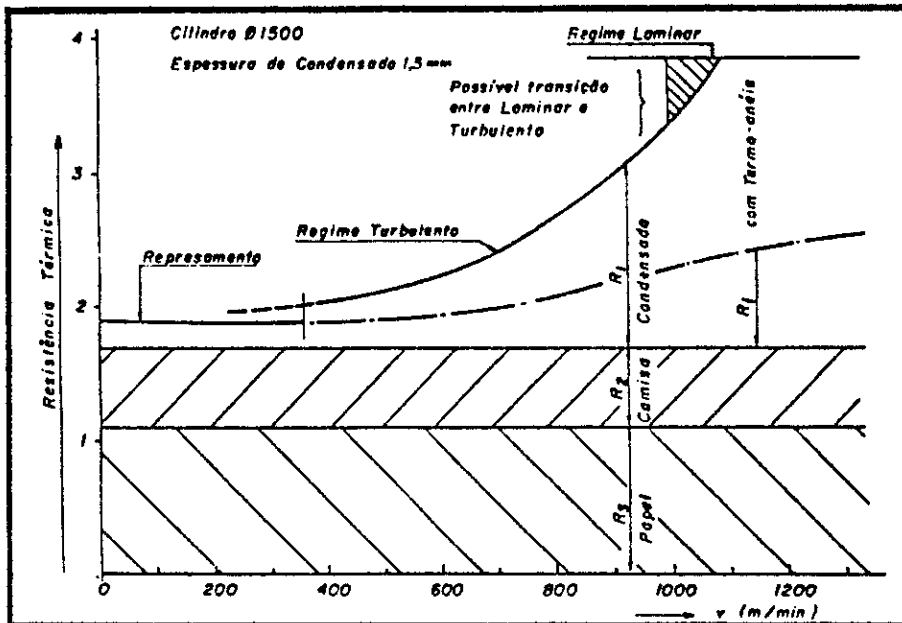


Fig. 10
ACRÉSCIMO DA RESISTÊNCIA TÉRMICA EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE E INFLUÊNCIA DO TERMO-ANEL.

Na maioria dos levantamentos efetuados em máquinas o diferencial de temperatura entre o vapor e a superfície dos secadores se situa numa faixa de 30 a 40°C e uma diferença maior pode significar excesso de condensado no interior dos secadores ou ainda uma carga muito elevada de água a ser evaporada e que o sistema já atingiu seu limite de capacidade pela área disponível.

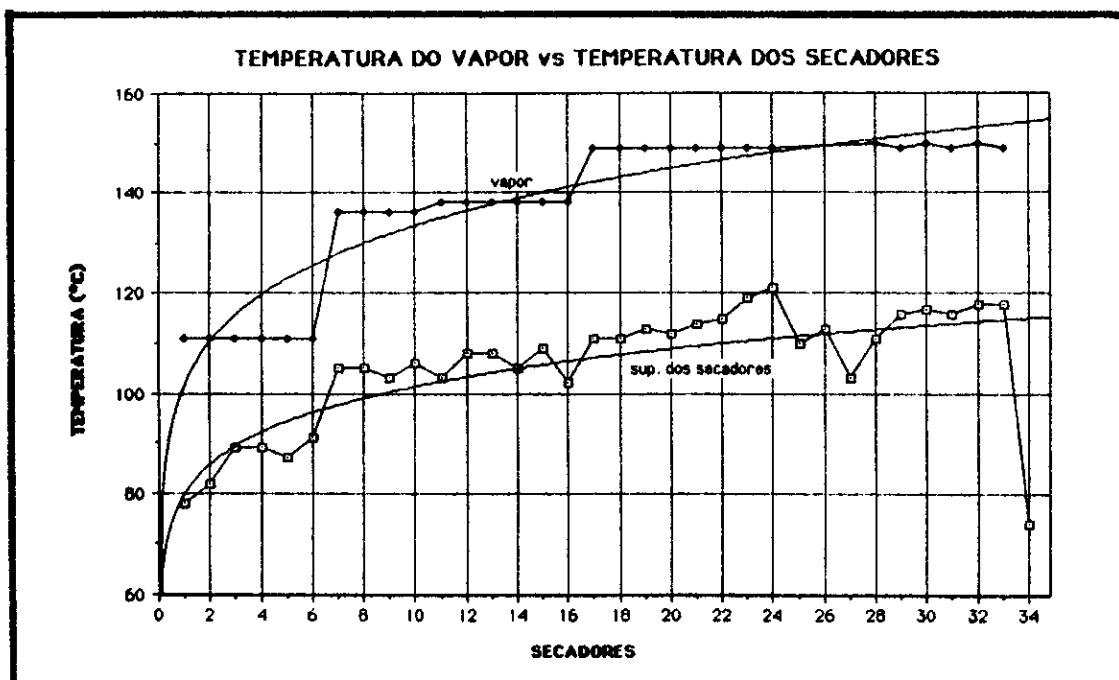


Fig. 11
CURVA TÍPICA DE TEMPERATURA DOS SECADORES EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DO VAPOR.

2.2. Transmissão de calor do secador para o papel

Um recente trabalho realizado na divisão de Halmstad (Suécia) da Albany International determinou a influência da tensão e dos pontos de contato da tela sobre o papel na sua taxa de evaporação, uma vez que o abraçamento da folha no cilindro secador é definido pelo projeto do circuito da máquina.

O teste consiste em simular o processo de secagem do papel num cilindro de uma máquina piloto, onde o produto utilizado é o papel jornal com 40 g/m² e um tempo de permanência de 0,65 segundos. Apenas para comparação, o tempo de permanência numa máquina operando a 990 m/min seria de 0,2 segundos. O teor seco na entrada do secador era constante e mantido em 40%.

Para realizar o teste foram escolhidos 5 estilos de telas, conforme descrição na tabela da Figura 12 e nestas 5 telas foram aplicadas tensões diferenciadas de 2 kN/m a 15 kN/m.

ESTILO	ESPESSURA (mm)	PERMEABILIDADE		ÁREA DE CONTATO %	ÁREA DE CONTATO /cm ²	GRAMATURA g/m ²
		m ³ /m ² s	CFM			
I	2.7	4.8	945	18	10	1450
II	1.85	2.1	425	9	20	1100
III	1.9	2.9	585	11	45	1050
IV	1.8	1.8	360	13	110	1200
V	1.76	1.7	345	30	110	1200

Fig. 12 - ESTILOS DE TELAS E CARACTERÍSTICAS PRÓPRIAS

O total de água removida ou o teor seco final do papel na experiência é mostrado na Figura 13, onde se pode notar que em todos os estilos houve um acréscimo de teor seco ao se aumentar a tensão.

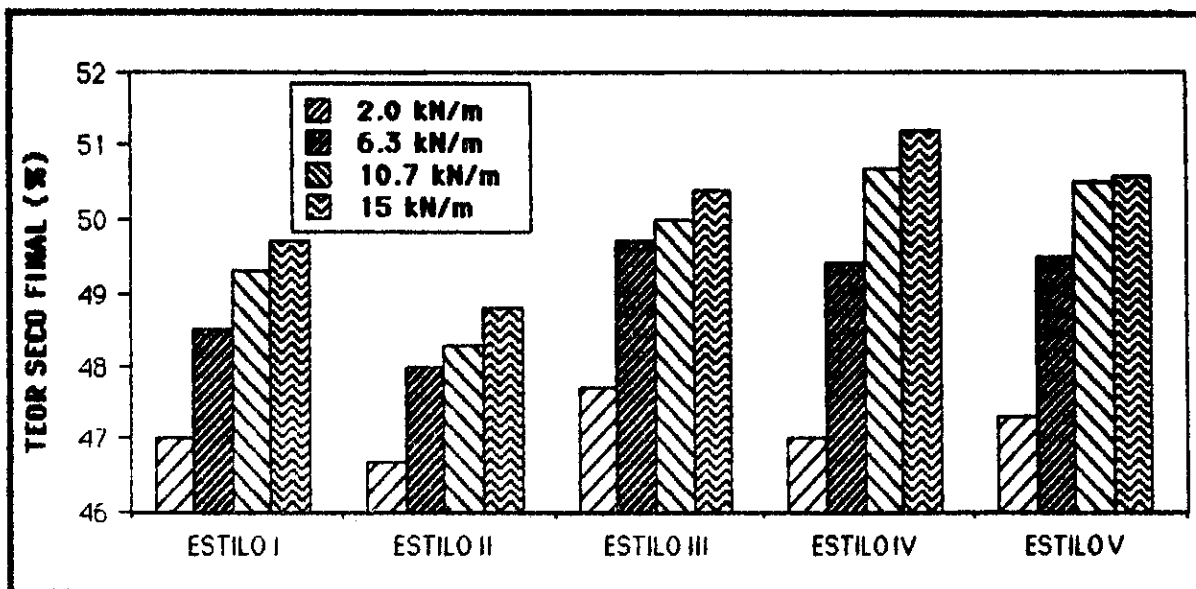


Fig. 13
INFLUÊNCIA DOS PONTOS DE CONTATO E
TENSÃO NA SECAGEM DO PAPEL.

Observa-se que, em média, incrementos acima de 6,3 kN/m não produziram o mesmo efeito do incremento obtido de 2 para 6,3 kN/m. Dentro das condições da experiência poderia-se dizer que o estilo III se adaptou melhor na faixa de 2-6,3 kN/m. Olhando a tabela da **Figura 12** veremos que sua área de contato é de 11%, inferior ao estilo I, que tem 18%. No entanto o número de pontos de contato é 4,5 vezes maior por centímetro quadrado. O aumento de tensão aparentemente é melhor distribuído neste caso, aumentando o contato da folha com o secador e, conseqüentemente, a transferência de energia. O aumento da área de contato, com o mesmo número de pontos de contato, parece não favorecer a evaporação, provavelmente por limitar a expansão do vapor que se forma entre a folha e o secador.

A **Figura 14** mostra o diagrama das temperaturas atingidas pela folha nas mesmas condições do diagrama anterior e o estilo I atinge as mais elevadas em todas as tensões, o que de certa forma sugere que a energia foi transferida, porém o processo de evaporação não ocorre com a mesma eficiência, pelo menos durante o abraçamento.

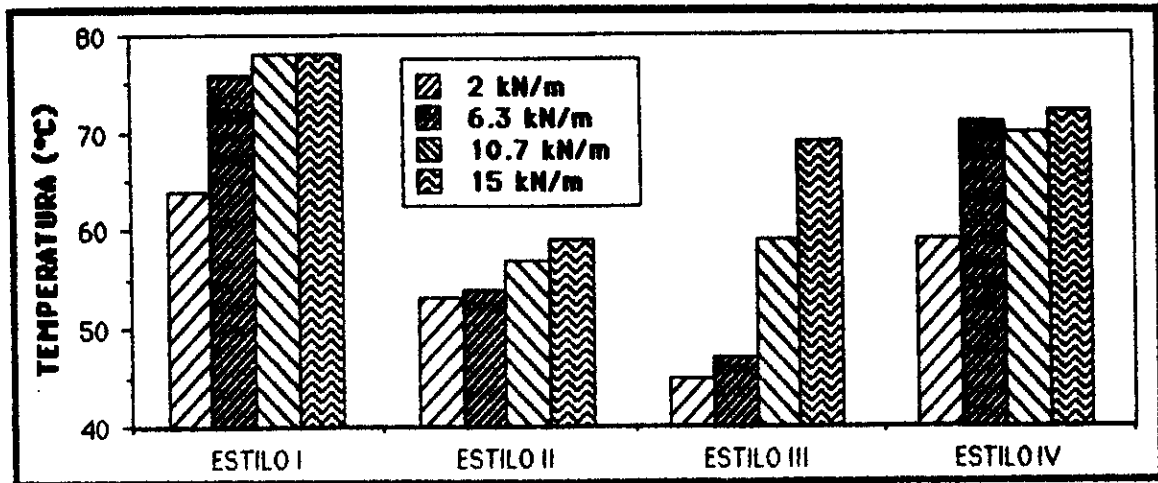


Fig. 14
INFLUÊNCIA DA TENSÃO NA TEMPERATURA DA FOLHA

Em levantamentos realizados em máquinas de papel notamos que a folha sofre um processo de aquecimento e normalmente se estabiliza em torno de 80°C, temperatura na qual se estabelece o processo de evaporação. Evidentemente existem variações em torno deste número, uma vez que esta temperatura depende da gramatura da folha e condições ambientais. A **Figura 15** mostra o comportamento típico de uma curva longitudinal de temperatura da folha em função da temperatura dos secadores.

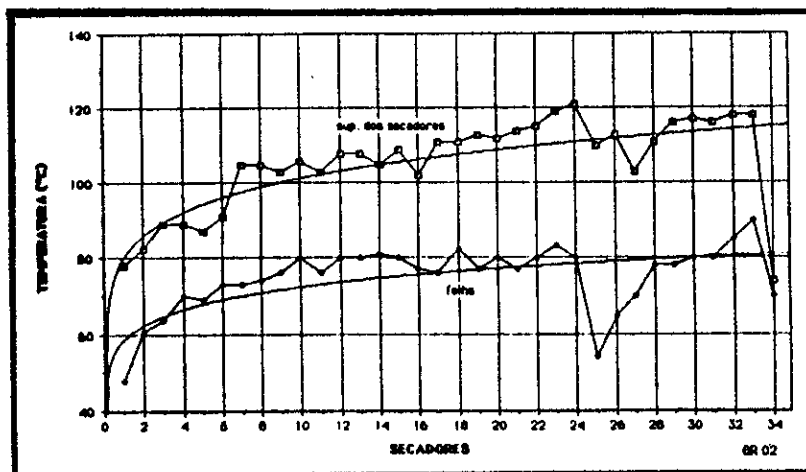


Fig. 15 - TEMPERATURA DA FOLHA vs TEMPERATURA DOS SECADORES

3. TRANSFERÊNCIA DE MASSA

Transferência de massa é o resultado da tendência de componentes de uma mistura se moverem de uma região de alta concentração para outra de baixa concentração. A transferência de massa pode ocorrer por difusão molecular, equivalente à condução na transferência de calor e, por movimento da massa fluida, o equivalente à convecção na transmissão de calor.

A secagem do papel, no que concerne à transferência de massa, é analisada como a passagem de massa proveniente de uma superfície úmida através de uma película ou camada limite para o ar. Este processo é descrito matematicamente baseado na difusão molecular, no qual a temperatura é assumida constante e a difusividade invariável com a concentração.

Baseado na lei de Fick se estabelece a seguinte relação matemática:

$$W_A = F (C_{A1} - C_{A2}) h_D \quad \text{onde} \quad W_A = \text{taxa de transferência de massa}$$
$$h_D = \text{coeficiente de transf. de massa}$$
$$C_A = \text{densidade}$$
$$F = \text{fator de pressão parcial}$$

O fator "F" é definido como a vazão da pressão total com as pressões parciais das massas.

$$F = \frac{P}{(P_{A1} - P_{A2})} \ln \left(\frac{P - P_{A2}}{P - P_{A1}} \right)$$

Na prática a utilização das equações acima, apesar de precisa, é muito complexa. Como o que se busca na realidade é a tendência maior ou menor para a ocorrência da transferência de massa, ou seja, se deseja qualificar o processo e não quantificá-lo, assumimos que o ar na superfície de evaporação está saturado à temperatura efetiva da folha e, conseqüentemente, a sua pressão pode ser estimada pelas tabelas de vapor como função dessa temperatura. A pressão parcial de vapor de água contida no ar do bolso pode ser estimada pela temperatura de bulbo úmido do mesmo. Dessa maneira, sem entrar no mérito de cálculos de concentrações, pressões parciais, coeficientes de transferência de massa, temos parâmetros que nos permitem avaliar qualitativamente a maior ou menor tendência da transferência de massa do sistema, através de valores facilmente determináveis em levantamentos práticos.

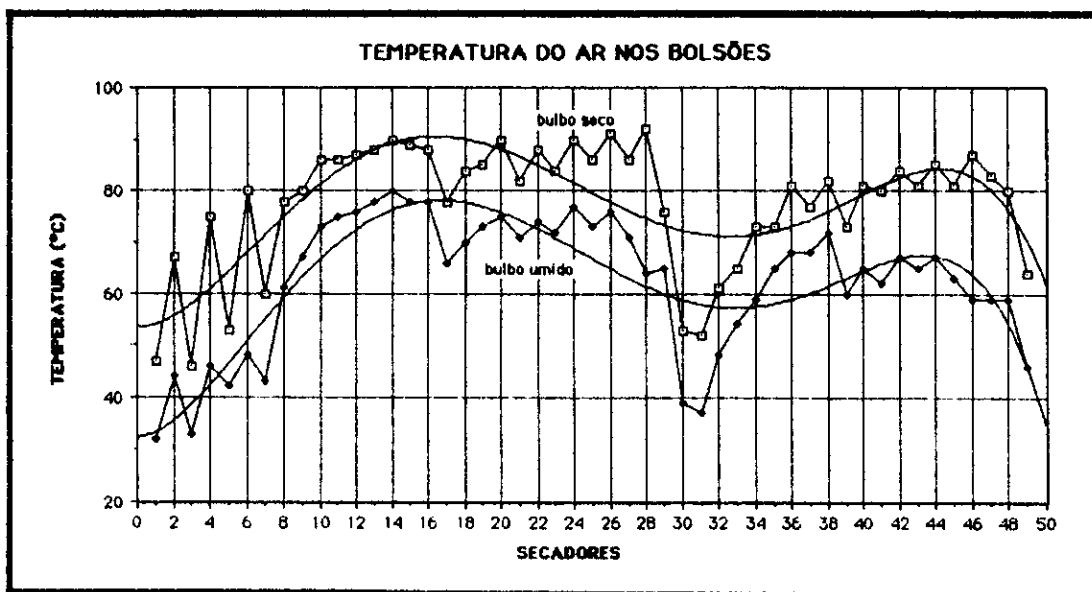


Fig. 16 - TEMPERATURA DO AR NOS BOLSÕES

Já vimos anteriormente a curva de temperatura da folha (longitudinal) em uma seção de secagem. A **Figura 16** mostra os valores de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido nos bolsões de ar em uma MP com duas seções de secagem e monotela no 1º grupo.

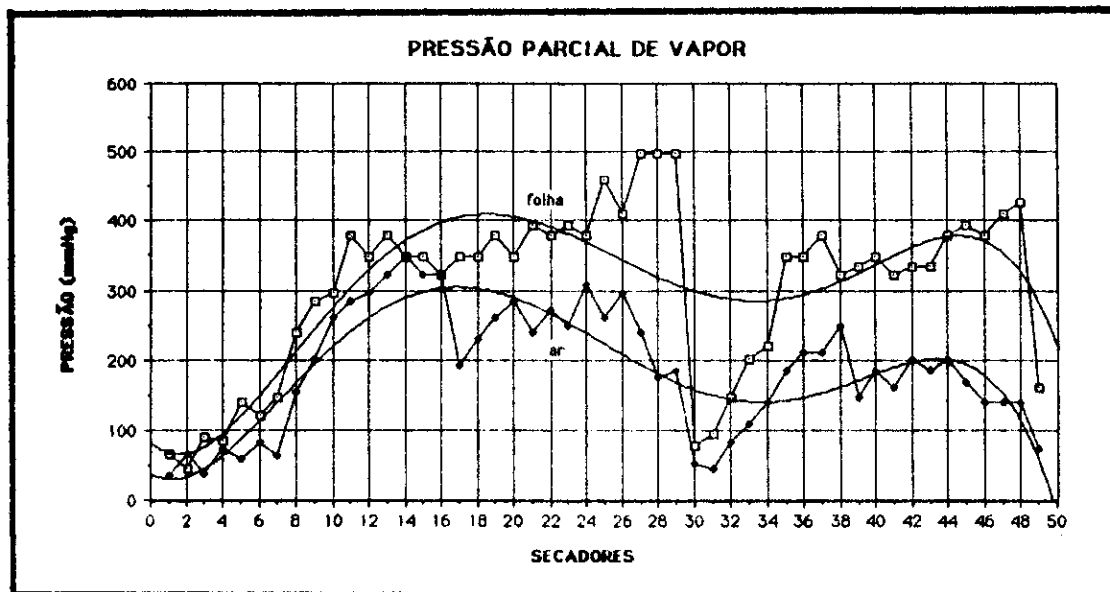


Fig. 17 - PRESSÃO PARCIAL DE VAPOR

Com a temperatura de bulbo úmido do ar e da folha nos diversos bolsões da seção de secagem podemos determinar as pressões parciais de vapor e plotá-las conforme mostra o gráfico da **Figura 17**.

A diferença entre estas curvas representa a tendência de transferência de massa. Quanto maior o diferencial, maior será a tendência, o que consequentemente deverá proporcionar uma taxa de evaporação mais alta.

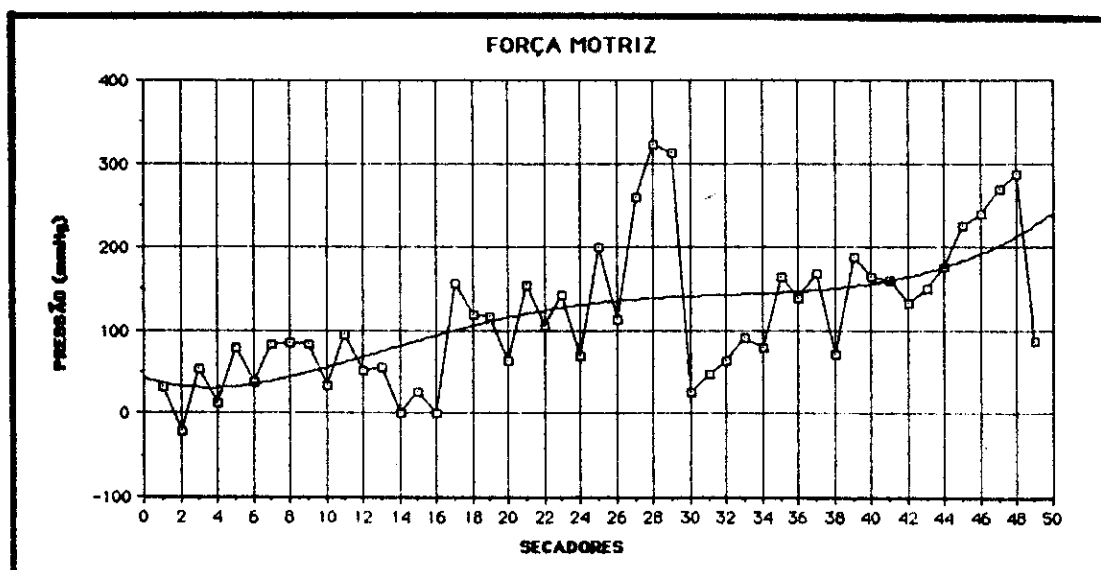


Fig. 18 - FORÇA MOTRIZ

A **Figura 18** mostra um gráfico que representa o diferencial entre as pressões de vapor da folha e do ar que estão no gráfico anterior. Note que no secador nº 2 o valor é negativo, neste caso o ar tem maior pressão do que a superfície da folha, uma situação indesejável, pois a evaporação fica totalmente prejudicada. A expressão "Driving Force", traduzida como "Força Motriz", é utilizada para descrever este fenômeno.

ca Motriz", na verdade é um parâmetro qualitativo do processo; mesmo assim algumas publicações indicam faixas orientativas para este parâmetro. Como por exemplo:

Ruim até 150 mmHg
Aceitável entre 150 e 400 mmHg
Bom acima de 400 mmHg

Na prática, o que mais se encontra são valores na faixa de 150-400 mmHg, o que nem sempre significa que a secagem esteja operando em condições precárias, pois na verdade há uma série de parâmetros que influem no resultado final, tais como a gramatura, tipo de papel, etc.

Um fator importante, até agora não mencionado, é a influência do fluxo de ar nos bolsões que, embora no estudo anteriormente descrito não tenha sido considerado, na prática existe. Como já vimos anteriormente, no início deste item, existe a transferência de massa por agitação, equivalente à convecção na transmissão de calor. Poderíamos considerar, a grosso modo, que máquinas que dispõem de sistema de insuflamento de ar teriam convecção forçada na superfície da folha e as que não dispõem deste sistema teriam convecção natural.

Neste caso a taxa de evaporação ou transferência de massa pode ser calculada pela seguinte equação:

$$A = m (P_p - P_f) \quad \text{onde} \quad \begin{array}{l} A = \text{taxa de transferência} \\ m = \text{coeficiente de transferência} \\ P = \text{pressão parcial de vapor} \end{array}$$

O coeficiente "m" de transferência de massa depende da velocidade do ar:

$$m = K \times V^{0,8} \quad \text{onde} \quad \begin{array}{l} V = \text{velocidade do ar na superfície do papel} \\ K = \text{constante} \end{array}$$

Neste aspecto a utilização de telas secadoras mudou muito o condicionamento do ar nos bolsões, pois por sua permeabilidade superior aos antigos feltros, permite um fluxo de ar induzido pelo próprio movimento de rotação dos secadores, conforme mostra esquematicamente a **Figura 19**, o vulgarmente denominado "efeito cunha" bombeia o ar através da tela, dessa forma auxiliando a remoção da massa úmida de centro da máquina.

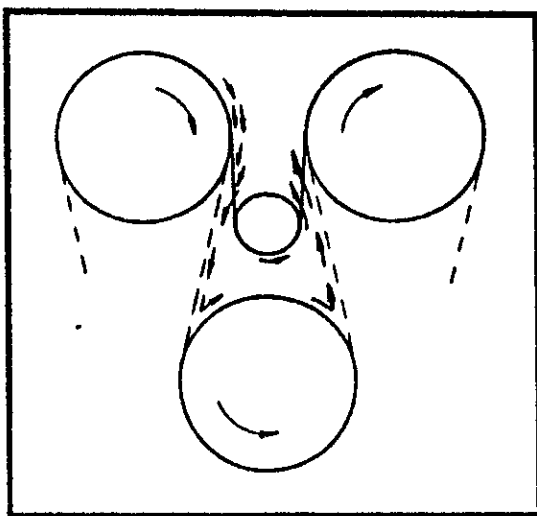


Fig. 19
FLUXO DE AR ENTRANDO E SAINDO DO BOLSÃO ATRAVÉS DA TELA.

Se utilizarmos feltros (baixa permeabilidade) na secagem, este fluxo não se estabelece e o vapor liberado pela folha não fluirá do centro para as laterais da máquina com a mesma velocidade, causando um acréscimo na pressão parcial de vapor no centro do bolsão (**Figura 20**).

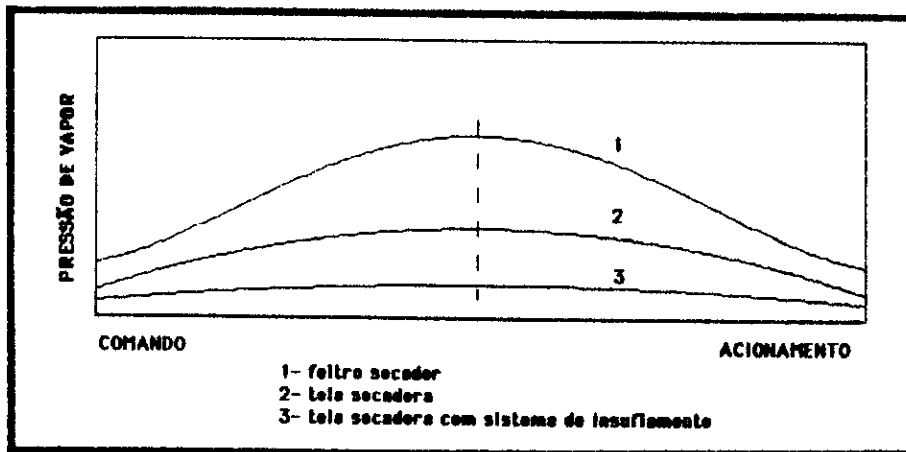


Fig. 20

Estudos mostram que, quanto maior a permeabilidade da tela, maior será o fluxo induzido pela velocidade da própria máquina e o fluxo de ar que entra no bolsão é maior do que o fluxo que sai do bolsão (Figura 21).

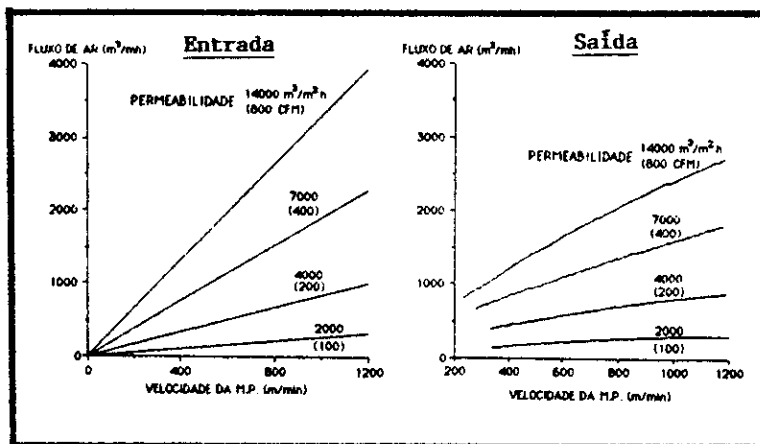


Fig. 21

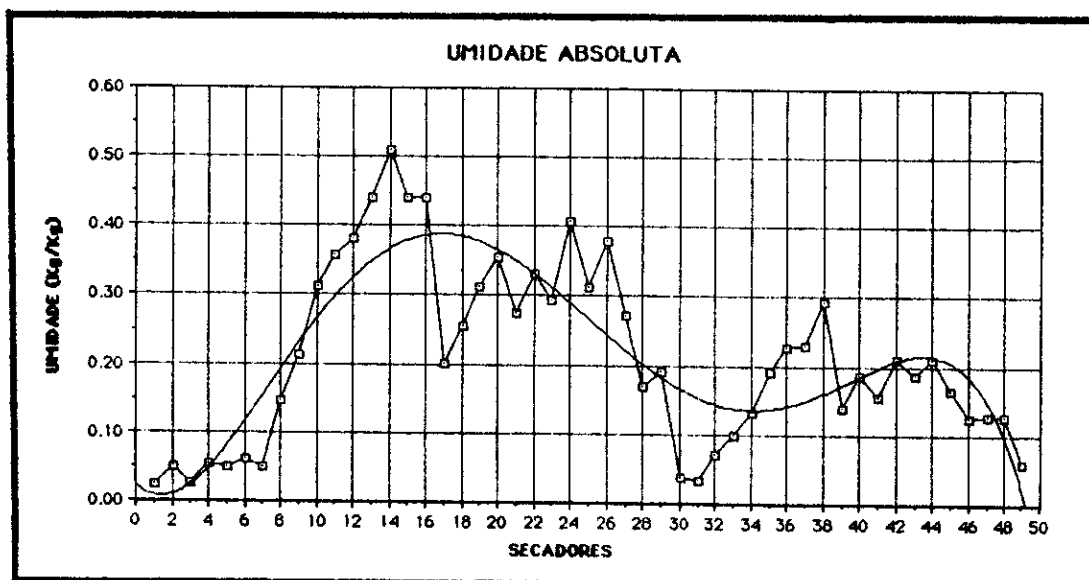


Fig. 22

A utilização de sistemas de ventilação com insuflamento de ar através de caixas sopradoras torna este condicionamento ainda melhor. Veja que máquinas que operam com elevadas taxas de evaporação têm que manejar, em determinados setores da seção de secagem, uma massa de água considerável (Figura 22) e mesmo assim, através de insuflamento de ar a alta temperatura mantém o ar em condições de absorver essa massa (Figura 23).

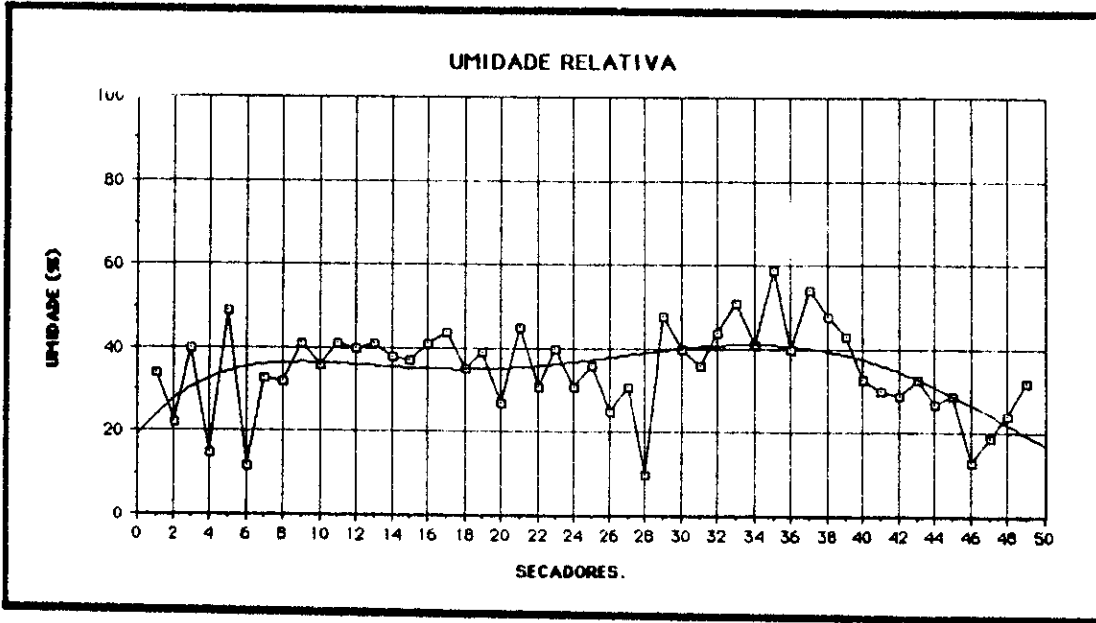


Fig. 23

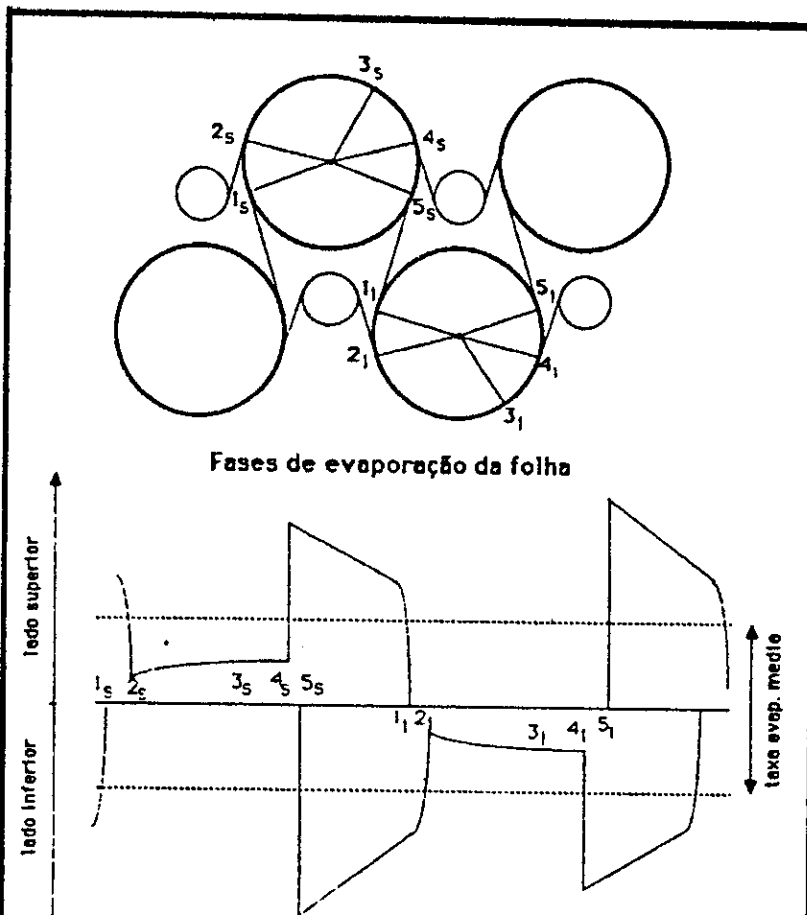


Fig. 24
FASES DE EVAPO-
RAÇÃO DA FOLHA.

Outro aspecto que poderíamos abordar é o da influência da permeabilidade da tela na evaporação da folha, enquanto esta se encontra sob a tela (Figura 24). Veja que nos trechos compreendidos pelos pontos 2_s e 4_s (no lado superior da folha) e 2_i e 4_i (lado inferior da folha), embora reduzido, o processo de evaporação não é interrompido. Portanto, quanto maior a permeabilidade da tela, menor a resistência imposta ao processo de evaporação

Alta permeabilidade nas telas apresenta uma série de vantagens, mas pode causar alguns transtornos, principalmente em equipamentos de concepção mais antiga, onde o circuito da tela não foi projetado para altas velocidades e após reformas no sistema de acionamento a utilização de telas causa um arraste de ar (Figura 25) que penetra nos bolsões, causando distúrbios na lateral da folha (Figura 26).

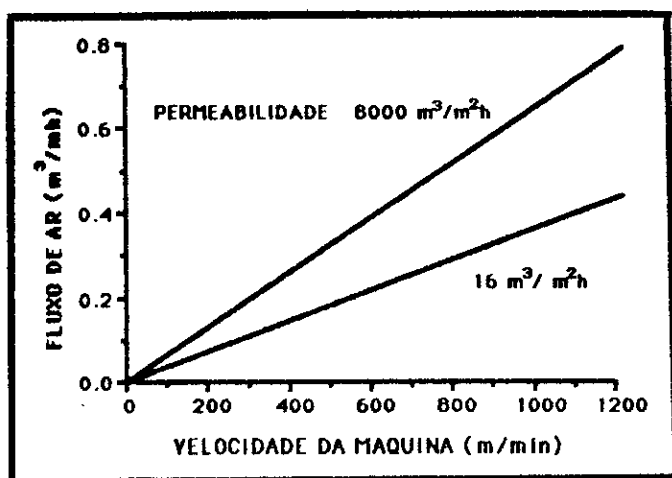


Fig. 25
ARRASTÊ DE AR PELAS TELAS EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE E PERMEABILIDADE DAS MESMAS.

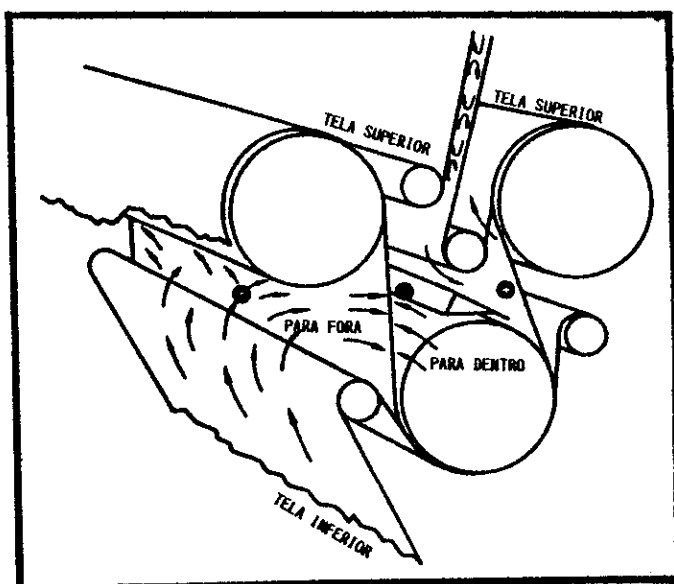


Fig. 26
PENETRAÇÃO DE AR NOS BOLSÕES.

Existe uma série de alternativas para evitar este tipo de perturbação que não abordaremos neste trabalho, tais como geometria do sistema, defletores, sistemas de transferência entre grupos, etc.

A aplicação do estilo e permeabilidade corretos de uma tela depende de vários fatores, como a taxa de evaporação, o tipo de sistema de ventilação, tipo de papel, etc... o que torna cada máquina um sistema peculiar, sendo necessário um estudo diferenciado de uma para outra.

BIBLIOGRAFIA

- DRYING OF PAPER AND PAPERBOARD - Edited by Gunnar Gavelin - 1972
- Publicações: - Albany International
- Johnson do Brasil
- Voith S.A.
- TAPPI Journal