

EFICIÊNCIA TÉRMICA DO PROCESSO DE SECAGEM DO PAPEL

Delegá¹, Hélio Emilio

¹ *Kadant South America. Brasil*

RESUMO

O papel é seco por contato direto com as superfícies quentes dos cilindros secadores. Esses cilindros são aquecidos com vapor pressurizado, que condensa à medida que transfere seu calor para a camisa do secador. Dentro do secador, o vapor está próximo do ponto de saturação, assim é possível relacionar a temperatura do vapor diretamente com sua pressão. Este fenômeno tem sido utilizado há décadas para controlar a taxa de secagem de máquinas de fabricação de papel.

O grande número de variáveis como, as propriedades da folha, a permeabilidade da tela secadora, bem como o seu *design* e tensão, o insuflamento de ar nos bolsões, o sistema de exaustão de ar, as incrustações na superfície dos secadores, a qualidade do vapor e a remoção de condensado estão entre alguns dos fatores que afetam o desempenho da seção de secagem.

Maximizar o *runnability* da máquina e a eficiência energética requer uma visão holística que considere a seção de secagem como uma unidade única e não separadamente como componentes individuais. Para melhorar efetivamente a operação e alcançar o desempenho ideal, uma abordagem sistemática deve ser dada ao processo de monitoramento e avaliação, que envolve: 1. Análise do fluxo de energia térmica. 2. Análise da remoção do condensado. 3. *Design* do sistema de vapor e condensado, e 4. Análise do balanço aerotérmico, conforme considerado por Martz et al. (2005).

Palavras-chave: auditoria, taxa de secagem, drenagem, eficiência térmica, sistema de vapor e condensado.

INTRODUÇÃO

Operar continuamente uma máquina de papel com eficiência térmica, certamente trará benefícios na produtividade, qualidade do perfil de umidade, estabilidade no processo e menores custos de produção. A eficiência térmica depende da combinação do projeto, controle operacional e manutenção dos componentes do sistema de vapor e condensado e aerotérmico.

Dimensionar as uniões rotativas e sifões considerando todas as gramaturas garantem uma distribuição de vapor e capacidade de remoção de condensado em qualquer condição operacional. A definição de válvulas de controle e transmissores deve proporcionar que a máquina opere com a curva de secagem

característica para cada tipo de papel e permita uma rápida recuperação nas condições de quebra de folha e mudanças de gramaturas. Da mesma forma, o balanço aerotérmico deve ser capaz de remover toda água evaporada sem gerar a saturação do ar nos bolsões.

Os sistemas de controle DCS e o registro histórico de dados são ferramentas poderosas para o monitoramento e resolução de problemas operacionais, porém nem todos os dados de processo são medidos, mostrados e guardados pelo DCS. Uma rotina de inspeção deve ser estabelecida a fim de verificar se há válvulas de segurança ou de alívio abertas para a atmosfera, vazamentos de vapor, se o condensado está sendo drenado dos cilindros secadores ou se há purgadores operando com passagem de vapor.

Uma câmera termográfica pode ser usada para identificar perda de energia em locais de difícil acesso, como em isolamentos térmicos ou para detecção de pequenos vazamentos em tubulação, tanques, válvulas.

O perfeito funcionamento dos componentes do sistema de vapor e condensado, bem como a calibração adequada da instrumentação são fundamentais para que a eficiência operacional da seção de secagem seja alcançada. Se os parâmetros de processo não podem ser medidos adequadamente, então estes não podem ser controlados adequadamente também. Transmissores de diferencial de pressão são particularmente importantes, pois a drenagem dos secadores depende deles. A remoção de condensado afeta com força o desempenho da máquina de papel e deve ser cuidadosamente analisada quanto aos aspectos de projeto, instalação e manutenção.

Este artigo apresenta uma estrutura para otimizar o desempenho da seção de secagem usando um processo de quatro etapas de avaliações-chave para determinar a eficiência térmica de uma máquina de papel.

MÉTODOS

A primeira etapa para determinar a performance da seção de secagem de uma máquina de papel é realizar uma auditoria no sistema de vapor e condensado, onde aspectos preliminares sobre o dimensionamento dos equipamentos, tubulações, vál-

vulas e tanques são verificados. Além disso, é analisada a capacidade de secagem, lógica de controle, consumo energético, consistência de drenagem, perfil de umidade e temperatura dos cilindros secadores.

Cálculos que consideram as variáveis operacionais da máquina, como velocidade, pressões de vapor, teor seco da folha, tipo de papel, gramaturas e tamanho dos cilindros são realizados para determinar o fluxo de vapor, a taxa de secagem e o coeficiente de transferência de calor.

1. Análise do Fluxo de Energia Térmica

A taxa de secagem é definida como a quantidade de água evaporada por hora em uma determinada área. As taxas de evaporação são usadas para avaliar a capacidade de produção da seção de secagem em relação aos padrões de máquinas similares.

Taxas de secagem elevadas produzem também altas taxas de condensação e indicam bom desempenho da seção de secagem. Se a taxa de secagem é relativamente baixa, é sintoma de que a remoção de condensado está deficiente, portanto, deve ser identificada e eliminada a sua causa. Outros fatores que afetam a taxa de secagem e devem ser analisados incluem a pressão do vapor, o teor de umidade da folha, os sistemas de ventilação dos bolsões e a permeabilidade das telas secadoras.

A eficiência térmica é determinada pela medição do coeficiente de transferência de calor, que examina as resistências ao fluxo da energia térmica do vapor para a folha de papel. A maior resistência à transferência de calor é a camada de condensado dentro do cilindro do secador. Variáveis adicionais que afetam o coeficiente de transferência de calor incluem: projeto e tensão da tela secadora; sujeira na superfície do secador; espessura da camisa do cilindro secador; gases não condensáveis dentro do secador e o sistema aerotérmico.

2. Análise da Remoção de Condensado

Outro parâmetro importante são as temperaturas das superfícies dos cilindros secadores. Grandes diferenças entre a temperatura do vapor e a temperatura da superfície do secador indicam uma máquina com transferência de calor ruim. As diferenças entre as duas temperaturas dependem da velocidade da máquina e da taxa de secagem. Contudo, qualquer desvio superior a 30 °C indica problemas com a remoção de condensado. Traçar a diferença entre a temperatura do vapor e a temperatura da superfície do secador permite que o operador da máquina mire nos secadores inundados ou nos secadores que não evacuam o condensado adequadamente. Esta medição fornece ao operador uma ferramenta para solucionar problemas e identificar áreas de melhoria na seção de secagem.

A otimização da seção de secagem deve começar com sifões adequadamente projetados e selecionados. O principal critério utilizado na seleção de um sistema de sifão é a velocidade de operação da máquina. Frequentemente, muitas máquinas de papel são reformadas para aumento de capacidade de produ-

ção sem que uma análise do tipo e dimensionamento do sifão seja realizada. Inspeções mecânicas devem ser feitas com regularidade para garantir que o equipamento esteja em condições operacionais adequadas. No entanto, o sifão não é a única variável para uma remoção de condensado eficiente. O sistema de controle deve garantir diferenciais de pressão adequados e flexibilidade para operar em condições adversas, como na quebra de folha e trocas de gramaturas.

No processo de avaliação é fundamental que seja realizado um acompanhamento para verificar a consistência de drenagem nas condições limites de produção, como nos *setups* de: menor gramatura e maior velocidade; maior gramatura e menor velocidade e produção reduzida.

3. Design do Sistema de Vapor e Condensado

Um sistema de vapor e condensado bem projetado removerá eficientemente o condensado, permitirá o máximo controle das pressões de vapor e minimizará o uso de vapor de arraste. Um sistema mal projetado causará inundação do secador, limitação na capacidade de secagem e consumo excessivo de energia. Além disso, a qualidade será afetada pela variação de temperatura dos secadores, ocasionando problemas como perfil de umidade deficiente, perda de resistência e enrugamento da folha.

Várias configurações de sistemas de vapor estão disponíveis e devem ser aplicadas de acordo com o projeto de cada máquina e os tipos de papéis produzidos. Um sistema de primeira classe incluirá a capacidade de graduar a pressão de vapor em uma curva de secagem, evitar a aderência de fibras, o enrugamento ou selagem da folha e permitir uma evacuação ideal do condensado.

Para avaliar adequadamente o *design* do sistema de vapor e condensado são necessárias informações precisas sobre o funcionamento da máquina de papel. Dados como cargas de condensação e taxas de vapor soprado para a atmosfera ou condensadores são cruciais para determinar a eficiência térmica do sistema. Esses cálculos devem levar em conta a configuração das telas secadoras, a umidade do ar no bolsão, a umidade da folha, o diâmetro dos cilindros secadores e as características de fluxo dos sifões existentes, entre outras informações.

4. Balanço Aerotérmico

A consideração final é o balanço de energia no que se refere ao sistema de exaustão da capota, aos fluxos de ar e aos sistemas de ventilação de bolsão. Se o fluxo de ar na capota for muito baixo, poderá ocorrer levantamento das bordas, vibração da folha, variação de umidade e condensação da água evaporada. Quando o valor é alto pode significar uso excessivo de energia e criar instabilidade na folha no início da secagem. Os valores de umidade no bolsão variam em uma ampla faixa e são definidos como a quantidade de vapor d'água por unidade de ar seco. A umidade máxima do bolsão pode chegar a 1,3 unidades de água por unidade de ar seco. Contudo, nesta condição, o ar dos bolsões está saturado a 90 °C e nenhuma umidade pode evaporar da folha até

que a umidade absoluta do bolsão seja reduzida para aproximadamente 0,65 unidades de água por unidades de ar seco.

Um bom nível-alvo, que também é um valor de referência, é 0,25 unidades de água por unidade de ar seco. Se houver uma grande variação na umidade entre o centro e a borda, o perfil de umidade da folha é afetado e a qualidade é prejudicada. Por essas razões, a otimização da seção de secagem deve incluir uma revisão do equilíbrio de fluxo de ar na capota para garantir a máxima eficiência.

5. Diagnóstico

Após a conclusão dos cálculos e verificações de campo, os resultados são comparados com máquinas de alto desempenho e padrões TAPPI, bem como com os resultados anteriores da própria máquina.

As áreas de “baixo desempenho” são definidas e as mudanças com maior potencial de benefícios podem ser priorizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Fatores de Influência na Transferência de Calor

Como já mencionado, a maior resistência à transferência de calor no processo de secagem de papel é a camada de condensado dentro do cilindro do secador. O primeiro fator de influência a ser analisado é o tipo de sifão. Devido à confiabilidade operacional e à resistência mecânica, os projetos atuais de sifões estacionários atendem todas as faixas de velocidade de trabalho. O filme de condensado no interior do cilindro secador é geralmente de 6 mm e operam constantemente com diferencial de pressão de 0,2 bar, independentemente da velocidade da máquina (**Figura 1**). Este baixo requisito de pressão diferencial é essencial para permitir o controle nos primeiros cilindros da seção de secagem, onde as pressões de trabalho podem ser su-

batmosféricas. A taxa de vapor de arraste é minimizada entre 10% e 12% da condensação, resultando em economia de vapor, e tamanhos menores de válvulas e linhas de condensado, devido ao menor volume de vapor de arraste no sistema.

Já os sifões rotativos, comuns em máquinas de papel mais antigas, produzem um filme de condensado de 1,6 mm de altura e, conseqüentemente, menor resistência à transferência de calor. Porém, devido ao seu conceito de projeto de girar solidário ao cilindro secador, necessita de maior pressão diferencial conforme a velocidade da máquina aumenta. Isso se deve à força centrífuga que atua sobre o condensado. Em velocidades acima de 600 mpm, os requisitos de pressão diferencial aumentam exponencialmente e, máquinas que possuem o sistema de vapor em cascata passam a ter as pressões de trabalho limitadas. A taxa de vapor de arraste dos sifões rotativos é bem maior, entre 20% e 22%, o que provoca o manejo de um volume expressivo de vapor e a necessidade de válvulas e tubulações maiores na instalação.

Barras de turbulência são altamente recomendadas quando um sifão estacionário é utilizado, pois estes possuem requisito de uma folga maior entre o cilindro secador que os sifões rotativos. As barras reintroduzem a turbulência do condensado dentro do cilindro secador a fim de melhorar a transferência de calor e criar um bom perfil de temperatura transversal na máquina. As barras de turbulência podem trazer contribuições significativas para melhorar a eficiência da secagem e a qualidade do papel quando são usadas nas condições adequadas. Sua eficácia é determinada por uma inter-relação entre a velocidade do secador e a carga de condensação.

À medida que a velocidade da máquina ou a carga de condensação aumenta, melhora também a transferência de calor e o perfil de umidade.

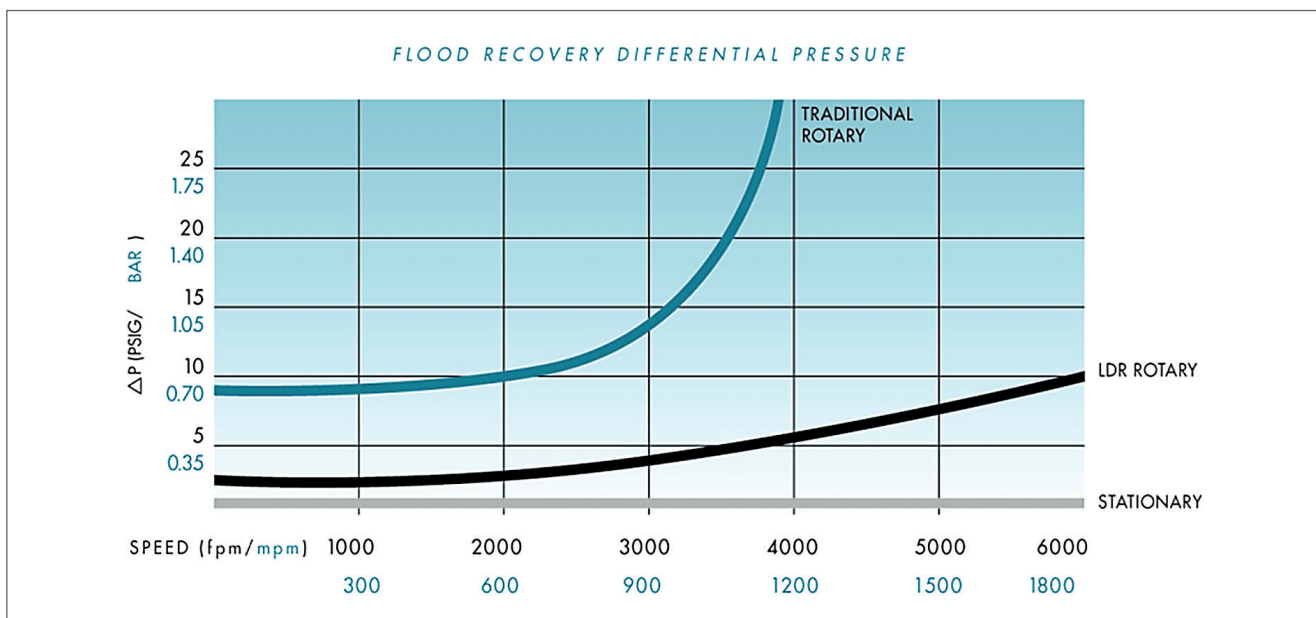


Figura 1. Curvas de Diferencial de Pressão Requerido por Tipo de Sifão

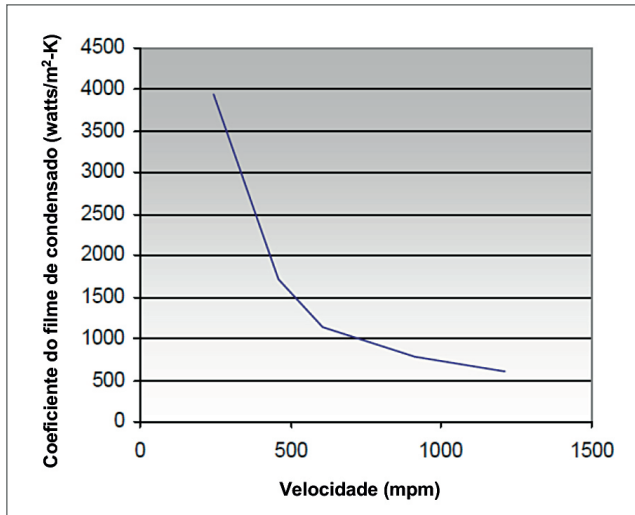


Figura 2. Transferência de Calor com o Uso de Barras de Turbulência

Em um teste realizado em laboratório com cilindro secador de 1500 mm de diâmetro e sifão rotativo tradicional instalado, a pressão do vapor e a taxa de condensação foram mantidas constantes e, variou-se a velocidade conforme mostra a **Figura 2**.

O coeficiente de transferência de calor do filme condensado hc relaciona o fluxo de calor por unidade de área Q'' por meio da camada de condensado à diferença de temperatura entre o vapor T_s e a superfície interna do cilindro do secador T_d , conforme mostrado na equação a seguir.

$$Q'' = hc (T_s - T_d) \quad \text{Equação (1)}$$

É possível observar que a resistência ao fluxo da energia térmica do filme condensado hc cai significativamente à medida que a velocidade da máquina aumenta.

Outra consideração importante, é que a pressão das telas secadoras aumenta a taxa de transferência de calor do secador para o papel. A pressão aplicada ao papel depende da tensão da tela e do diâmetro do secador. A pressão pode ser calculada, como uma primeira aproximação, pela equação:

$$P = 2 T / D \quad \text{Equação (2)}$$

Nesta equação:

P = pressão de contato,

T = tensão linear da tela secadora e

D = diâmetro externo do secador.

Aumentar a tensão da tela também aumenta a pressão no papel e isso, por sua vez, aumenta a taxa de secagem (**Figura 3**). A tensão da tela secadora normalmente está na faixa de 12 a 18 pli, com os valores mais altos usados para secadores de diâmetro maiores em máquinas que produzem papéis leves e de baixa permeabilidade em alta velocidade.

Geralmente, uma tensão mais alta é melhor, mas há um limite onde a tensão excessiva pode danificar as telas e os rolos da

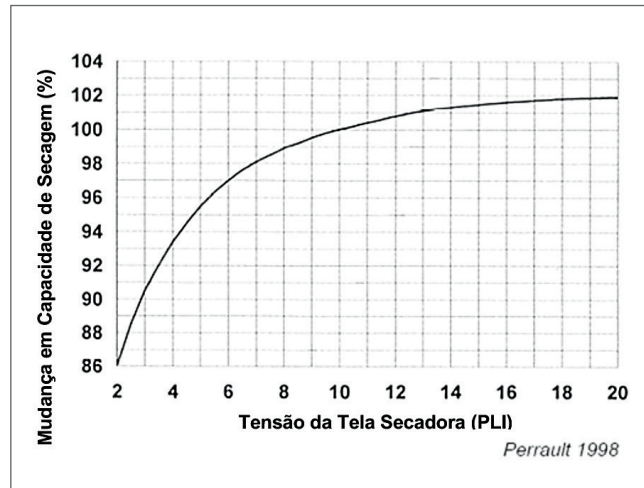


Figura 3. Relação entre a Tensão da Tela Secadora e Alteração na Capacidade de Secagem

máquina sem um ganho prático na capacidade de secagem. Esse ponto está próximo de 20 pli, mas deve ser definido na prática.

A configuração das telas secadoras em uma máquina de papel também influencia a capacidade de secagem. Configurações de Unirun (Monotela) e Single-Tier são usadas para dar maior estabilidade à folha em máquinas de alta velocidade e possuem um abraçamento maior do cilindro secador sobre o papel. Nesses cilindros, a taxa de transferência de calor é cerca de 15% maior. Na Uniran (monotela) o papel passa por fora da tela nos cilindros inferiores e a contribuição na secagem é muito baixa nesses cilindros. A combinação de 2 cilindros em uma unirun (monotela) dá 60% da capacidade de secagem equivalente aproximadamente (**Figura 4**). Quando o papel está sobre um cilindro secador sem tela, a efetividade equivalente de transferência de calor fica em torno de 15% (**Figura 5**).

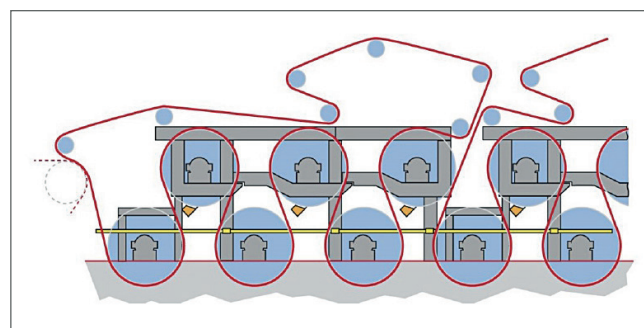


Figura 4. Configuração de Tela Uniran

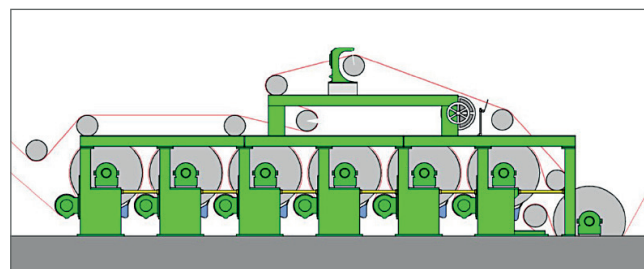


Figura 5. Configuração de Tela Single Tier

A limpeza da tela secadora não aumenta ou diminui a quantidade de energia necessária para secar a folha de papel. Entretanto, telas secadoras obstruídas com fibras ou contaminantes reduzem a uniformidade da transferência de calor, a efetividade do sistema de ventilação e a estabilidade da folha. Isso aumenta a demanda dos dispositivos de controle de perfil de umidade transversal e, indiretamente reduz a capacidade de secagem, aumenta o número de quebras da folha de papel e reduz a eficiência energética da máquina.

2. Verificações dos Sifões

Drenagem consistente é condição obrigatória para garantir eficiência térmica, produtividade e qualidade no perfil de umidade da folha de papel. A drenagem é a combinação do funcionamento dos sifões e do sistema de controle da máquina. Primeiramente, é importante ressaltar que a carga de condensado é diferente em cada secador. É maior no início da seção de secagem, onde o papel está mais úmido e menor temperatura. Vai diminuindo gradativamente conforme o papel é seco e sua temperatura aumentando. A condensação também aumenta sempre que a pressão de trabalho for elevada. Essa condição é percebida na transição de grupos secadores quando a pressão é aumentada para atender a uma curva de secagem. A **Figura 6** representa uma curva típica de secagem

de uma máquina de papel Linerboard, com a seguinte divisão de grupos de secadores e pressões de trabalho.

A curva azul mostra o comportamento da condensação ao longo da secagem e curva vermelha a umidade no papel. Também é possível observar o aumento da condensação nas transições de grupo, quando a pressão é aumentada.

Outro aspecto importante a ser abordado, é sobre o funcionamento dos sifões. O princípio geral é o mesmo tanto para o sifão rotativo como para o estacionário. O sifão pode ser entendido como uma tubulação que conecta o interior do secador (ponto "A") com um tanque que está do lado de fora (ponto "B"). Para haver drenagem do condensado, é necessário que a pressão no ponto "A" seja maior que a pressão no ponto "B", ou seja, que haja um diferencial de pressão. O fluxo de condensado entre os pontos "A" e "B" será maior se o diferencial de pressão entre os pontos "A" e "B" também for maior.

O vapor que está no interior do secador também passa pelo sifão, misturando as duas substâncias e reduzindo a densidade. Assim, um pequeno valor de diferencial de pressão é suficiente para "empurrar" o condensado para fora do secador. A velocidade do vapor é maior em relação às partículas de condensado. Isso cria um efeito de arraste do condensado pelo vapor. É por isso que o vapor que está no secador e é exaurido pelo sifão, sem

Tabela 1. Configuração da Seção de Secagem de uma Máquina de Papel Linerboard

Grupo Secador	Cilindros	Pressão (bar)
1.º grupo	01 ao 09	3,9
2.º grupo	10 ao 15	4,9
3.º grupo	16 ao 23	6,0
4.º grupo	24 ao 31	7,0
5.º grupo	32 ao 37	5,0

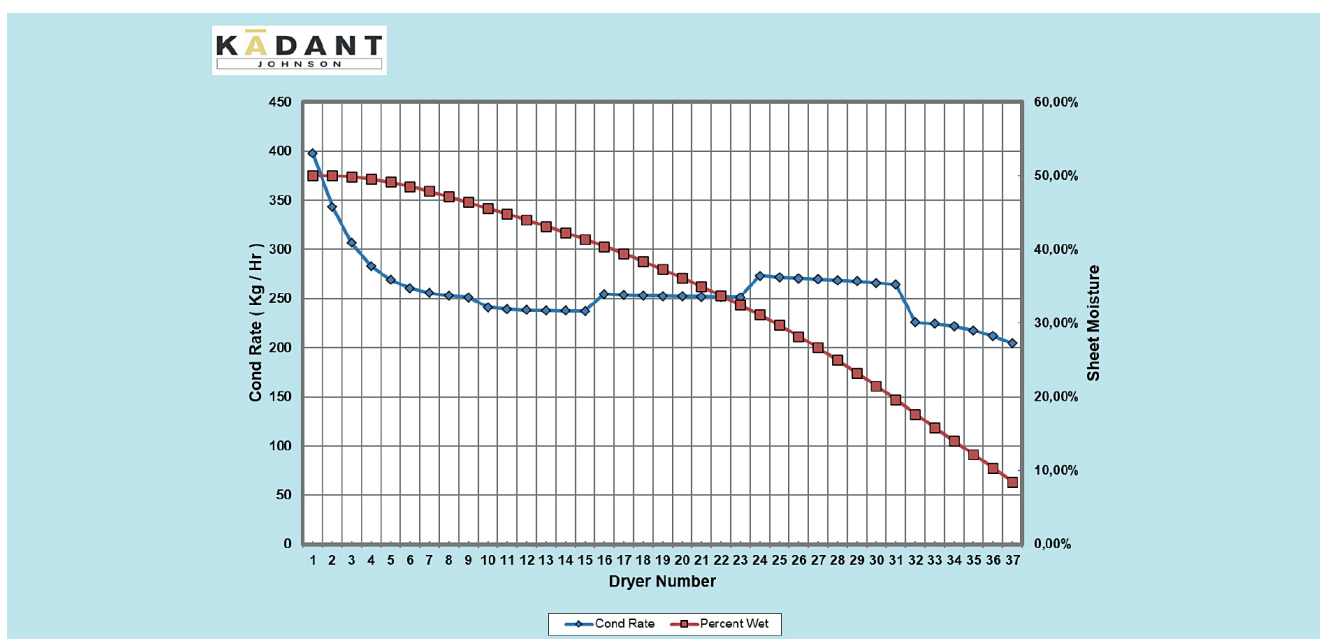


Figura 6. Gráfico de Condensação x Umidade do Papel

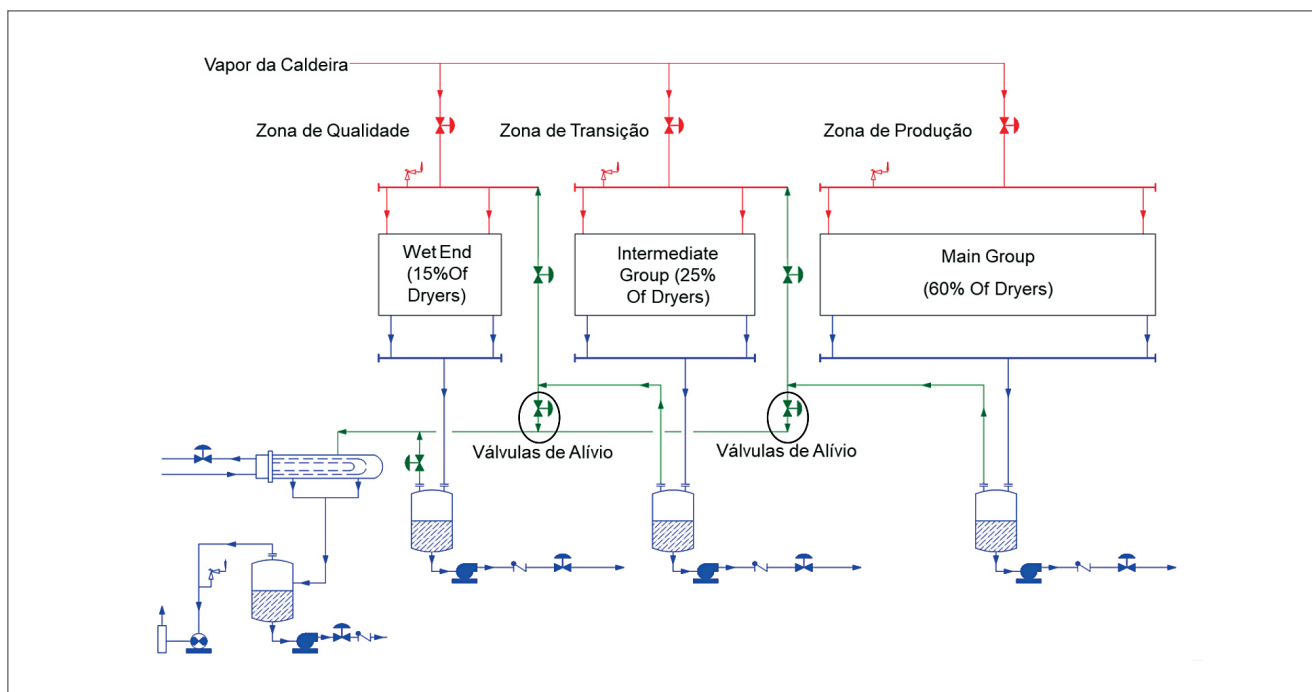


Figura 7. Fluxograma de um Sistema de Vapor Tipo Cascata com Válvulas de Alívio

se condensar, é chamado de “vapor de arraste” ou *blow-through*, na língua inglesa.

Em pressões mais altas, o vapor é mais denso e, portanto, exige-se menos velocidade para se dar o mesmo “empurrão”, ou seja, o diferencial de pressão pode ser menor.

Feitas essas considerações, é possível relacionar os desafios e pontos de atenção que o dimensionamento dos sifões requer:

1. O dimensionamento deve ser verificado em cada secador e nas condições de limites inferior e superior quanto à velocidade, gramatura e tipo de papel.
2. A definição de *setpoints* de diferencial de pressão deve ser analisada separadamente por grupos secadores e cilindros com controles individuais.
3. O gerenciamento do vapor de arraste deve ser analisado levando-se em conta o tipo de sifão e a carga de condensado em cada grupo secador.
4. O dimensionamento das tubulações e válvulas de controle é influenciado pelo volume de vapor de arraste que circula pelo sistema.

3. Considerações sobre o Sistema de Vapor e Condensado

O sistema de vapor e condensado é responsável por controlar a curva de secagem e gerenciar eficientemente a drenagem do condensado da máquina de papel. Para isso, o sistema possui transmissores de pressão, vazão e temperatura, que operam a partir de uma lógica de funcionamento e atuam sobre válvulas automáticas.

As válvulas de controle de diferencial de pressão merecem atenção especial. Primeiro, porque demandam que o transmissor esteja bem calibrado, uma vez que a faixa de medição é muito estreita e requer precisão na leitura.

Para que a válvula tenha uma atuação precisa, o ideal é que ela opere no range de abertura de 30% a 70%. Porém, dimensionar essas válvulas é um desafio quando a máquina produz uma larga faixa de gramaturas e possui variações expressivas na carga de condensado.

O controle de nível dos tanques separadores é de suma importância para evitar alagamentos e impedir o arraste de condensado junto com o vapor para dentro dos secadores novamente. Para que haja uma separação ideal entre o vapor e condensado, é necessário que a velocidade da mistura no tanque não seja superior a 0,5 m/s e o nível não exceda 60%.

Qualquer sistema de vapor e condensado apresenta variações, que os seus componentes sempre irão modular para buscar os *setpoints* de controle. No entanto, existem as situações adversas como quebras de folha, variações de pressão na linha principal e outras, que requerem recursos da máquina para que o processo não se desestabilize. Nessas situações é fundamental proteger o sistema para que não haja alagamentos. A forma mais comum de fazer isso é instalando válvulas de alívio que impedem que o sistema de drenagem perca o diferencial de pressão, conforme mostrado na **Figura 7**.

A definição dos *setpoints* de controle de pressão dos grupos secadores requer atenção especial. Em sistemas de vapor e condensado tipo cascata, o vapor contido nos tanques separadores (arraste + flash) do grupo secador que está à frente retorna para o grupo anterior.

A diferença de pressão entre grupos secadores, também chamado de BIAS, será a soma do diferencial de pressão e a perda de carga da linha que fará a cascata. Em termos práticos, se um grupo secador possui diferencial de pressão de 0,3 bar e a perda

Tabela 2. Efeito da Mistura de Gases Não Condensáveis na Temperatura do Vapor

% de Ar	Temperatura da Mistura a 1 Bar g	Pressão Necessária para Manter a Temperatura Equivalente (Bar g)
0	120.4 °C	1.0
2	119.8 °C = 0.92 Barg	1.04
4	119.1 °C = 0.86 Barg	1.08
6	118.4 °C = 0.87 Barg	1.13
8	117.8 °C = 0.84 Barg	1.18
10	117.1 °C = 0.80 Barg	1.22
12	116.4 °C = 0.76 Barg	1.27
14	115.1 °C = 0.68 Barg	1.33
16	115.0 °C = 0.68 Barg	1.38
18	114.2 °C = 0.63 Barg	1.44
20	113.6 °C = 0.60 Barg	1.5

de carga da linha da cascata também é de 0,3 bar, a pressão do grupo anterior deve ser no mínimo 0,6 bar menor que a do grupo que está a sua frente na seção de secagem.

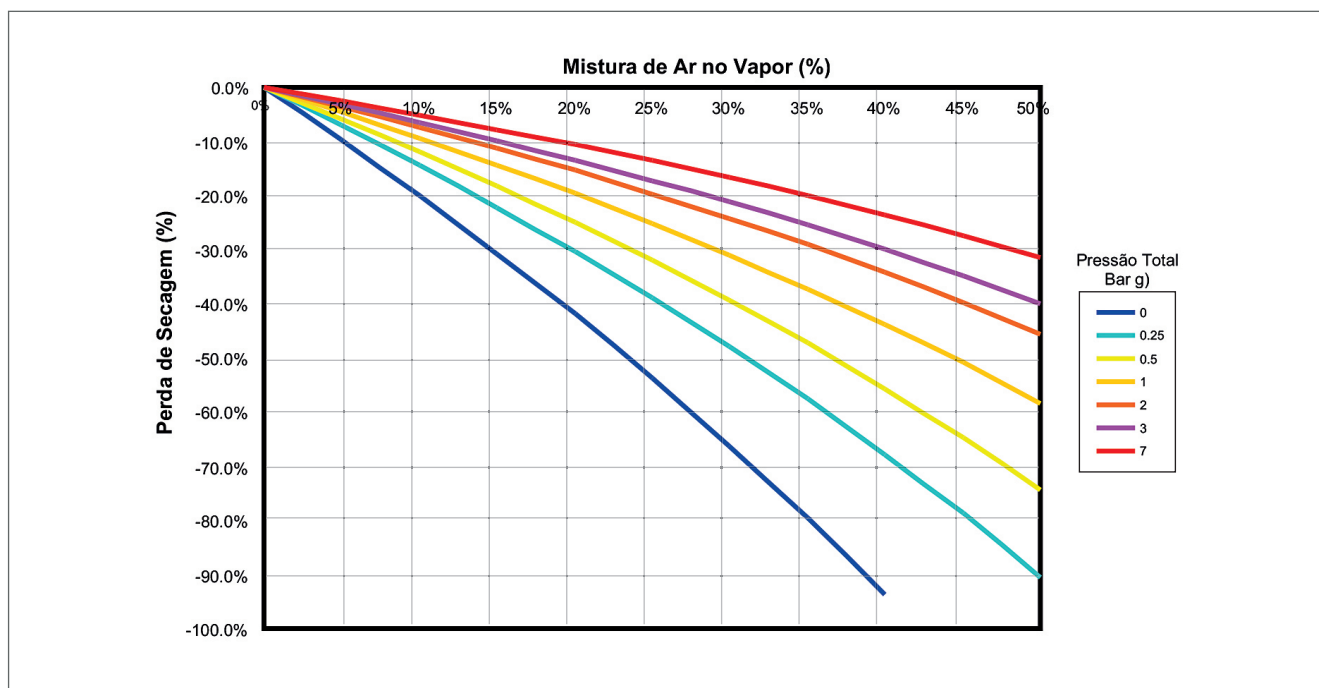
4. Eliminação de Gases do Sistema de Vapor e Condensado

Os gases não condensáveis reduzem a transferência de calor na seção de secagem e produzem um perfil de temperatura transversal na superfície dos secadores desigual. Como consequência, irá provocar um perfil de umidade na folha de papel não uniforme.

Essa é uma questão física que foi expressa pelo cientista inglês John Dalton, que em 1801 estabeleceu a lei que leva seu nome,

a Lei das Pressões Parciais – um princípio fundamental na química e na física. A lei afirma que, em uma mistura de gases não reativos, a pressão total exercida pela mistura é igual à soma das pressões parciais de cada gás individual. Isso significa que, para uma mistura de 50% de vapor com 50% de ar, a pressão efetiva do vapor é apenas metade da pressão (absoluta) vista no manômetro. Na **Tabela 2** é possível verificar qual deve ser a pressão de vapor para manter a temperatura equivalente, se houver mistura de ar dentro dos secadores de uma máquina de papel.

O efeito de perda de capacidade de secagem é minimizado conforme a pressão é aumentada, como mostra a **Figura 8**.

**Figura 8. Relação Entre Mistura de Ar no Vapor e Perda de Capacidade de Secagem**

Hoje em dia, os tratamentos de água de *make-up* para caldeiras estão bem desenvolvidos, de forma que há muito pouco residual de gases não condensáveis no vapor.

Os modernos projetos de sifões e sistemas de controle de diferencial de pressão reduzem muito a tendência dos gases se acumularem nos cilindros secadores.

Em sistemas de vapor tipo cascata, os gases não condensáveis são eliminados naturalmente pela própria característica do sistema que é aberto. Em sistemas de vapor com termo-compressor que recircula o vapor de arraste (*blow-through*) de volta para os secadores, existe a tendência que os gases não condensáveis se acumulem com tempo e devem ser purgados periodicamente, de forma programada, pelo sistema de controle.

Outra forma de impedir o acúmulo de gases é instalar um dispositivo chamado NCB (Non-Condensable Bleed), que purga continuamente parte do vapor recirculado. Nas instalações típicas de termo-compressor, geralmente um NCB de 50 kg/h a 100 kg/h de purga é considerado adequado.

5. Ajuste Aerotérmico

Os fluxos de ar de ventilação e exaustão devem ser ajustados baseados na taxa de evaporação. Isso é particularmente importante para máquinas que operam com um largo range de pressões de vapor.

Mais exaustão é requerida quando a taxa de secagem aumenta, menos exaustão é requerida quando a taxa de secagem diminui. Muita pouca exaustão é requerida durante as quebras de folha do papel.

A temperatura do ar insuflado deve ser suficiente para prevenir a condensação nos painéis da capota e o gotejamento sobre a folha de papel. Altas temperaturas do ar aumentam a quantidade de energia consumida. Em geral, a energia será desperdiçada se a temperatura do ar estiver acima de 93 °C.

Para isso, é necessário monitorar a taxa de secagem, calcular a necessidade de ar de exaustão e ajustar os ventiladores e *dampers* adequadamente. Um sistema de gerenciamento da secagem pode fazer esse controle com facilidade.

CONCLUSÃO

A seção de secagem consome uma grande quantidade de energia e tem o potencial de impactar dramaticamente a qualidade do papel e a lucratividade das operações.

O processo de secagem, como outros na fabricação de papel, é uma complexa matriz de sistemas interrelacionados. A melhor forma de avaliar seu desempenho é realizar uma auditoria com abordagem sistemática de medições, acompanhamento, cálculos e análises que considere todos os aspectos da seção de secagem.

Os retornos esperados vão desde as recomendações de melhorias em procedimentos operacionais, passando por projetos com retornos em economia de energia, aumento da capacidade de secagem, confiabilidade na drenagem dos secadores, estabilidade operacional e uniformidade no perfil de umidade. Os fabricantes de papel podem confiar em saber que uma visão holística abordará os problemas de desempenho mais sérios e fornecerá resultados além das expectativas. ■

REFERÊNCIAS

- Chaloux, J. *Save energy in the dryer section*. 2009.
- Ghosh, K., A. *Fundamentals of Paper Drying: Theory and application from industrial perspective*. 2011.
- Kadant Inc. *Paper drying and energy tips*. 2016.
- Lang, I. *Drying performance and fabric tension*. 2004.
- Martz, W. and Soucy, M. *Framework for optimization of the paper machine dryer section*. 2005.
- Timm, L. G.; Skelton, M. D. and Wedel, L. G. *Heat transfer performance with dryer bars*. 2002.
- Wedel, L. G. *Opportunities for energy conservation in paper drying*. 2006.
- Wedel, L. G. *Dryer condensing loads following sheet breaks*. 2015.