

ANÁLISE DE TOPOGRAFIA ON-LINE POR MÉTODO ESTEREOFOTOMÉTRICO – NOVAS FERRAMENTAS PARA FABRICANTES DE TISSUE, PAPEL E CARTÃO

Autores*: Tommi Löyttyniemi ¹
Seyhan Nuyan ^{1,2}
Marko Toskala ²
Jari Almi ¹

1 - Finlândia

2 - Brasil

RESUMO

As técnicas baseadas em método estereofotométrico têm permitido análises topográficas on-line de papel ou cartão em surpreendente alta resolução. Essas técnicas já são capazes de medir, on-line, características detalhadas de superfície em movimento em velocidades de produção de papéis, características essas impossíveis de serem observadas a olho humano. Nos papéis tissue, as análises topográficas do produto final, após o crepe, tornam possível determinar inúmeros parâmetros de qualidade, incluindo a maciez. Atualmente, a objetiva determinação de maciez do tissue tem sido possível apenas com alguns dispositivos de teste em laboratório. Para papel e cartão, esses modernos analisadores não apenas estimam o PPS (Parker Print Surf, método que mede o grau de aspereza) ou fazem outras medições tradicionais, como também oferecem outra dimensão de caracterização topográfica que nenhum método baseado em fluxo de ar pode oferecer.

Este artigo provê uma visão geral do potencial do princípio estereofotométrico para determinação da topografia de superfície do tissue, do papel e do cartão. Os resultados dos testes pilotos e do uso contínuo dos equipamentos demonstram como uma variedade de propriedades – algumas mais complexas e outras mais subjetivas, como maciez – pode ser quantificada por meio do uso de técnicas de análise de imagem on-line.

Palavras-chave: Topografia de Superfície, Medição de Maciez

INTRODUÇÃO

Por alguns anos, muitas fábricas que produziam papel e cartão para impressão em rotogravura foram consideradas bem-sucedidas ao otimizar sua qualidade e custos produtivos com o auxílio das análises estereofotométricas. Estudos anteriores mostravam que as

características fundamentais da topografia consistiam, na maioria das vezes, em propriedades de impressão offset como uniformidade visual, manchas, ganho de ponto, brilho delta e manchas de brilho.

Tradicionalmente, a topografia de superfície tem sido mensurada por meio de indicadores indiretos de aplicação mais fácil do que processos exatos. Por exemplo, os métodos de permeabilidade ao ar produzem uma saída escalar proporcional à irregularidade topográfica. Os resultados dependem de várias configurações dos dispositivos de medição, que mudam diversas vezes para atender às necessidades de diferentes tipos de papel e cartão. Exemplo: para Parker Print Surf (PPS) usam-se diferentes pressões e suporte de amostras macias ou duras. As configurações de medição e de dispositivos variam em diferentes países e em fábricas com métricas distintas, até entre as mais utilizadas.

A topografia e a maciez da superfície são também propriedades relevantes para produtores de tissue, desempenhando importante papel para a maciez avaliada pela percepção do consumidor. A pontuação Hand Feel mede, basicamente, a lisura da superfície, que está relacionada à maciez. A suavidade que o produto aparenta também depende da espessura (volume) e de sua flexibilidade [1] ou da sensação da superfície [2]. Bem diferente de outras propriedades do tissue, a maciez é complexa, não muito bem definida e amplamente subjetiva: complexa porque se trata de uma combinação de várias propriedades fundamentais (como topografia de superfície – lisura, por exemplo) e morfológicas das fibras; não bem definida porque não há consenso universal sobre o tema, e subjetiva porque sua medição se baseia em sensação tátil e individual. Cada fábrica tende a usar seu próprio método. Tudo isso levou a um complexo conjunto de medidas ou avaliações subjetivas relacionadas à topografia não comparáveis em todos os aspectos.

MÉTODOS

Medição de Superfície On-line

A medição de topografia do Valmet IQ avalia a qualidade da superfície da folha de papel em movimento por meio da captura de imagem em alta velocidade e de técnicas de análise de imagem. A iluminação da área mensurada é feita por várias luzes (LED) coloridas a partir de diferentes direções ao redor de uma câmera de alta resolução que tira várias imagens instantâneas do mesmo lado da folha com fonte de luz em flash. Instalado em um medidor convencional on-line, que gerencia toda a folha, o dispositivo fornece informação de medição on-line de toda a produção, tanto para média MD quanto para perfis CD. Assim, se comparado à amostragem e às medições manuais laboratoriais, o método se revela superior, uma vez que está continuamente disponível não necessita espera e dispõe de base de dados significativamente mais alta.

As análises de medição de superfície são feitas a partir de sofisticados cálculos de análise de imagem que definem um número para os parâmetros-chave de qualidade da superfície, como, por exemplo, maciez, rugosidade, índices de variabilidade, buracos, picos e espectros de potência, e, no caso do papel, maciez de superfície e contagem de onda crepe.

Princípio de Medição

A medição utiliza o método estereofotométrico para capturar múltiplas imagens de um único ponto de vista com duas ou mais fontes de luz. O método estereofotométrico oferece campos de gradientes da superfície sem contato e de maneira rápida pelo uso de informações de sombreamento. A topografia da superfície é obtida com a integração dos campos gradientes.

Os diodos emissores de luzes vermelha, verde e azul são utilizados para produzir um ângulo baixo de iluminação nas três direções. A câmera colorida distingue informações de sombreamento produzidas pela iluminação em cada direção em um único momento usado para capturar a topografia da superfície (Figura 1).

Em torno da câmera, existem três direções de iluminação da área medida com seis controles individuais de luzes de flash. Placas de pulso geram iluminação LED de alta intensidade sobre a folha a ser medida. Um pulso de luz curto (flash) congela o movimento do papel, e uma câmera CCD de alta resolução faz a captura instantânea. A intensidade



Figura 1: Princípio de Medição

das cores individuais é controlada pela tensão de alimentação do LED, cujo flash tem duração de 0,5 a 3 μ s, dependendo da velocidade da máquina e das propriedades ópticas da folha. A imagem, em tamanho de 1 x 1 cm (1000 x 1000 pixels), é capturada em velocidade padrão da câmara de 10 Hz. Uma sofisticada análise de imagem é aplicada para gerar diversas variáveis de medição da qualidade da superfície.

A imagem capturada, compensada pela utilização de uma imagem de referência e calculada pela média de imagens da folha capturada on-line, representa o total de superfície plana, excluindo-se distorções causadas pelo equipamento ou por impactos do ambiente. A compensação com referência de imagem remove distorções da medição atual [3]. Em adição à boa correlação com PPS, a informação obtida é mais valiosa do que esse método ou outro sistema de medição convencional. Em vez de um número, o sistema fornece um espectro topográfico que é dividido, com base no tamanho, em bandas de comprimento de onda, sendo cada uma delas submetida a cálculo de intensidade de variação.

Experiências Fabris de Previsão de Printabilidade

As análises estereofotométricas iniciaram-se com impressão de rotogravura, sendo a primeira desenvolvida em laboratório e, depois, sensor de escaneamento on-line. A habilidade do método para prever a printabilidade da fotogravura e, especialmente, a quantidade de pontos ausentes ou distorcidos foi publicada em vários estudos anteriores e apresentações [4] [5] [6] [7] [8].

Em muitos casos, a técnica tem sido demonstrada na previsão da má qualidade da impressão de rotogravura em uma variedade de tipos de papel e cartão SC (Supercalandrado) para FBB (Folding Box Board, sigla em inglês para caixa de papelão). Parâmetros que se correlacionam bem com a maciez obtida pelo método tradicional de PPS têm sido calculados a partir da informação topográfica da medição de folha em inúmeros projetos pilotos e teste de escala de fábrica.

Testes realizados em uma fábrica de papel na Finlândia, juntamente com uma gráfica local em regime de operação normal de produção, apresentaram excelentes resultados na previsão da printabilidade de rotogravura, com mecanismos que têm fornecido valiosas informações. Nesses testes, a qualidade da impressão da rotogravura foi avaliada visualmente e com a ajuda de um programa de visão de máquina. Para os testes, meios-tons predeterminados (da escala CMYK em densidades de 25%, 15% e 5%) foram impressos em brochura e então escaneados e avaliados pelo software PTS Domas para análise de imagem.

Esses testes analisaram pontos ausentes e consideraram vários parâmetros, incluindo as classes de tamanho de ponto e pontos coerentes. A rugosidade dos rolos de impressão do cliente foi medida com a nova topografia obtida pelo sensor de medição estereofotométrica nas direções da máquina e transversal. Os resultados obtidos também foram comparados com a aspereza PPS em laboratório.

Nenhuma significativa quantidade de pontos faltantes foi encontrada nas provas, exceto um caso de 5%.

O número de pontos defeituosos, porém, aumentou dramaticamente de acordo com o índice de topografia de folha. As propriedades dos pontos tiveram uma clara relação com ambas as medições:

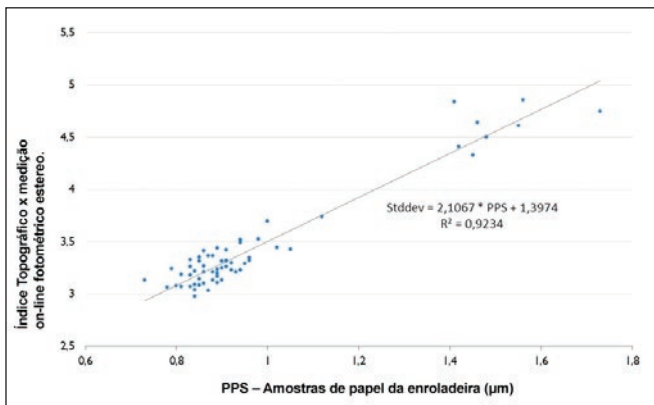


Figura 2: Relação entre o índice de superfície e medições de valores PPS (maior índice topográfico significa mais variação topográfica)

on-line e PPS. Com o aumento de rugosidade, foi possível notar que também aumentou a distribuição de tamanho de ponto. As avaliações visuais de produtos impressos tiveram boa correlação com a topografia de medida on-line com sensor IQ e rugosidade PPS para todos os tipos de papel (Figura 2).

A medição on-line funciona bem nos tipos mais leves (PPS < 0,9). A Figura 3, referente a uma fábrica de FBB, mostra que a qualidade da superfície diminui à medida que a lâmina de revestimento fica gasta, mas o PPS não acusa isso de modo claro. O novo sensor on-line com princípio estereofotométrico mostra nitidamente o efeito do desgaste da lâmina de revestimento na lisura da superfície (Figura 4). Os operadores logo começaram a usar essa tendência para determinar o momento de trocar a lâmina de revestimento.

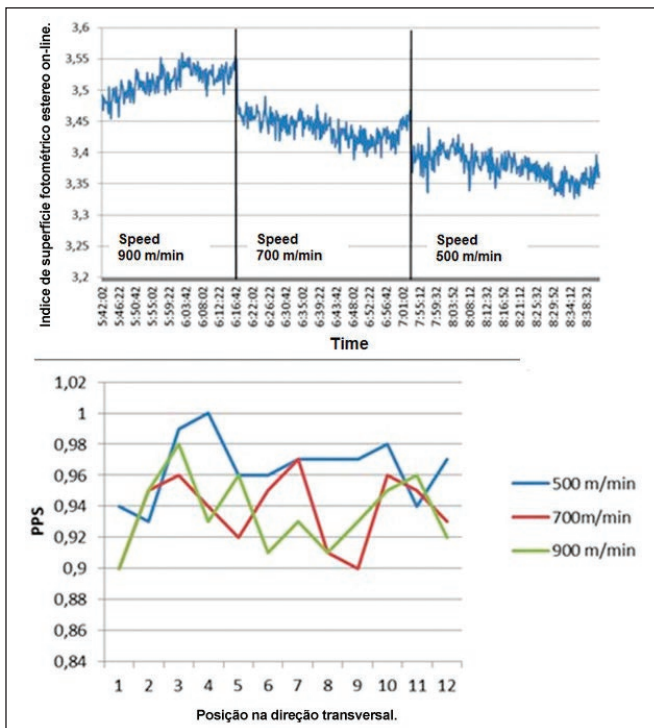


Figura 3: Tendência da direção da máquina para índice de superfície on-line a partir do processo estereofotométrico (acima) e os perfis CDs da medição de PPS (abaixo). O sistema estereofotométrico detecta diferenças não acusadas pelo PPS

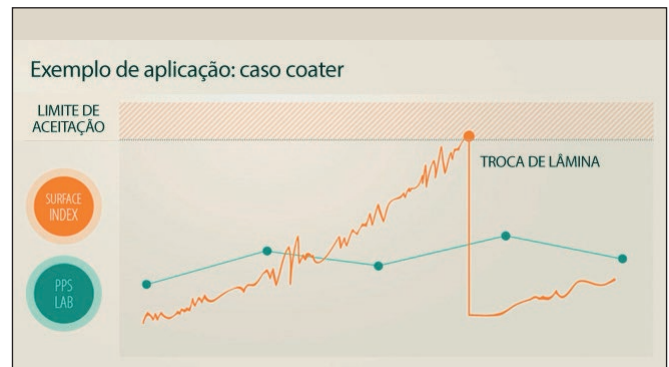


Figura 4: Tendências no índice de superfície do novo sensor on-line da medição PPS através da alteração da lâmina de revestimento. O índice de superfície do novo sensor de superfície de folha acusa a diferença, algo que o PPS não faz

Maciez do Tissue

A maciez de superfície é calculada a partir de uma imagem da topografia com filtros selecionados de maneira apropriada. A medição é compensada por sua gramatura, auferida a partir do sensor no scanner. A compensação de gramatura melhora a correlação com a medição laboratorial de maciez. Como exemplo disso vale observar a imagem de superfície de folha e da topografia calculada (Figura 5).

A contagem de onda de crepe (1/cm) é calculada como principal valor da distribuição de frequência do crepe (espectro) a partir da figura da topografia. Adicionalmente, calcula-se a espessura a partir da frequência de distribuição do espectro com contagens de onda de crepe. Métodos similares foram utilizados previamente para cálculos de contagem de crepe em aplicações off-line [9].

A Figura 6 mostra imagens relativas à maciez: média e alta na folha de papéis higiênicos e baixa em papéis toalha). As imagens

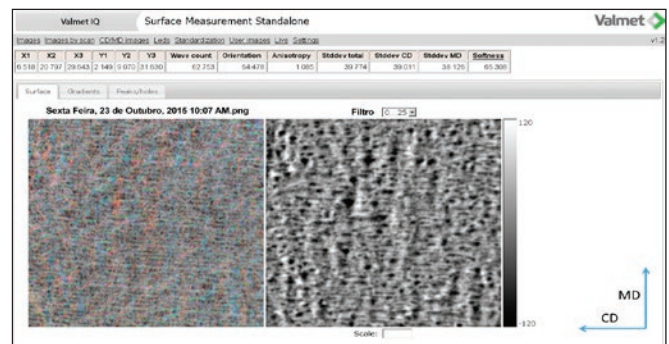


Figura 5: Imagem da folha (à esquerda) e da topografia calculada (à direita)

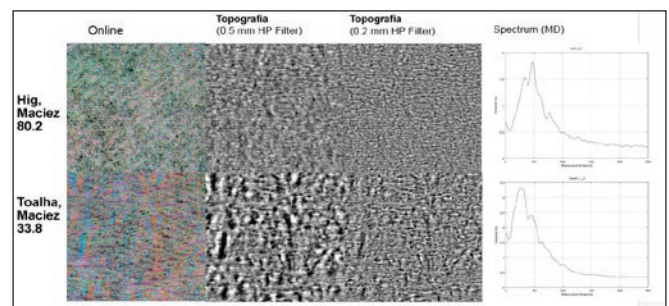


Figura 6: Imagem da folha e figura da topografia calculada

correspondentes de topografia calculadas com filtro passa alta de 0,5 mm são exibidas no meio, e as com 0,2 mm de filtro, à direita. Diferentes valores de filtragem de grande escala e variações de pequena escala podem ser separadas uns dos outros de maneira que a análise possa focar-se em frequências relevantes.

Experiência da Fábrica de Tissue

O sensor de maciez, baseado em análises estereofotométricas, foi nossa primeira tentativa na máquina piloto antes do início dos testes de produção na máquina em longo prazo. Depois de a máquina piloto operar com sucesso de acordo com os dispositivos de laboratório, o sensor de maciez foi instalado no scanner da máquina de tis-

sue, juntamente com os sensores de gramatura e umidade existentes no mesmo equipamento. O sensor foi posicionado no lado inferior do scanner para medir as propriedades de superfícies do lado do equipamento Yankee da folha de tissue. O comportamento do sensor foi monitorado em bases contínuas, e seus resultados de potência foram correlacionados com as medições discretas do dispositivo de teste de maciez do laboratório. Uma ampla gama de maciez de tissue (30-80 HF) foi descoberta durante os testes, como mostra a Figura 7.

A espessura da folha é também estimada a partir das mesmas imagens de topografia on-line. As estimativas de espessura são correlacionadas com uma pilha de dez amostras de folhas mensuradas em laboratório.

Como se pode deduzir a partir das Figuras 7 e 8 a produção da máquina gera inúmeras receitas de papéis toalha e higiênico que utilizam mais de 90% de matéria-prima reciclada. As curvas de tendência de 12 horas de maciez e contagem de ondas de uma única receita são demonstradas na Figura 9.

Valores laboratoriais de maciez são exibidos como pontos azuis discretos, e pode-se ver uma ótima correlação na comparação com a linha preta de medição on-line. Outra interessante e importante observação que pode ser feita a partir da Figura 9 é: o efeito de desgaste da lâmina de crepe, que pode ser visto tanto em linha a partir de medições de laboratório e maciez, bem como a tendência de contagem de onda. Logo que a lâmina é alterada a 07:40 e 15:52, a maciez do papel é restaurada ao seu maior valor (correspondente aos transientes nos tempos indicados). Com o desgaste da lâmina ao longo do tempo, as inclinações de valor de maciez lentamente diminuem até a colocação da próxima lâmina.

Resultados similares são registrados em outra máquina de tissue que produz apenas receitas de papel higiênico (com pequenas variações de gramatura) a partir de fibra virgem. Como mostrado na Figura 10, iguais observações são feitas sobre a máquina, chegando às mesmas conclusões: além de excelente conformidade laboratorial para maciez, o sensor é um excelente indicador do momento ideal de troca de lâmina crepe, o que resulta em mais economia. Note-se

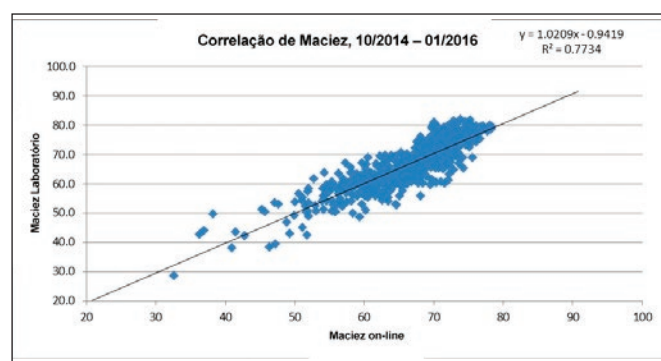


Figura 7: Resultados da correlação de maciez no longo prazo

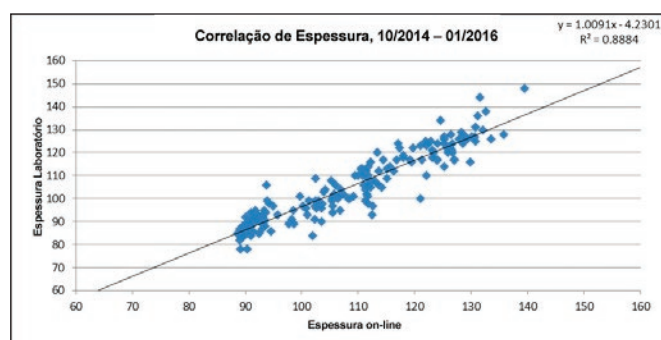


Figura 8: Resultados da correlação da espessura no longo prazo

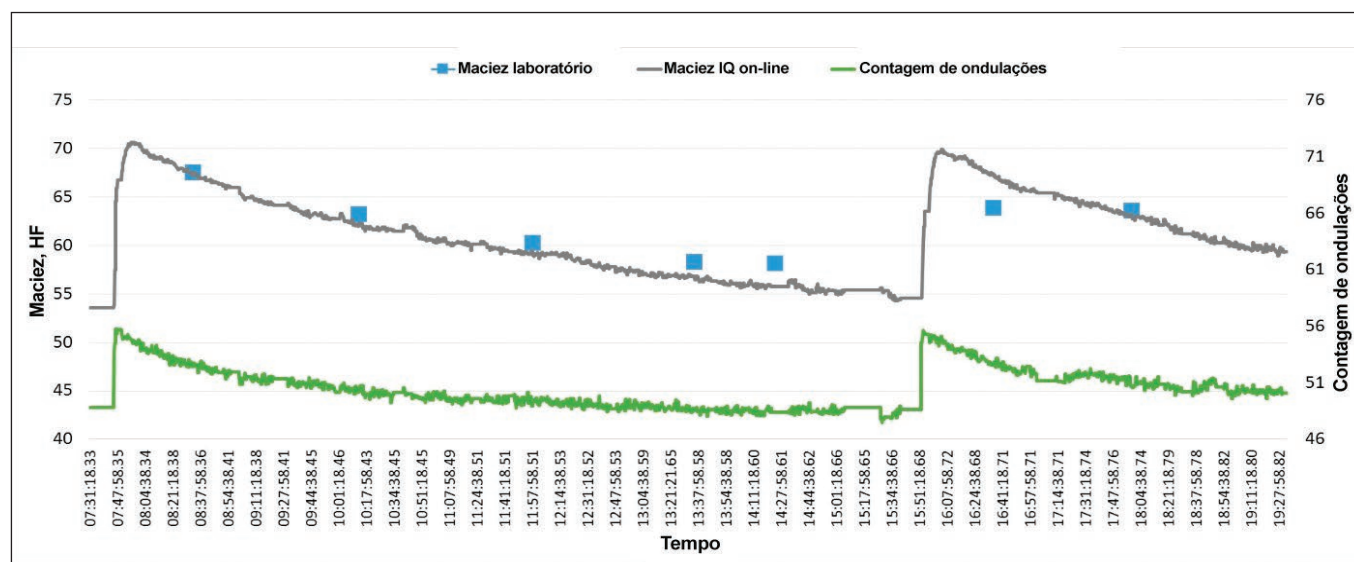


Figura 9: Maciez e tendência de contagem de ondas em máquina de tissue e toalha

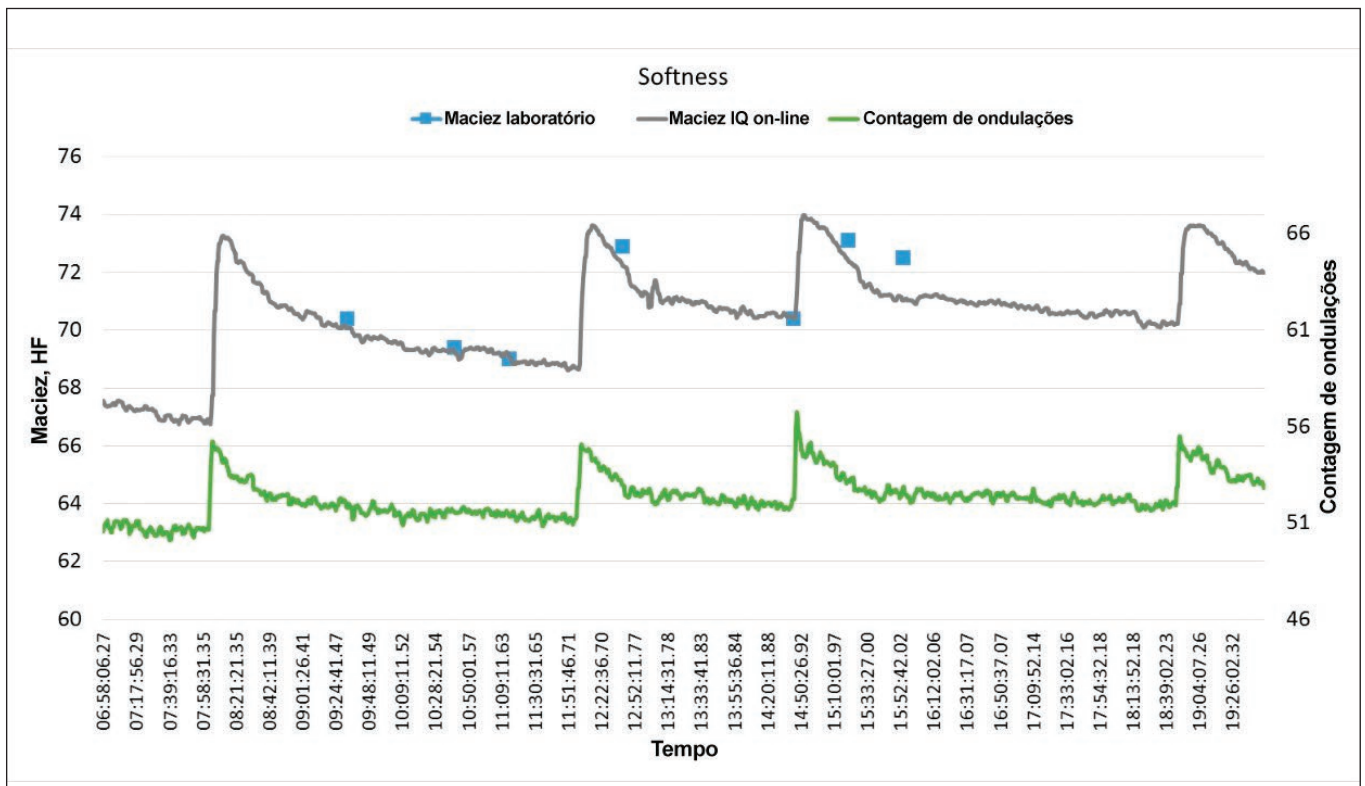


Figura 10: Maciez e tendência de contagem de onda na máquina que produz grades de tissue

que os fenômenos transitórios nas Figuras 9 e 10 correspondem aos tempos de mudança da lâmina de crepe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fabricação de tissue exige uma otimização de parâmetros como boa maciez e resistência à tração. Em máquinas de conversão, a resistência à tração desempenha importante papel. Os maiores fatores do processo que afetam a maciez do tissue são a seleção de matéria-prima, o revestimento de produtos químicos, o ângulo de crepe da lâmina e também o desgaste da lâmina. A seleção da matéria-prima depende tipicamente de receita, ou seja, durante uma mudança de receita, as propriedades de crepe e funcionamento, bem como o desgaste da lâmina de enrugamento, são os fatores preponderantes que afetam a maciez.

O ângulo de crepe da lâmina é também dominante durante a produção de toda a receita.

A presença do sensor de maciez na primeira produção da máquina já tem fornecido ao pessoal de fábrica as informações necessárias para otimizar a qualidade e a produção com base em medições fornecidas por esse dispositivo. Os fabricantes de tissue têm usado o sensor para alcançar uma variação de maciez desejada, bem como melhorar as mudanças de receita para, rapidamente, obter níveis de maciez aceitáveis. Eles sabem quando o nível correto é alcançado e não precisam mais de mudanças desnecessárias nem devem esperar por resultados laboratoriais, prologando mudanças de operação do papel.

Os níveis de maciez e a tendência da contagem de ondas conferem

outro benefício significativo aos produtores de tissue: a mudança na lâmina de crepe, tipicamente realizada em horas, é mais rápida agora, baseada em tendências de medições on-line: se o valor de maciez dessa medição é menor que o especificado como meta, uma ação de troca de lâmina é acionada. Em ensaios de clientes, o limite do tempo absoluto para a mudança aumentou em importantes receitas de 8 a 12 horas e com outros tipos para 16 horas.

Com boas correlações laboratoriais de maciez, muitos dos fatores que influenciam a maciez do tissue e práticas relacionadas podem, agora, ser estudados com feedback instantâneo e confiável a partir do sensor on-line de medição topográfica de superfície, maciez, contagem de ondas e outras propriedades da superfície. A seguir, foram objeto de muita discussão:

- maciez contra resistência à tração em relação ao estiramento;
- acompanhamento e controle em relação a mudanças:
- no revestimento químico,
- nas químicas da parte úmida,
- no ângulo de lâmina,
- nos níveis de modificação de encrespamento;
- correlação da maciez com outras variáveis de medição da qualidade da folha (umidade, gramatura);
- maciez com outras mudanças no processo:
 - de refinamento,
 - de alteração na morfologia da fibra.

Claramente, há muitos fatores desconhecidos: falta de compreensão do motivo pelo qual uma folha é suave ou de entendimento da relação com outras propriedades, as influências de parâmetros-chave operacionais, além de muita especulação sobre maciez (o parâmetro primário de qualidade para os consumidores de tissue). Com a adição de uma importante medida que faltava na carteira de medição de folha, espera-se que esses fatores possam ser, agora, mais bem compreendidos e controlados em última instância.

CONCLUSÕES

Imagens baseadas em princípios de medição topográfica já têm sido usadas de parâmetros de papéis relacionados à qualidade de superfície e à printabilidade on-line, como, por exemplo, maciez, rugosidade e desvios-padrão de superfície, entre outros. O mesmo princípio de medição é, agora, utilizado para medir propriedades de tissue, como maciez, com filtros de imagem selecionados e algoritmos de cálculo de imagem.

A correlação obtida para dispositivos laboratoriais exibida é excelente. Isso também mostrou que as mudanças do crepe de lâmina podem ser otimizadas com base na maciez e nas medições de contagem de onda obtidas com esse sensor.

A adição dessa ferramenta de conceito de automação de tissue aumenta nosso entendimento de maciez. A medição já é utilizada para gerenciar operações de tissue, incluindo mudanças de receita

para alcançar um ponto ótimo de maciez. O desenvolvimento de melhores modelos de maciez com feedback instantâneo do sensor e das aplicações de controle baseia-se em modelos relevantes capazes de melhorar a rentabilidade das linhas de tissue.

Para papéis de impressão, médias precisas e perfis transversais de alta resolução de topografia fornecem uma base sólida para a produção de papel e cartão de alta qualidade com informações em tempo real das propriedades de superfície da folha, fazendo o possível para otimizar a capacidade de impressão já na máquina de papel. O espectro de diferentes escalas de medida – dos micrômetros de escala de fibra de diâmetro a centímetros de padrões Cockling – e o encolhimento de secagem têm diferentes níveis de importância para diferentes impressões ou métodos de conversão. Certas escalas se interligam mais do que outras para determinados critérios de qualidade.

Outro ponto forte da análise estereofotométrica on-line é sua capacidade de reconhecer padrões topográficos cruzados ou direcionados sobre uma região de comprimento de onda larga, on-line e em toda a folha. Isso pode oferecer diversos novos insights sobre o papel ou sobre a estrutura fina do cartão. A topografia com diferentes comprimentos de onda está profundamente interligada a outras características do processo e folha, como composição das fibras, conceitos de máquinas, processos unitários e vários parâmetros de processos envolvidos. ■

REFERÊNCIAS

1. Paulapuro, H. "Paper and Board Grades", Papermaking science and technology series, Book 18, PI and TAPPI, 2000.
2. Rosen, B-G., A Fall, S Rosen, A Farbrot, P Bergström, "Topographic modelling of haptic properties of tissue products", 14th International Conference on Metrology and Properties of Engineering Surfaces, Journal of Physics: Conference Series 483 (2014) 012010.
3. Ihalainen, H., Marjanen, K., Mäntylä, M. and Kosonen, M., "Developments in camera based on-line measurement of paper", Control systems 2012, New Orleans, USA, 2012.
4. Talonen, M, and Mäntylä, M., "Mill experience with an online printability prediction for gravure paper": 26th PTS Coating Symposium, 2013, Munich, Germany.
5. Toskala, M., Caggiano, L., "Experiences with fiber orientation management and utilizing". 45.º CONGRESSO ATICELCA, 2014, Venice.
6. Tsuyuguchi, H; et al. "New Development in Measuring Online Paper Structural Properties and Printability Prediction". Japan Tappi Journal, 2012, Vol. 66.
7. Seppänen, J. "Utilizing Online Topography Measurement on LWC paper machine". MSc Thesis.: Oulu University, 2012, Oulu; Finland.
8. Toukkari, J. "On-line topography measurement in smoothness and rotogravure print quality". MSc Thesis.: Oulu University, 2013, Oulu, Finland.
9. Raunio, J-P., Ritala, R., Mäkinen, M. "Variability of Crepe Frequency in Tissue Paper; Relationship to Basis Weight". Control systems 2012, New Orleans, USA.