



RECOMENDAÇÃO PARA CÁLCULO DE EFICIÊNCIA DE CALDEIRAS DE RECUPERAÇÃO

Afonso Pereira¹, Matheus Augusto dos Santos¹, Iuri Diniz², João Vitor Menezes Marçal², Felipe Urbanett¹

¹ Ibase LTDA. Brasil

² Suzano S.A. Brasil

RESUMO

A caldeira de recuperação química na indústria de celulose é um equipamento de grande importância e complexidade. Ela possui diversas interfaces com a cadeia de produção e particularidades relevantes e a obtenção de indicadores confiáveis sobre sua eficiência na geração de vapor é uma tarefa desafiadora, porém essencial. Apesar de sua relevância, o tema ainda carece de uma abordagem mais profunda e apropriada. A padronização da metodologia para apresentação da eficiência em diferentes perspectivas permitirá a adoção de melhores práticas e a realização de comparações consistentes, sempre utilizando a mesma abordagem metodológica, sendo fundamental para seu uso cotidiano nas indústrias. Neste trabalho o objetivo foi realizar uma abordagem para a obtenção da Eficiência em quatro perspectivas: Eficiência de Térmica, Eficiência de Disponibilidade, Eficiência de Aplicação e Eficiência de Geração. Esta recomendação tem objetivo de fornecer uma base técnica para o cálculo uniforme da eficiência das Caldeiras de Recuperação do Brasil e do Uruguai.

Palavras-chave: Caldeira de Recuperação, Eficiência de Geração de Vapor, Energia.

OTIMIZAÇÃO DO FORNO DE CAL COM CONTROLE AVANÇADO ASPEN DMC3: REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO E ESTABILIZAÇÃO DO PROCESSO

André Silva Borges¹, Anne Carolini Luiz¹, Carla Célia Rosa Medeiros¹, Cleriston Basílio Sampaio Gonçalves¹, Rodrigo Oliveira Santos¹

¹ Veracel Celulose S.A. Brasil

RESUMO

A otimização do forno de cal é uma iniciativa estratégica para aumentar a eficiência energética, reduzir custos e promover a sustentabilidade na indústria de celulose. Este trabalho apresenta a implementação do Aspen DMC3, uma solução avançada de controle preditivo, que, aliada ao uso do Aspen IQ Inference Qualities, permitiu monitoramento em tempo real e ações corretivas antecipadas.

A abordagem focou na otimização do consumo de metanol, ajuste da rotação do ventilador de tiragem e redução da carga térmica, garantindo estabilidade operacional e qualidade superior da cal. Além disso, técnicas avançadas de Analytics em Python foram utilizadas para validar os resultados e embasar decisões estratégicas.

Os resultados demonstraram uma redução de 6% no consumo de gás natural, maior estabilidade operacional e significativa diminuição das emissões de monóxido de carbono (CO), reforçando o compromisso com a sustentabilidade. A implementação do Aspen DMC3 consolidou-se como uma solução robusta e eficaz para a otimização contínua dos processos produtivos na indústria de celulose.

Palavras-chave: Controle avançado, Otimização, Aspen DMC3, Forno de Cal, Eficiência Operacional.

UMA ABORDAGEM SISTEMÁTICA BEM-SUCEDIDA: USO DE MODELOS DE DINÂMICA DE FLUIDOS, EQUIPAMENTOS EM ESCALA DE LABORATÓRIO E TESTES EM PLANTA PILOTO PARA DESENVOLVER UMA NOVA CESTA PENEIRA COM EFICIÊNCIA SIGNIFICATIVAMENTE MAIOR NA REMOÇÃO DE STICKIES E LIMITES OPERACIONAIS MAIS ELEVADOS PARA APLICAÇÕES DE DEPURAÇÃO EM FÁBRICAS DE OCC E DIP

Axel Dreyer¹

¹ J.M. Voith SE & Co. KG. Alemanha

RESUMO

Os requisitos de depuração mudaram significativamente nos últimos anos. A piora das propriedades das matérias-primas, com maiores níveis de impurezas nas fibras destinadas à produção de celulose e papel, somada ao aumento dos custos de fabricação – como energia e insumos –, levou à necessidade de produtos mais eficientes e de uma otimização contínua dos processos. Diante desse cenário, todos os fabricantes de papel precisam aumentar sua eficiência para competir e se manter sustentáveis no ambiente globalizado da indústria de celulose e papel.

A Voith iniciou um desenvolvimento baseado em uma abordagem sistemática para criar uma nova geração de cestas peneiras com fendas, capazes de aumentar substancialmente a eficiência da depuração e permitir ao fabricante de papel produzir mais polpa utilizando a mesma peneira existente.

A nova abordagem sistemática começou com simulações de dinâmica de fluidos computacional (CFD), modelando diferentes geometrias de perfis para identificar a arquitetura mais promissora, de modo a otimizar as condições de fluxo antes e dentro da fenda e alcançar maior vazão sem risco de entupimento. Como resultado, os limites operacionais foram ampliados, possibilitando maiores vazões com o mesmo tamanho de peneira. Para obter melhor eficiência de remoção, analisou-se o vórtice formado em frente à fenda. Uma maior vorticidade é essencial para aprimorar a remoção de stickies e partículas de sujeira. Essas substâncias, com morfologia diferente das fibras, são lançadas para fora pelo vórtice antes mesmo de entrarem na fenda e bloquearem o sistema.

Para confirmar a correlação entre as variáveis numéricas e tecnológicas estabelecidas, diferentes perfis tridimensionais impressos em 3D foram testados em uma unidade de laboratório com polpa. A vazão máxima foi analisada e comparada com os modelos de dinâmica de fluidos computacional. Com base nos resultados, os modelos foram ajustados conforme os dados obtidos experimentalmente. Com base no modelo ajustado, um novo perfil de barra ideal foi reprojeto e novamente testado. Após algumas iterações, o perfil mais promissor foi avaliado em uma cesta peneira piloto de menor escala, apresentando tendências semelhantes às observadas nos testes de laboratório.

Para avaliar com maior precisão a eficiência de remoção de stickies – e, ao mesmo tempo, reduzir o tempo e o custo da análise –, foi empregada a metodologia de Infravermelho Próximo (Near Infra-Red, método NIR) para análise de stickies. Desenvolvido pela Voith em cooperação com o PTS-Germany, o método NIR permite uma preparação de amostras muito mais simples do que os métodos Ingede ou Tappi tradicionalmente utilizados para determinar a área e o número de macro stickies na polpa. Além disso, o método também detecta mini macro stickies e a composição química dessas substâncias, apresentando reprodutibilidade muito superior às metodologias convencionais – fator essencial para uma comparação confiável entre diferentes cestas-peneiras, tanto da Voith quanto de outros fornecedores.

Extensos testes em fábricas de OCC e DIP demonstraram que a nova geração de cestas peneiras aumenta a vazão em mais de 20%, mantendo ou até aprimorando a eficiência de separação de stickies e partículas de sujeira. Isso permite que as seções de depuração existentes superem limitações de capacidade e eficiência de separação. Como resultado, as taxas de produção aumentam sem comprometer – e até melhorando – os padrões de qualidade. Em resumo, estamos estabelecendo um novo referencial em confiabilidade de depuração. A instalação desta nova cesta peneira permite inclusive uma redução no consumo de energia: com aumento de produção superior a 20%, a velocidade do rotor permanece a mesma, o que resulta em uma redução efetiva superior a 20% na energia consumida por tonelada no processo de depuração.

Palavras-chave: Depuração, Preparação de Massa, Cestas Peneiras, Remoção de *Stickies*, Alta Vazão.

REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM FORNO DE CAL POR MEIO DA OTIMIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE AR E COMBUSTÍVEL NO QUEIMADOR VIA SIMULAÇÃO CFD

Raul Vanz², Eli Carlos Lima da Silva², Jairo Zago de Souza¹, Leonardo Paes Rangel¹, José Rodinei Afonso Moreira Junior²

¹ *JL Engenharia e Software. Brasil*

² *Suzano S.A. Brasil*

RESUMO

Este trabalho apresenta uma abordagem baseada em simulação CFD tridimensional para diagnosticar e solucionar o problema de obstrução recorrente no queimador dos fornos de cal da unidade Suzano Três Lagoas/MS. A obstrução, observada com frequência após cerca de 20 dias de operação, comprometia a estabilidade da chama, elevava o consumo de combustível e prejudicava a eficiência do processo de calcinação. Com base em um modelo detalhado do forno desenvolvido no software Siemens STAR-CCM+, foi realizada uma análise exploratória com aproximadamente 150 simulações, variando parâmetros de distribuição de ar e combustível, incluindo a introdução de ar central no queimador. A configuração otimizada foi implementada em campo, com alterações físicas e lógica de controle automatizada, seguida de monitoramento contínuo dos indicadores operacionais. Os resultados revelaram melhorias expressivas, com eliminação das obstruções por mais de 300 dias, redução de 7% no consumo específico de energia térmica, economia de 7,3% no consumo de gás natural e queda de 30% no teor de carbonato residual na cal. O estudo demonstra a eficácia da modelagem CFD como ferramenta para otimização robusta de sistemas de combustão em fornos industriais e sua aplicabilidade em escala industrial.

Palavras-chave: CFD, Eficiência Energética, Forno de Cal, Distribuição de Ar, Obstrução.



GASEIFICAÇÃO DE BIOMASSA PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO NA INDÚSTRIA DE CELULOSE

Vinicius Tebaldi Almeida¹, Marco Aurelio Borges Rodrigues¹

¹ Suzano S.A. Ribas do Rio Pardo-MS. Brasil.

RESUMO

A crescente demanda por soluções energéticas sustentáveis na indústria de base florestal tem impulsionado a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis. Neste contexto, a gaseificação de biomassa surge como uma alternativa viável e estratégica, especialmente para unidades industriais localizadas em regiões sem acesso a gás natural, como a planta da Suzano em Ribas do Rio Pardo. Este estudo tem como objetivo avaliar os impactos econômicos e operacionais da implementação da gaseificação de biomassa em substituição ao óleo combustível 1B nos fornos de cal da unidade. A análise considerou uma produção anual de 2,5 milhões de toneladas de celulose, com operação diária de 24 horas durante 355 dias. Foram comparados dois cenários: o uso contínuo de óleo combustível 1B e a substituição por gás de biomassa proveniente da gaseificação de madeira com casca. No cenário com óleo combustível, o consumo diário por forno é de 108 toneladas, resultando em um custo anual de R\$ 297,5 milhões e um acréscimo de R\$ 118,30 por tonelada de celulose (tSA). Em contraste, o uso de biomassa apresenta um custo anual de R\$ 27,69 milhões, com incremento de apenas R\$ 11,08/tSA. Os resultados demonstram que a substituição do óleo por biomassa proporciona uma economia superior a 90% nos custos com combustível, além de reduzir significativamente o custo unitário da celulose. Adicionalmente, o uso de biomassa como fonte energética contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), promovendo um ciclo de carbono mais equilibrado e alinhado com compromissos ambientais globais. Conclui-se que a gaseificação de biomassa é uma alternativa energeticamente eficiente, financeiramente vantajosa e ambientalmente sustentável, reforçando a competitividade e a responsabilidade socioambiental da indústria de celulose.

Palavras-chave: Gaseificação de Biomassa, Indústria de Celulose, Sustentabilidade Energética.

TECNOLOGIAS DE SUPERFÍCIES CERÂMICAS APLICADAS NA SEÇÃO DE FORMAÇÃO

Alex Mariano dos Santos¹

¹ Kadant.South America. Valinhos-SP. Brasil.

RESUMO

A busca por eficiência energética, durabilidade operacional e sustentabilidade tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias para a fabricação de papel, setor diretamente integrado à indústria de base florestal e à bioeconomia. Esse artigo explora as vantagens das aplicações de revestimentos cerâmicos avançados em componentes críticos da seção de formação da máquina de papel, área essencial para garantir a qualidade do produto e a eficiência do processo.

Esses revestimentos cerâmicos de alta performance proporcionam benefícios significativos, como maior resistência ao desgaste abrasivo, redução do coeficiente de atrito e, conseqüentemente, aumento da vida útil dos equipamentos. Tais características resultam em menor necessidade de paradas para manutenção, redução do consumo energético e menor geração de resíduos, promovendo um ciclo de produção mais limpo e eficiente. Além disso, contribuem para o uso otimizado de fibras de celulose, oriundas de florestas plantadas e manejadas de forma sustentável, reforçando a integração entre inovação tecnológica e responsabilidade ambiental.

No contexto do avanço rumo a uma indústria de base florestal cada vez mais alinhada aos princípios da economia circular e das energias renováveis, as tecnologias apresentadas se destacam por viabilizar processos produtivos que consomem menos recursos naturais e energia. A durabilidade ampliada dos componentes cerâmicos também impacta positivamente a pegada de carbono da fabricação de papel, ao reduzir a necessidade de reposição frequente de peças e os impactos ambientais associados à produção e descarte de materiais industriais.

Dessa forma, o estudo demonstra como a aplicação estratégica de superfícies cerâmicas não só melhora o desempenho técnico das máquinas de papel, mas também fortalece o compromisso do setor com práticas sustentáveis, contribuindo para a construção de um futuro mais eficiente e responsável para a indústria de base florestal, alinhado aos objetivos globais de desenvolvimento sustentável e transição para fontes de energia renováveis.

Palavras-chave: Revestimentos Cerâmicos, Eficiência Energética, Tecnologias Sustentáveis, Redução de Resíduos, Durabilidade de Equipamentos, Economia Circular.

USO DE GÊMEO DIGITAL EM MÁQUINAS DE SECAGEM DE CELULOSE COMO FATOR DE PRODUTIVIDADE, NO CONTROLE DE PESO DOS FARDOS PARA REDUÇÃO ENERGETICA E AUMENTO DE PRODUÇÃO

Diego Almeida Leite¹, Leandro Aparecido Claudino¹

¹ Suzano. Brasil.

RESUMO

O presente trabalho apresenta a aplicação de um controle autônomo em máquinas de secagem para otimizar o processo, garantindo estabilidade e produtividade para a máquina da Suzano em Três Lagoas-MS. O artigo aborda a implementação bem-sucedida do Gêmeo Digital, desenvolvido em parceria com a Voith, denominado OnEfficiency.PulpDryer, aplicado em máquinas de secagem. O estudo analisa as principais variáveis de controle e processo das máquinas, como gramatura, umidade e consumo de vapor, comparando as variáveis antes e depois da ativação do controle OnE, visando calcular os ganhos obtidos. Os resultados revelam melhorias significativas, incluindo a redução da variação de peso dos fardos garantindo governança e a confiabilidade para o processo em relação com os clientes, redução do consumo de vapor através de um controle avançado voltado para a caixa de vapor e secador, e redução do desvio padrão do 2sigma de gramatura e umidade, garantindo um processo sustentável minimizando a utilização dos recursos naturais. Tais melhorias foram alcançadas graças ao controle OnE, que é antecipatório, considerando as características específicas da polpa em tempo real e prevendo possíveis variações no processo, agindo de forma preventiva e minimizando impactos indesejados, como variações de processo provenientes do branqueamento e reprocessamento de massa devido a rejeições. Destaca-se também a indicação do teor seco na entrada do secador, proporcionando eficácia aos processos e identificando gargalos, como polpas de difícil drenagem, vida útil das vestimentas ou ineficiência do secador devido ao acúmulo de finos. A eficácia do Gêmeo Digital na otimização do processo de secagem é comprovada na prática, evidenciando seus benefícios econômicos pela redução de custos operacionais e otimização dos processos, enquanto promove uma abordagem sustentável alinhada aos princípios de ESG.

Palavras-chave: Secagem, Umidade, Controle Automático, Automatização.

SMART CLEAN: INOVAÇÃO E EFICIÊNCIA NA OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DA SOPRAGEM

Alexandre Baiero¹, Rogério Cavalheri¹

¹ Clyde Industries Brasil. Brasil

RESUMO

A indústria de papel e celulose busca eficiência operacional e redução de custos, impulsionando a adoção de novas tecnologias para otimizar processos e recuperar energia. Nesse contexto, a Clyde Industries apresenta o sistema Smart Clean, que gerencia, controla e monitora sopradores de fuligem de forma inovadora. Essa solução melhora a eficiência térmica e a disponibilidade operacional das caldeiras de recuperação química, atendendo também aos guidelines da Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee - BLRBAC. Incrustações reduzem a eficiência e aumentam o consumo energético, além de causarem paradas forçadas para limpeza. O Smart Clean proporciona controle preciso da limpeza, baseado nos princípios de “Onde”, “Quando” e “Como” soprar e utiliza para isso, algoritmos e lógicas em Structured Query Language – SQL, sensores de peso (strain gauges) e dados operacionais da caldeira. Em comparação aos controles convencionais, permite gerenciamento de dados de forma flexível, manipulável e em tempo real. O sistema ajusta automaticamente a operação dos sopradores, garantindo limpeza eficaz e eliminação do desperdício de vapor aumentando a disponibilidade e a duração das campanhas operacionais. Este estudo/apresentação abordará a metodologia de implantação, desafios enfrentados e benefícios obtidos destacando-se que já na primeira campanha operacional após a instalação foram observados resultados positivos na eficiência da caldeira. Este artigo apresenta a implementação e os resultados operacionais do sistema Smart Clean em uma caldeira de recuperação química. O sistema foi projetado para otimizar as sequências e frequências de sopragem de fuligem, considerando as características e localização dos depósitos e as demandas do processo. Como resultado, houve redução no consumo de vapor, da ordem de 40%, utilizado nas operações de sopragem, além da extensão da campanha operacional da caldeira para 18 meses, sem necessidade de paradas intermediárias para lavagem ou choques térmicos (*chill and blow*).

Palavras-chave: Smart Clean, Sopragem Inteligente, Sopradores de Fuligem, Formação de Depósitos, Redução de Consumo de Vapor, Extensão de Campanha Operacional.



SECADOR A AR COMPACTO E EFICAZ DE DUPLA PASSAGEM PARA TODAS AS APLICAÇÕES DE SECAGEM DE REVESTIMENTO

Claudio Vitali¹, Hans Sundqvist², Elina Villikari³

¹ Valmet Celulose, Papel e Energia. Brasil

² Apostenado da Valmet Technologies Oy. Finlândia

³ Valmet Technologies Oy. Finlândia

RESUMO

O OptiDry Coat de dupla passagem é um novo secador a ar compacto e eficiente para todas as aplicações de secagem de revestimento. O secador possui um layout otimizado, em que três seções de secagem realizam um processo contínuo de secagem térmica do revestimento, desde o estado úmido até o seco. A solução é muito mais compacta em comparação com alternativas convencionais, exigindo assim menos espaço. Suas aplicações abrangem tanto reformas de máquinas existentes quanto novas instalações. O secador a ar de dupla passagem possui três secadores em um só, garantindo a melhor qualidade possível do revestimento: seção de alta intensidade, seção de secagem com inversão e seção de controle de umidade. As três seções podem ser controladas de forma independente. Primeiro, a seção de alta intensidade inicia a secagem rapidamente, com fluxo de ar contínuo, fazendo com que a água tenha o menor tempo possível para ser absorvida pela folha base. A absorção de água pela folha base é minimizada, pois isso pode causar secagem desigual e diferenças de encolhimento, conhecidas como mottling. Esta é a etapa mais importante da secagem para um resultado de revestimento de alta qualidade. Na próxima etapa, a seção de secagem com inversão, a folha é transferida, de maneira sem contato para seção de temperatura mais baixa, garantindo que a temperatura dos pigmentos e ligantes permaneça reduzida. Na seção final, a de controle de umidade, a umidade e a temperatura do revestimento são estabilizadas no nível correto, usando temperatura elevada ou alta velocidade de ar. Um colchão de ar sustenta a folha por todo o trajeto, formando um caminho contínuo de secagem. Não há trechos livres, de modo que a carga de calor e umidade liberada para o ambiente da máquina é insignificante.

Palavras-chave: Secagem de revestimento, Secagem a ar, Qualidade.

SIZER NIP DURO COM APLICAÇÃO POR CORTINA

Henri Vaittinen¹, Claudio Vitali²

¹ Valmet Technologies Oy. Finlândia

² Valmet Celulose, Papel e Energia. Brasil

RESUMO

O amido pode ser aplicado na forma de cortina sobre rolos duros e depois pressionado contra a folha. O novo método de aplicação por cortina apresenta diversos benefícios em comparação com os métodos convencionais de aplicação de superfície. A aplicação por cortina é baseada em maiores teores de sólidos de amido (20... 30%) do que, por exemplo, poça ou filme, onde o conteúdo sólido é tipicamente entre 6 ... 15 %. Isso significa que o aplicador por cortina deposita menos água juntamente com o amido na folha. Se o pigmento for aplicado junto com o amido, o teor de sólidos da mistura pode ser de 40 a 60%.

Devido ao alto teor de sólidos do amido, a seção de pós-secagem pode ser muito compacta após a aplicação por cortina. Como é necessária menos secagem após o aplicador, é possível uma economia de energia de secagem de 30% a 60% na seção pós-secagem. Uma seção de pós-secagem compacta oferece a possibilidade de aumentar significativamente a produção da linha de fabricação de papel cartão, pois possibilita estender a seção da pré-secagem sem mover a seção de revestimento ou a localização da enroladeira. Além disso, é possível instalar um aplicador de cortina em uma linha de fabricação de papel cartão que originalmente não tinha nenhum aplicador de superfície, tornando-o uma tecnologia adequada também para projetos de reforma.

O desenvolvimento da lisura da folha é aprimorado com o aplicador por cortina. Isso está relacionado à menor umidificação durante a aplicação superficial, o que reduz o efeito indesejado de rugosidade na base do papel cartão. Na aplicação por cortina, o equilíbrio ideal entre a cobertura do amido na superfície da folha e a penetração do amido na folha pode ser ajustado por meio da carga no nip. Isso é possível porque a pressão do nip pode ser controlada com um rolo duro com compensação de deflexão. O aplicador por cortina também pode ser utilizado para aplicar pigmentos e diversos outros componentes químicos na folha. Por exemplo, com a aplicação de pigmento, é possível aumentar o brilho, suavidade e lisura da base do papel cartão. A primeira instalação em escala industrial da tecnologia de aplicação por cortina, o OptiSizer Curtain, foi iniciada em outubro de 2023.

Palavras-chave: Aplicador por Cortina, Aplicador, Amido.