



REMOÇÃO DE CLORETOS E DE POTÁSSIO EM CIRCUITO DE RECUPERAÇÃO EM INDÚSTRIAS DE PAPEL

Danielle Christine A. Jaguaribe

Departamento de Química - Centro de Ciências Exatas e da Natureza – Campus I da UFPB – CEP.
58051 – 970 - João Pessoa – PB – Brasil – e-mail: danielleC@sapo.pt.

J. A. M. Castro

Departamento de Engenharia Química – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de
Coimbra – Pólo II – Pinhal de Marrocos – 3030 – Coimbra – Portugal

M. G. A. Ferreira

Departamento de Engenharia Química – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de
Coimbra – Pólo II – Pinhal de Marrocos – 3030 – Coimbra – Portugal

Resumo. *Com o fechamento dos seus sistemas, inicia-se, na indústria de papel, o problema da acumulação dos elementos não processuais, particularmente os cloretos e o potássio. Os cloretos e o potássio devem merecer atenções especiais, pois caso não sejam periodicamente removidos, causam sérios problemas como formação de depósitos de baixo ponto de fusão em tubos de caldeiras podendo provocar sérios entupimentos e graves incidências de corrosão. Tais elementos, são impossíveis de serem evitados nos processos de fabricação do papel, uma vez que eles entram no sistema através da madeira, e das cascas, matéria prima para papel. Os processos atuais da remoção desses solúveis exigem que haja interrupção da atividade fabril, acarretando consideráveis perdas na produção. Este trabalho tem por objetivo discutir um novo procedimento relacionado com a remoção seletiva dos cloretos e do potássio, na caldeira de recuperação, e serão considerados os seguintes pontos: 1. Fatores de que elevam a concentração dos cloretos e potássio no circuito de recuperação. 2. Propriedades térmicas dos depósitos formados na caldeira de recuperação. 3. Tecnologias disponíveis para a remoção dos Cl^- e do K^+ . 4. Análise da viabilidade econômica de cada uma das técnicas selecionadas. Os resultados indicam que a permuta iônica é um dos processos mais satisfatórios na remoção dos cloretos e do potássio do circuito de recuperação.*

Palavras-chave: *Elementos não Processuais, Remoção Seletiva, Evaporação, Permuta Iônica.*

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, as indústrias, de uma forma geral, devem conciliar a qualidade dos seus produtos com a minimização dos custos de produção, face à grande competição nacional e internacional, e o cumprimento de normas de proteção ambiental, que na maioria dos casos incorrem na elevação do custo do produto. Tais normas requerem a introdução de tecnologias modernas nestas indústrias, de forma que sejam capazes de evitar a contaminação ambiental, através da emissão de seus efluentes, ao mesmo tempo, re-aproveitando os seus subprodutos, controlando a poluição da atmosfera, e minimizando os custos do processo. Essa combinação de ações define o conceito moderno conhecido como a "Regra do Fecho".

Um dos grandes exemplos da rápida adoção da prática da Regra do Fecho, identificada nessas últimas décadas, está na indústria do papel. São tão visíveis seus resultados, que se observa a partir de análises de implementações de novas tecnologias nessa indústria de dois conceitos de plantas que atendem rigorosamente os preceitos dessa filosofia moderna, conhecidos como: 1. Totalmente Livre de efluentes, TLE¹. 2. Produção com Mínimo Impacto, PMI² (Reeve, 1976). Na verdade, até o presente momento, o conceito de fechamento tem se restringido a reciclagem dos componentes químicos que podem ser reaproveitados em uma outra parte do processo de fabricação do papel, a instalação de uma unidade própria, utilizada para a destruição do material orgânico dos efluentes industriais e à redução no consumo de água potável. Todavia, o emprego das estratégias acima descritas tem sido uma moeda de duas faces: se por um lado pode levar à minimização do consumo de reagentes e água fresca, o que contribui para a diminuição de custos de processo, por outro, a reciclagem que impõe a existência da reutilização de correntes processuais acarreta consigo a acumulação de Elementos Não Processuais, com conseqüências negativas ao processo (Ulmgran, 1996 ; Jemaa, 1997). Os ENP, são aqueles que não têm qualquer importância no fabrico do papel, ou no seu branqueamento. Inclui-se nesse grupo elementos como alumínio, bário, cálcio, cloreto, potássio, ferro, magnésio, silicone e outros mais. Dentre os ENPs, o cloreto (Cl) e o potássio (K) são de particular importância às fábricas de papel, pois se acumulam no circuito de recuperação, e sendo extremamente solúveis, a sua eliminação do processo, torna-se complicada, sem a utilização de técnicas especiais e particularmente onerosa.

Cerca de 95% do K e 70% de Cl, entram no processo com a madeira e com as cascas. Apesar do baixo teor de cloreto e de potássio, acumulado no circuito de recuperação, as indústrias, deparam-se com problemas associados à formação de partículas com baixa temperatura de fusão (ou seja “pegajosas”)(Tran,1992), que se depositam na superfície dos tubos da caldeira de recuperação. O crescimento excessivo desses depósitos pode, eventualmente, levar a paradas não previstas da caldeira de recuperação. Estas situações acarretam perdas de produção e encargos econômicos acrescidos nas fábricas de papel. Em certas condições, estes depósitos também podem criar um ambiente corrosivo que danifica os tubos da caldeira.

Anualmente, as indústrias de papel, perdem milhares de dólares com as paradas das caldeiras de recuperação para lavagem, e conseqüente remoção das incrustações causadas pelo cloreto e pelo potássio. Os prejuízos causados por esse problema têm levado à busca de soluções tecnológicas, cuja idéia fundamental é a de maximizar a remoção de cloretos e potássio destas caldeiras, evitando, assim a interrupção funcional da caldeira. Essa, todavia, é uma tarefa complexa, pois exige uma avaliação detalhada acerca do impacto da sua implementação ao longo do circuito processual da indústria de papel, tanto a nível econômico, como em termos de eficiência dessa remoção.

2. PROCESSO KRAFT

Cerca de 70% de toda a pasta celulósica produzida em nossos dias, é feita através do processo *Kraft*. A Tab. (1) apresenta um resumo das principais características da pasta celulósica *Kraft*.

Tabela 1 – Principais Características da Pasta Celulósica *Kraft*.

Matéria - Prima	Qualquer espécie de madeira
Composição do licor de cozimento	NaOH, Na ₂ SO ₄ e Na ₂ S
Duração do Cozimento	2 a 5 horas
Produtos	Papelões, papel de embrulho, sacos e papéis oriundos da pasta branqueada
Principal Vantagem	Recuperação do licor de cozimento

¹ Em inglês, Totally Effluent Free, TEF

² Em inglês, Minimal Impact Movement, MIM

3. CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO: CARACTERÍSTICAS GERAIS

A caldeira de recuperação, é o principal componente do circuito de recuperação do fabrico da pasta celulósica *Kraft*. As suas principais funções, nas fábricas de celulose são respectivamente: (1) Recuperar os reagentes utilizados no cozimento da madeira e (2) Aproveitar o poder calorífico do licor negro (devido à presença de material orgânico) para gerar vapor para a fábrica. O alcance destes dois objetivos é possível através da queima do licor negro. O licor negro é um sub-produto da queima da madeira e na sua composição, distinguem-se dois tipos de materiais: (1) material combustível: formado por compostos orgânicos resultantes do cozimento da madeira, como a lenhina e (2) material não combustível: caracterizado essencialmente por água, sulfato, carbonato, e sulfureto de sódio, bem como pequenas quantidades de diversos ENPs como o Cl^- e K^+ . As partículas compostas de material inorgânico, formadas durante a queima do licor, são denominadas de cinzas do precipitador eletrostático.

4. OS DEPÓSITOS DA CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO

Os depósitos, formados na caldeira de recuperação, são uma mistura de dois tipos de partículas: *carryover* e material condensado. As proporções de *carryover* e de material condensado, presentes nesta mistura, variam de acordo com o local da caldeira de recuperação, aonde estes depósitos são formados. As diferenças entre estes dois tipos de partículas está demarcada na Tab. (2).

Tabela 2 – Diferenças entre os dois tipos de partículas formadas na caldeira de recuperação.

TIPO DE PARTÍCULAS	Mecanismo de formação	Diâmetro da partícula
Carryover	Formadas a partir de partículas de licor negro parcialmente queimadas	3mm - 20 μm
Material Condensado	Formadas por condensação de sais inorgânicos volatilizados	0,1 - 1 μm

A composição química dos depósitos das caldeiras de recuperação, é relativamente simples. Mais de 99% em peso da composição destes depósitos, é de compostos alcalinos solúveis em água, e menos de 1%, é de resíduos do licor negro parcialmente queimados, além de impurezas insolúveis. Os compostos alcalinos estão presentes na forma de Na_2SO_4 e Na_2CO_3 , com alguns traços de Na_2S , NaCl e os sais equivalentes de potássio. As impurezas são, em sua maioria, óxidos (de Ca, Fe, Al, Mn, Mg) e sulfatos (de Ca e Mg).

5. PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS DEPÓSITOS

5.1. Temperaturas de Fusão.

Os depósitos da caldeira de recuperação possuem dois pontos de fusão distintos, como acontece em todas as misturas de compostos químicos: (1) a primeira temperatura de fusão que é a temperatura à qual o material começa a fundir e abaixo da qual não existe fase líquida no depósito e (2) a completa temperatura de fusão é a temperatura acima da qual o material está completamente fundido. Entre estas duas temperaturas extremas define-se duas intermediárias, muito importantes para as propriedades térmicas dos depósitos: (1) a Temperatura “sticky” (T_{sticky}) que é a temperatura a partir da qual o material se torna pegajoso, contendo apenas 15 a 20% de teor líquido e (2) a Temperatura de Deformação Radical, em que o material contém cerca de 70% de teor líquido e apresentando uma viscosidade tão baixa que o material escorre, por ação do seu próprio peso.

Abaixo da T_{sticky} os depósitos são “secos” e não ocorre aderência ou acumulação dos depósitos. Acima da Temperatura de Deformação Radical, a acumulação de depósitos cessa devido ao escoamento daquele material, e sendo assim, para que não haja formação de depósitos não é necessário atingir a Temperatura de Deformação Radical, mas sim aumentar a T_{sticky} .

Tran et al. (1990) demonstraram que é na zona, onde os depósitos são muito pegajosos, que os cloretos e o potássio possuem mais influência nas temperaturas de fusão dos depósitos, muito embora o seu impacto nas propriedades térmicas daqueles depósitos seja completamente diferente. O Cl^- não exerce influência na Primeira Temperatura de Fusão quando o seu teor nos depósitos excede 1% molar. No entanto, a temperaturas superiores a Primeira Temperatura de Fusão, provoca um aumento da fase líquida nos depósitos. O K^+ , por outro lado, baixa a Primeira Temperatura de Fusão, à medida que a sua concentração aumenta, mas tem pouco impacto na fase líquida dos depósitos. Fora daquela faixa, ou o material atua como um pó, e não é muito pegajoso, ou o material está no estado líquido, e escoia pela superfície. Na faixa intermediária, estes depósitos são pegajosos.

6. REMOÇÃO DOS CLORETOS E DO POTÁSSIO DAS CINZAS DA CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO.

A remoção de Cl^- e K^+ do processo fabril de produção de pasta para papel requer o conhecimento de dois aspectos extremamente importantes: (1) Principais entradas destes elementos no processo e (2) Pontos de enriquecimento destes elementos (Ulmgren, 1996).

A Fig. (1), mostra as principais entradas de Cl^- e de K^+ no processo de fabrico da pasta.

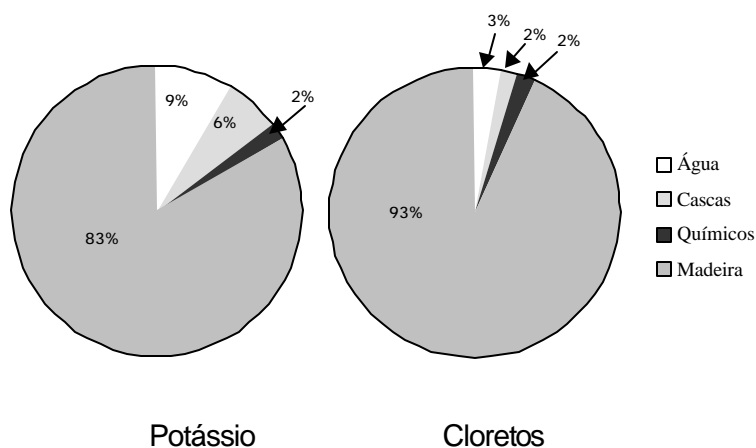


Figura 1 – Principais entradas de Cl^- e de K^+ no circuito processual da pasta celulósica.

Outro aspecto importante é o conhecimento dos pontos de enriquecimento do Cl^- e K^+ no circuito processual, pois implica no ponto do processo mais indicado para a remoção daqueles elementos. De acordo com a literatura, a corrente mais atrativa para sofrer tratamento é a das cinzas da caldeira de recuperação, que além de serem enriquecidas com Cl^- e K^+ , é de fácil de manuseio.

7. SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA A REMOÇÃO DE CLORETOS E POTÁSSIO.

O único método de remoção, atualmente implementado à escala industrial é a purga, que consiste na descarga das cinzas do precipitador eletrostático, de tempos a tempos. Este processo é o método mais fácil, sem graves consequências para o meio ambiente, mas apresenta a desvantagem de desperdiçar muito sulfato e carbonato de sódio que tem de ser repostos, com custos adicionais ao processo. Outras soluções tecnológicas têm sido desenvolvidas buscando-se maximizar a remoção de cloretos e potássio das cinzas, bem como otimizar a recuperação de sulfato e carbonato de sódio, importantes para a recuperação de componentes químicos. As várias técnicas apresentadas, até ao momento, pela comunidade científica, para a remoção dos ENPs Cl^- e K^+ da corrente de cinzas da caldeira de recuperação são as seguintes: (1) Lixiviação, (2) Evaporação – Cristalização (Maples, 1994), (3) Permuta Iônica (Shedy, 1986; Munns, 1986), (4) Eletrodialise (Blasdale, 1918) e (5)

Extração com Polietileno Glicol. As técnicas (4) e (5) apenas foram implementadas a nível laboratorial.

A ELETRODIÁLISE consiste no uso de uma membrana bipolar formada pelo conjunto de duas membranas seletivas: uma aniônica e outra catiônica, separadas por um compartimento e revestidas por uma interface de água. Quando esta membrana bipolar é colocada numa solução condutora, entre dois elétrodos e lhe é aplicado um potencial elétrico, os ions H^+ e OH^- provenientes da dissociação da água presente na interface, migram em direção ao cátodo carregado negativamente e ao ânodo com carga positiva, respectivamente. Após a membrana adquirir esta forma, uma solução de sais (neste caso $NaCl$ e Na_2SO_4) pode ser alimentada pelo compartimento intermédio das duas membranas, verificando-se a remoção de $NaCl$ da solução inicial.

A EXTRAÇÃO COM POLIETILENO GLICOL é pouco abordada na literatura. Consiste no uso de um polímero não iônico – polietileno-glicol – para remover Cl^- através de um processo de separação líquido-líquido.

As técnicas (1), (2) e (3) têm merecido uma maior atenção por parte do meio científico, devido ao interesse que a indústria tem demonstrado por estas soluções tecnológicas de remoção dos ENPs cloreto e potássio. Por este motivo, a descrição destas técnicas será mais pormenorizada.

A LIXIVIAÇÃO é uma técnica cujo princípio base consiste na dissolução seletiva do $NaCl$ presente nas cinzas da caldeira de recuperação e que foi estudado por Moy (1974). O processo consiste na dissolução das cinzas em água suficiente (à temperatura ambiente) para dissolver o $NaCl$, de modo a formar uma solução saturada de $NaCl/Na_2SO_4$ onde a razão $NaCl:Na_2SO_4$ deverá ser superior a 1,43:1, quanto maior for a temperatura de operação da lixiviação. Após a lixiviação, a solução resultante é filtrada obtendo-se um bolo com uma umidade de 8-20% e que é essencialmente constituído por Na_2SO_4 ; o filtrado que consiste numa solução saturada de $NaCl$ e Na_2SO_4 é parte purgada do sistema, sendo o restante reutilizado na dissolução das cinzas.

Outra técnica disponível é o processo de EVAPORAÇÃO-CRISTALIZAÇÃO, que seletivamente permite a separação de cristais de Na_2SO_4 de um filtrado concentrado em Cl^- . A aplicação prática desta técnica consiste na dissolução das cinzas da caldeira de recuperação em água quente, por forma a se obter uma solução com 95% saturada em Cl^- . Esta solução, com 30% de sólidos dissolvidos, é alimentada a uma unidade de evaporação/cristalização (de efeito simples e operando sob vácuo). A água da corrente de alimentação é evaporada, o que leva à concentração de todas as espécies químicas envolvidas, ocorrendo a formação seletiva de cristais de Na_2SO_4 . Os cristais são separados do licor-mãe, rico em Cl^- , num filtro rotativo de tambor com vácuo e são enviados diretamente para o circuito de recuperação. Em relação ao licor-mãe, uma fração é purgada do sistema e a restante é reenviada para o evaporador/cristalizador

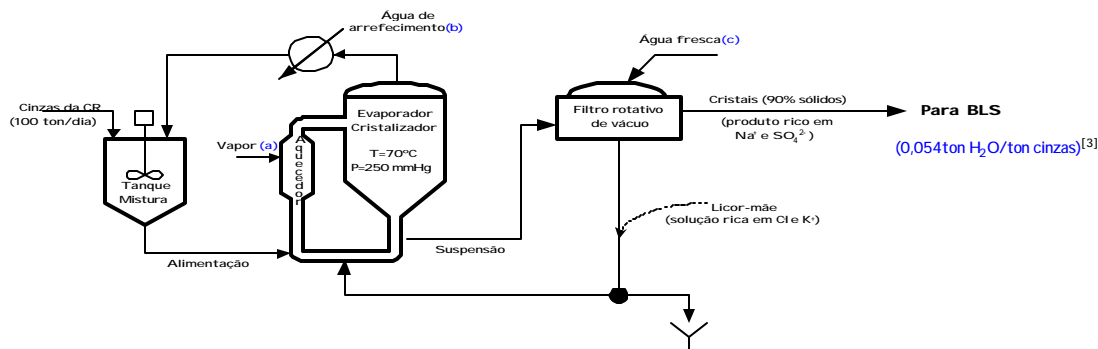


Figura 2 – Esquema da instalação de evaporação/cristalização PDR.

A Fig. (2) apresenta o “layout” simplificado deste método, bem como as condições operatórias.

A última técnica a apresentar é a PERMUTA Iônica, que utiliza uma tecnologia patenteada denominada por “Recoflo”(Brown,1987), atualmente aplicada à desmineralização da água. As

características desta tecnologia são: (1) uso de resinas de diâmetro pequeno, (2) colunas de leito fixo pequenas e com baixa porosidade, (3) regeneração da resina em contra-corrente e (4) ciclos de operação e regeneração pequenos (minutos em vez de horas). O seu princípio é o uso de uma resina de permuta iônica anfotérica, em que cada partícula de resina contém grupos aniônicos e catiônicos de permuta bastante próximos um do outro, e que por isso têm a capacidade de adsorver anions e cátions simultaneamente.

No caso do tratamento das cinzas da caldeira de recuperação, o tipo de resina anfotérica usada, apresenta uma elevada seletividade por ions Na^+ e Cl^- , comparativamente com os outros ions presentes nas cinzas. A metodologia desta técnica consiste na dissolução das cinzas da caldeira em água quente (42 a 50°C). Esta solução, antes de ser alimentada à coluna de leito fixo que contém a resina, passa por um filtro pressurizado onde óxidos metálicos e material orgânico ficam retidos. A temperatura de alimentação à coluna ronda os 54 a 60 °C, por forma a que se obtenha uma solução com 28% em massa de $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{Na}_2\text{CO}_3$. Após a regeneração da resina, a solução rica em NaCl , é em parte purgada do sistema, sendo a restante reenviada para a unidade de tratamento.

A PDP já foi implementada à escala piloto, numa coluna de leito fixo com 60cm de altura e 5 cm de diâmetro. A Fig. (3) apresenta o esquema simplificado deste método, bem como as condições operatórias.

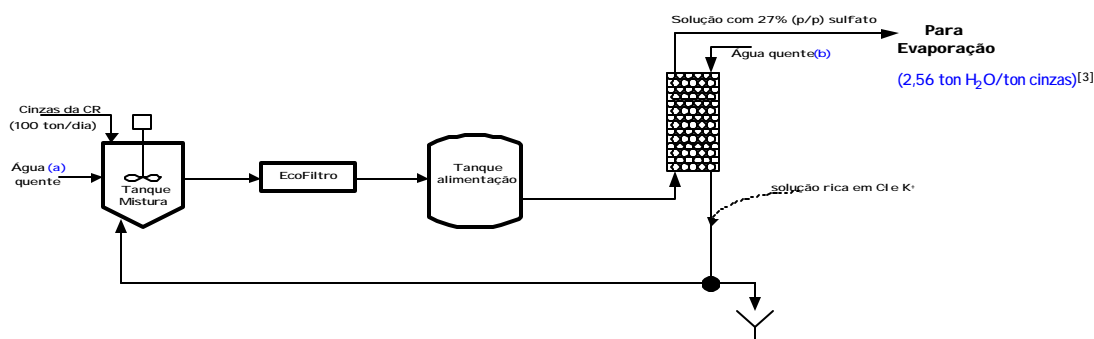


Figura 3 – Esquema da instalação de permuta iônica PDP.

Tanto a permuta iônica, quanto a técnica de evaporação/cristalização, são ambas capazes de remover os cloretos e o potássio do precipitador eletrostático.

8. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS DE REMOÇÃO DE Cl^- E K^+ A NÍVEL INDUSTRIAL

Os métodos de tratamento das cinzas a serem abordados nesta avaliação serão: a técnica de Evaporação/Cristalização – PDR e a Permuta Iônica – PDP. Para cada uma destas técnicas foi simulada a sua implementação, em uma fábrica, cuja modelação do sistema para realizar tais simulações, passou por duas etapas: (1) Realização de balanços mássicos ao Cl^- e K^+ em estado estacionário, (2) Definição de parâmetros do sistema e sua modelação. Os dados utilizados na simulação estão sumarizados na Tab. (3), que foram fornecidos pela fábrica.

A Tab. (4) apresenta as condições utilizadas para as simulações das técnicas de Evaporação e de Permuta Iônica.

O balanço de partida encontra-se resumido na Fig. (4).

Resumindo, a modelização do sistema consistiu em definir cada uma das correntes presentes no sistema (que não forma consideradas constantes) como funções do Cl^- e K^+ , recorrendo a parâmetros como ao *fator de acumulação* e ao *fator de enriquecimento*.

Tabela 3 - Sumário dos dados relacionados ao Cl e ao K, utilizados como base para a simulação.

Variável	Definição	
Fator de Enriquecimento do Cl	Razão entre o teor de Cl presente nas cinzas e o teor de Cl no Licor Negro.	93%
Fator de Enriquecimento do K	Razão entre o teor de K presente nas cinzas e o teor de K no Licor Negro.	93%
Fator de Acumulação do Cl	Eficiência baseada na premissa, de que a pasta lavada, não pode conter um maior teor de Cl e de K do que a água utilizada para sua lavagem.	2.3
Fator de Acumulação do K		1.6
% molar de Cl nas cinzas		4,5
% de K nas cinzas		9,0
% molar de Na nas cinzas		30
% molar de Cl nos sólidos do Licor Negro		1.6

Tabela 4 – Condições utilizadas para a aplicação de ambas as técnicas de remoção.

Variável	Permuta Iônica	Evaporação/Cristalização
% Remoção de Cl	90	90
% de Remoção de K	5	90
% de Recuperação de Na ₂ SO ₄	95	75
Produto de Na ₂ SO ₄ Obtido	Sólido	Sólido

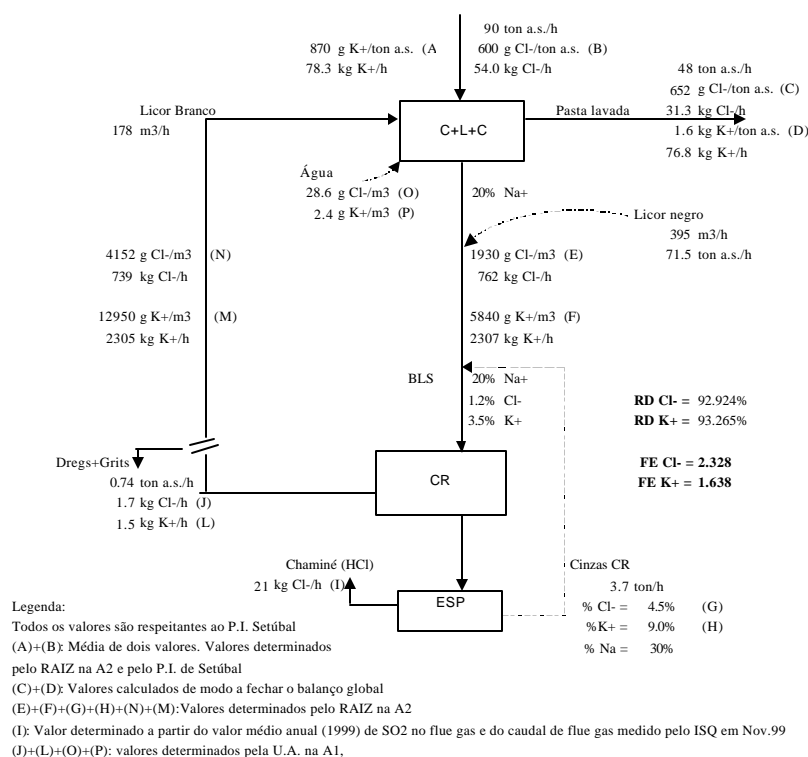


Figura 4 – Balanço de partida ao Cl e ao K, para a modelação do sistema.

Em relação às abreviações utilizadas na Fig. (4): C+L+C, correspondem à etapa de digestão da madeira e lavagem da pasta, CR = caldeira de recuperação, ESP = precipitador eletrostático, BLS = sólidos do licor negro e Dregs + Grits são os sedimentados.

Para a técnica de Evaporação/Cristalização, considerou-se que as cinzas foram tratadas e retornaram ao licor de cozimento da madeira. Em ambos os processos, o Na₂SO₄ das cinzas é reciclado, e dissolvido no próprio licor, requerendo assim, um consumo mínimo de água potável. As

conseqüências da utilização de ambos os processos no tratamento das cinzas da Caldeira de Recuperação são mostrados nas Figs. (4) e (5).

A Fig. (5) mostra como a percentagem de cloretos decresce, com apenas 25% de cinzas tratadas. Com o tratamento de 100% das cinzas, utilizando a técnica de Evaporação/Cristalização, a percentagem molar de Cl, decresce em cerca de 87,5 %. Já se fazendo uso da técnica de Permuta Iônica, obtém-se um decréscimo de 85,4 % na % molar de Cl. Por outro lado, de acordo com a Fig. (6), verifica-se que a técnica de Evaporação/Cristalização, mostrou-se muito mais eficiente na redução do teor de potássio, em comparação com a técnica de Permuta Iônica. Neste caso, com apenas 25% de cinzas tratadas com a técnica de Evaporação/Cristalização, obteve-se uma redução de aproximadamente 50% na percentagem molar de potássio.

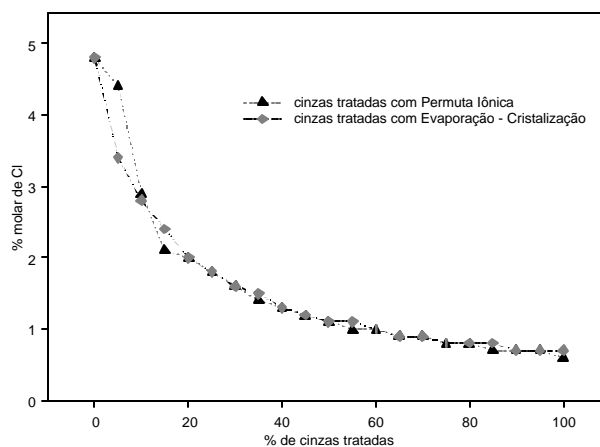


Figura 5 – Efeito da aplicação das técnicas de Permuta Iônica e Evaporação/Cristalização, na percentagem de Cl das cinzas.

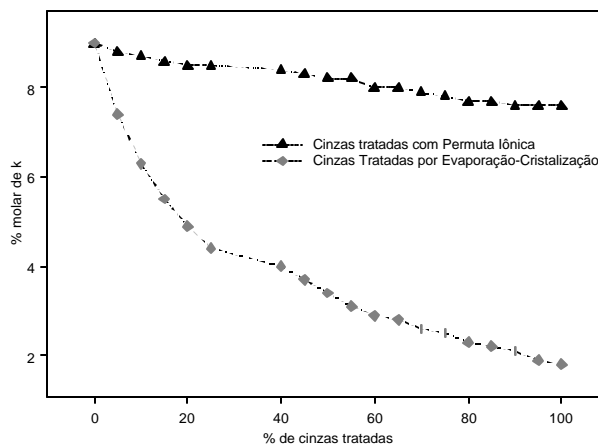


Figura 6 – Efeito da aplicação das técnicas de Permuta Iônica e Evaporação/Cristalização, na percentagem de K das cinzas.

9. COMPARAÇÃO DE CUSTOS DAS TÉCNICAS DE PERMUTA IÔNICA E DE EVAPORAÇÃO/CRISTALIZAÇÃO.

Tabela 5 – Comparação de Custos das Técnicas de Permuta Iônica e Evaporação/Cristalização.

	Permuta Iônica	Evaporação/Cristalização
Adição de Água Requerida	2 - 3 ton/ton dust	0.5 - 1 ton/ton dust
Adição de Vapor Requerida	Não	2 - 3 ton/ton dust
Pré-Tratamento das Cinzas com Ácido	Não	Sim
Custo de Instalação	Menor	Grande devido ao alto custo dos evaporadores
Adição de Reagentes ao Circuito de Recuperação	Menor	Maior
Espaço Requerido	Pouco	Muito

10. CONCLUSÃO.

A diminuição do consumo de água potável, aliada ao reaproveitamento de subprodutos, nas fábricas de papel, leva a acumulação de elementos não processuais, tais como o Cl e o K, no seu circuito de recuperação. Isto conduz ao entupimento das tubulações da caldeira de recuperação, devido à formação dos depósitos de baixo ponto de fusão. A melhor solução para este problema, é o tratamento das cinzas do precipitador eletrostático, enriquecido de ambos os elementos.

As duas técnicas escolhidas com o objetivo de implementação a nível industrial foram a técnica de Permuta Iônica, PDP e a técnica de Evaporação/Cristalização, PDR. O processo de cristalização, é eficiente na remoção tanto de Cl, quanto de K (aproximadamente 90%). O processo de Permuta Iônica mostrou ser muito bom para a remoção dos Cl (95%) e recuperação do sulfato (95%), mas apresentou ineficiência para a remoção do potássio (15%).

O sistema de cristalização, por si próprio, evapora a água produzindo cristais de Na_2SO_4 , que serão enviados para a corrente do licor negro, e posteriormente re-aproveitados no cozimento da madeira. O sistema de permuta iônica, entretanto, depende da adição de evaporadores, no sistema, a fim de evaporar a água e formar cristais de Na_2SO_4 .

Ambas as tecnologias são capazes de atingir resultados favoráveis, mantendo, de forma adequada, os níveis de Cl e K, no circuito de recuperação. No entanto, a técnica de Permuta Iônica, pode substituir com sucesso os processos tradicionais, devido não só à sua eficiência, mas também por não trazer prejuízos ao meio ambiente.

11. REFERÊNCIAS

- Reeve. D. W. The Effluent-free Bleached Kraft Pulp Mill. Part IV. Pulp Paper Can. 77 (8); T136 (August 1976).
- Jemaa, N., Thompson, R., Paleologou, M. and Berry, R., Inorganic Non-Process Elements in the Kraft Recovery Cycle; Sources, Levels, Process Effects, and Options for Removal, 9th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry, P3-1 (june 1997).
- Ulmgren, P., Non-Process Elements in a Bleached Kraft Pulp Mill with Increased System Closure, Tappi Minimum Effluent Mills Symposium Proceeding, TAPPI PRESS, Atlanta, p.17 (1996).
- Tran, H.N., Tappi Journal, 69 (11); 102 (1996). V. G. Agelidis, P. D. Ziogas and G. Joos. "Dead-band PWM switching patterns". IEEE PESC'92, pp. 427-434, 1992.
- Tran, H.N., Barhan, D. and Reeve, D.W., Chloride and Potassium in the Kraft Chemical Recovery Cycle, Pulp Pap. Can., 91(5): T185(1990).
- Tran, H.N., Barhan, D. and Reeve, D.W., "Formation of Kraft Recovery Boiler Superheater Fireside Deposits", Pulp and Paper Canada 84(1): T7-T12 (1983).

Moy, W.A., Joyce, P. and Styan, G.E., Pulp Paper Mag. Can., "Removal of Sodium Chloride from Kraft Recovery System", 75 (4):88 (1974).

Blasdale, W.C., "Equilibria in Solutions Containing Mixture of Salts, Part I: The System Water and Sulfates and Chlorides of Sodium and Potassium," Journal of Industrial & Engineering Chemistry, 10(5):344 (1918)..

Brown, C.J., U.S. Patent No.4.675.507 (June 16, 1987).

Shedy, M., "Acid Recovery and Purification Using Absorption Resin Technology" in Iron Control in Hydrometallurgy, Dutrizac, J.I. and Monhemius, A.J., Eds., Ellis Horwood, Chichester, p.537 (1986).

Munns, W.K., "Iron Removal from Pinckle Liquors Using Absorption Resin Technology" in Iron Control in Hydrometallurgy, Dutrizac, J.I. and Monhemius, A.J., Eds., Ellis Horwood, Chichester, p.537 (1986).

Maples, G.E., Ambady, R., Caron, J. R., Straton, S.C. and Vegas Canovas, R.E., Tappi Journal, "BFR: A New Process Toward Bleach Plant Closure", 77(11):71.

AN OVERVIEW OF CHLORIDE AND POTASSIUM REMOVAL IN A KRAFT PULP MILL

Danielle Christine A. Jaguaribe

Departamento de Química - Centro de Ciências Exatas e da Natureza - Campus I da UFPB - CEP. 58051 - 970 - João Pessoa - PB - Brasil - e-mail: danielleC@sapo.pt.

J. A. M. Castro

Departamento de Engenharia Química - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra - Pólo II - Pinhal de Marrocos - 3030 - Coimbra - Portugal

M. G. A. Ferreira

Departamento de Engenharia Química - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra - Pólo II - Pinhal de Marrocos - 3030 - Coimbra - Portugal

Abstract. Chloride (Cl) and potassium (K) are two non-process elements (elements which do not play a useful role in the process) that can accumulate to high level in a closed mill and cause serious problems, e.g., in the recovery boiler operation. Previous studies have shown that these elements have adverse effects on the thermal properties of the deposits in the kraft recovery boiler, accelerating the plugging of the flue gas passages and increasing the rate of corrosion. This work is particularly concerned with the study on the selective removal of Cl and K by treating the ash captured in the electrostatic precipitator of the recovery boiler. For this study, the following methodology was adopted: quantification of mass flow rates and material balance calculations on the recovery cycle, evaluation of enrichment ratios, review of the available technologies and cost analysis. The ultimate goal of this methodology was to study the economical and technical viability of selected processes when integrated into the mill recovery cycle. This task was carried out by computer simulation using one of the national industrial units as a reference model. The results indicated that the ion exchange and leaching are the more suitable processes to be used in the treatment of ash from recovery boiler.

Keywords. Non Process Elements, Selective Removal, Evaporation, Ion Exchange