

Balanço de metais e nao metais numa fábrica de celulose kraft. Um conceito para circuito fechado

MFN -2569

N CHAMADA:

TITULO: Balanço de metais e nao metais numa fábrica de celulose kraft. Um conceito para circuito fechado

AUTOR(ES): SACON, V.M. VENTURA, J.W. HEINRICH, F.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 03. recuperação / energia térmica

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual de Celulose e Papel, 28

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 06-10.11.1995

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1995, ABTCP

PAG/VOLUME: p.941-955,

FONTE: Congresso Anual de Celulose e Papel, 28, 1995, São Paulo, p.941-955

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: fábrica de celulose, pastas kraft, balanço de metais, balanço de nao metais, sódio, potássio, sílica, alumínio, ferro, cálcio, magnésio

RESUMO: Nos últimos anos, as pressões ambientais somadas às necessidades de uma maior eficiência nos processos de fabricação de celulose, trouxeram à luz a importância de conhecermos tanto em termos de quantidade como suas influências, uma série de íons metálicos, que até então eram tratados ou conhecidos simplesmente como carga morta. A tendência moderna de se trabalhar em circuitos de água e efluentes cada vez mais fechados fez com que a ocorrência de fenômenos associados ao incremento destes materiais comesçassem a fazer parte do dia a dia das empresas. O objetivo deste estudo, visa estabelecer meios de se determinar ou reduzir as consequências dos problemas gerados pela contribuição destes elementos químicos. A utilização de novas tecnologias de branqueamento, como uso de agentes como peróxido de hidrogênio e ozônio, trouxeram a necessidade de avaliarmos os teores destes metais. Este trabalho pretende atender a uma demanda emergencial do setor celulósico, realizando um levantamento e conseqüentemente um balanço de metais e nao metais, através de absorção atômica, em todo o sistema de recuperação e fabricação de pasta kraft

BALANÇO DE METAIS E NÃO METAIS NUMA FÁBRICA DE CELULOSE KRAFT - UM CONCEITO PARA CIRCUITO FECHADO¹

Vera Sacon
José Wilhelms Ventura
Fabiane Heinrich
Riocell S.A. - Guaíba - RS

0. RESUMO

Nos últimos anos, as pressões ambientais somadas às necessidades de uma maior eficiência nos processos de fabricação de celulose, trouxeram à luz a importância de conhecermos tanto em termos de quantidade como suas influências, uma série de íons metálicos e não metálicos, que até então eram tratados ou conhecidos simplesmente como carga morta.

A tendência moderna de se trabalhar em circuitos de água e efluentes cada vez mais fechados fez com que a ocorrência de fenômenos associados ao incremento destes materiais começassem a fazer parte do dia a dia das empresas. O objetivo deste estudo, visa estabelecer meios de se determinar ou reduzir as conseqüências dos problemas gerados pela contribuição destes elementos químicos.

A utilização de novas tecnologias de branqueamento, como uso de agentes como peróxido de hidrogênio e ozônio, trouxeram a necessidade de avaliarmos os teores destes metais.

Este trabalho pretende atender a uma demanda emergencial do setor celulósico, realizando um levantamento e conseqüentemente um balanço de metais e não metais, através de absorção atômica, em todo o sistema de recuperação e fabricação de polpa kraft.

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios das indústrias em geral e da indústria de celulose e papel em particular tem sido a redução da quantidade de efluentes líquidos gerados. Muito esforço vem sendo dispendido neste campo objetivando um menor impacto ambiental, adequação ao chamado mercado "verde" bem como a solução dos problemas de localização e especialmente no que tange a problemas de abastecimento de água.

Em paralelo, mais e mais indústrias vem transformando sem processos de branqueamento com cloro para seqüências do tipo ECF e TCF. Estas seqüências forçaram o uso de novos agentes de branqueamento, que por suas características peculiares tem a sua eficiência prejudicada ou reduzida por compostos que sempre foram estranhos ao setor como o Ferro e Manganês.

Em função de todas estas transformações, principalmente o conceito TEF um facho de luz se acendeu sobre os chamados elementos que não pertencem ao processo. Assim, um novo campo de pesquisa vem se descortinando na medida em que se descobriu a cada dia as influências que compostos como alumínio, magnésio, sílica, ferro, manganês, cloretos, potássio, fósforo e sódio trazem ao processo.

¹ Trabalho apresentado no 28º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 6 a 10 de novembro de 1995.

O que se pretende neste trabalho é através de um levantamento conhecer que concentrações, cargas ou fluxos destes elementos existem em nossa fábrica desde a entrada da madeira até a saída do efluente. Através deste levantamento conheceremos melhor o nosso processo, principalmente no que diz respeito aos seus inibidores antecipando novos equipamentos ou mudanças, objetivando evitar qualquer prejuízo na continuidade operacional ou de qualidade na planta.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A empresa neste estudo é a Riocell S.A., que produz 300.000 toneladas ano de celulose kraft ou equivalente, já que pode fabricar também celulose solúvel. Na linha de fibras ela conta com um digestor contínuo Kamyrr com aproximadamente 1.000 toneladas por dia de produto, uma unidade de deslignificação com oxigênio e um branqueamento Kamyrr do tipo de deslocamento com a seqüência D_c-E₁-D₁-E₂-D₂-W e grau de substituição de 80/20.

A ilha de recuperação compreende uma caldeira de recuperação fabricada pela Gotäverken com queima média diária de 1.250-1.300 toneladas de sólido seco por dia além de uma caustificação Dorr-Oliver convencional, isto é, com clarificadora, além de um forno de cal F.C. Smidth, produzindo 250 toneladas de cal.

O processo de produção na Riocell tem algumas particularidades em função de sua localização como por exemplo o uso da Antraquinona no processo de cozimento. Este composto substitui seus problemas o sulfeto de sódio como proteção à fibra durante o cozimento ao ataque do hidróxido de sódio. Com isto a sulfididade pode ser reduzida a valores na faixa de 7 a 8, sem prejuízos à qualidade da polpa e com evidentes ganhos no quesito emissão de TRS.

Em função de um trabalho realizado por uma equipe de técnicos da empresa a área de caustificação e forno de cal pode ser completamente fechada, isto é, com efluente zero trazendo óbvios benefícios na redução da carga e volume de efluentes a estação de tratamento além é claro de reduzir as perdas de soda no sistema.

Aparentemente estes dois exemplos não tem grandes correlações entre si, entretanto quando se examina eles a luz da influência dos elementos já citados há um total vínculo entre áreas e processos tão dísparos. A seguir serão citados algumas particularidades e características destes elementos, como chegam ao sistema e como podem ser retirados.

2.1. FONTES DE ELEMENTOS NÃO PERTENCENTES AO PROCESSO

As principais fontes destes elementos são a madeira, a cal usada como "make-up" no forno de cal e água utilizada no processo. É claro que poderão ocorrer variações em função da localização da planta, se perto ou longe do mar, do tipo de solo, espécie plantada ou do tipo de minério quando se fala em cal.

No caso da madeira que sem dúvida é a grande fonte destes materiais, há uma tendência natural de acumulação na casca, raízes e folhas sem no entanto ser menor nos cavacos.

Na etapa de transporte por exemplo a sílica e o alumínio são os elementos normalmente associados, sem esquecer é claro dos cloretos se os cavacos ou as toras foram transportados pelo mar.

Para a madeira a grande fonte de metais é o solo, contribuindo com quantidades significativas de alumínio, sílica, ferro, cálcio e magnésio. Aqui é necessário fazer sua distribuição entre metais, que acompanham as toras como o alumínio, ferro e silício e que por isso podem ter suas concentrações reduzidas pela lavagem das toras, dos que são integrantes da madeira como cálcio, magnésio, cloro e potássio que não tem suas concentrações modificadas pela lavagem.

No caso do potássio, cloreto e fósforo o uso de adubo e corretivos de solo associados as disponibilidade do próprio solo contribuem para os valores normalmente encontrados nos cavacos.

O "make-up" de cal também contribui para a concentração de sílica, magnésio e obviamente cálcio. Neste insumo, a variação se dá em função do carbonato de cálcio ou do tipo de processo se o "make-up" for cal propriamente dita.

A água utilizada no processo é bastante dependente da fonte onde é coletada, isto é, o tipo de curso de água. Existem rios que por suas peculiaridades tem grandes concentrações de sílica e alumínio especialmente em épocas de chuvas e outros contém grandes quantidades de ferro e manganês. De qualquer modo, se os tratamentos convencionais de água eliminam alguns destes metais outros que se encontram dissolvidos continuam no processo.

Por último, um composto vem sendo cada vez mais sendo adicionado na deslignificação com o objetivo de reduzir a perda de viscosidade. Este composto, o sulfato de magnésio, vem por isto se tornando uma importante fonte de magnésio no sistema de fabricação de celulose.

2.2. PRESENÇA DE ELEMENTOS NÃO PERTENCENTES AO PROCESSO NO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO

2.2.1. CICLO DO SÓDIO

Quando se fala nesta área dentro de uma fábrica de celulose fala-se praticamente da metade da fábrica, já que estamos englobando a área de evaporação, caldeira de recuperação, caustificação e forno de cal.

Estes elementos podem ser divididos em dois grandes grupos: os que formam hidróxidos ou carbonatos metálicos insolúveis em soluções alcalinas. No primeiro grupo podemos colocar o cálcio, magnésio, o manganês e até a sílica enquanto colocamos no segundo grupo o alumínio, o potássio e os cloretos.

Estes compostos tem como característica uma tendência ou capacidade de se acumular no sistema e esta capacidade pode ser escrita em ordem decrescente:



Keitaannieme e Vorkola (1982) estabeleceram em pesquisas a capacidade ou taxa de acumulação destes compostos como um fator definido pela razão entre a quantidade do elemento no licor branco pela quantidade que entrou com os insumos.

TABELA 1 -Acumulação de elementos não pertencentes ao processo no ciclo do sódio

ELEMENTO	FATOR DE ACUMULAÇÃO ²
Potássio	11,6
Cloretos	3,7
Alumínio	1,2
Ferro	0,6
Silício	0,5
Manganês	0,3
Magnésio	0,1
Cálcio	0,02

Pode-se observar que o fator de acumulação é diretamente proporcional a solubilidade deste elemento durante os diversos estágios do processo. Em função disto, por exemplo, elementos como magnésio e cálcio podem ser retirados facilmente do processo através de um bom processo de clarificação, já que valores bastante baixos de solubilidade (para magnésio é 10^{-8} mol/l no licor verde e 10^{-7} mol/l no licor branco).

2.2.2. POTÁSSIO

O potássio é um elemento com uma tendência grande de se acumular nos sistemas por suas características de solubilidade. Não existe uma purga efetiva para ele sendo solúvel nas suas diversas formas seja com hidróxidos, sulfeto ou carbonato. Em função do circuito e sistemas serem generosamente abertos no passado, mascarou-se a importância de um controle mais apurado deste elemento.

Em termos de digestor não há maiores impactos já, que poderia até substituir o sódio como elemento para cozimento. O mesmo vale para os sistemas de lavagem e branqueamento cujos compostos nas condições específicas destas áreas não geram incrustações.

Sem dúvida o grande impacto deste elemento se dá na Caldeira de Recuperação onde associado com o Cloreto tem a capacidade de reduzir a temperatura de fusão das cinzas, aumentando a capacidade de incrustação e reduzindo o tempo de operação entre uma lavagem e outra. Este problema vem se agravando, na medida em que se instalam métodos mais eficientes de filtragem eletrostática dos gases e com a eliminação ou redução dos efluentes das áreas de evaporação e recuperação.

Paliativamente as indústrias que enfrentam este problema vem purgando as cinzas da caldeira de recuperação com objetivo de minimizar o impacto deste elemento, entretanto, o impacto econômico e ambiental desta medida com certeza vai levar a adoção de outros meios de retirar este potássio sem impactar nestes dois campos.

² Fator de acumulação é a quantidade de licor branco (kg/tAD) dividido pela quantidade total introduzida no Sistema de Recuperação

2.2.3. CLORETOS

Este elemento tem características bastante similares ao potássio no que diz respeito a acumulação nos sistemas, entretanto seus efeitos na Caldeira de Recuperação principalmente associado a potássio são mais sérios já que os cloretos podem reduzir em até 250°C a temperatura de fusão das cinzas comparado aos 60°C do potássio sozinho.

Além deste problema o Cloreto tem efeito nas partes mais frias da caldeira, banco de ebulição e economizador, no que diz respeito a corrosão por este possibilitar formação ácido clorídrico.

A atual estratégia de queima com maior teor de sólidos, com conseqüente aumento de temperatura da fornalha trouxeram vantagens no sentido de uma maior eficiência da recuperação. Por outro lado esta estratégia aliada à sistemas cada vez mais eficientes de coleta e recentemente um aproveitamento de efluentes do branqueamento, com seqüência ECF, vem trazendo preocupações e problemas para fábricas. Neste caso operar com sulfididade altas pode ser uma maneira, se não totalmente eficaz pelo menos razoável de se manter o nível de cloretos em patamares aceitáveis, cujo cloreto será perdido como HCl pelos gases.

A purga de cloretos através das cinzas obedece a mesma lógica do potássio, isto é, os sistemas atuais são apenas paliativos.

2.2.4. SÍLICA E ALUMÍNIO

Tanto um como o outro elemento tem impactos na área de evaporação em função da formação de incrustações baseadas em aluminossilicatos, como o $\text{NaAlSiO}_4 \cdot 1/3 \text{Na}_2\text{X}$ onde o X pode ser CO_3^{-2} , SO_4^{-2} e 2OH^- .

A separação da sílica entre o ciclo do sódio e o ciclo do cálcio é afetada por duas reações químicas. A primeira é a reação da sílica com o NaOH durante a reação de caustificação:



ou no caso do ciclo do cálcio a precipitação do silicato de cálcio no licor branco quando há presença de excesso de íons Ca^{+2} :

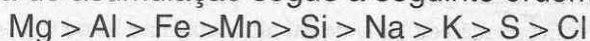


2.2.5. FERRO

Este elemento é altamente dependente de uma boa clarificação do licor verde pois o hidróxido férrico é insolúvel no licor verde. Se forem encontrados percentuais altos de ferro no circuito da cal é sintoma de arraste de dregs o que em última instância representa uma má clarificação do licor verde.

2.3. CICLO DO CÁLCIO

No caso deste ciclo a acumulação dos elementos se dá em função da solubilidade dos sais de carbonato e hidróxido destes elementos no licor branco. A tendência de acumulação segue a seguinte ordem:



Como se comentou no ciclo do sódio a clarificação ou filtração do licor verde ou branco é a maneira mais eficiente de remoção destes compostos. Assim, elementos com cálcio, magnésio, ferro e manganês na forma de carbonatos ou hidróxidos são extremamente insolúveis, facilitando sua saída ou através do dregs ou através do grits.

Se estes elementos não saírem por nenhuma destas vias eles serão decantados no clarificador ou filtro e acompanharão a lama de cal para o forno.

TABELA 2 - Acumulação de elementos não pertencentes ao processo no ciclo do cálcio.

ELEMENTO	FATOR DE ACUMULAÇÃO ³
Magnésio	7,5
Alumínio	6,0
Ferro	5,4
Manganês	2,3
Silício	0,6
Sódio	0,4
Potássio	0,2
Sulfato	0,1
Cloreto	0,04

2.4. ALUMÍNIO E MAGNÉSIO

O composto de magnésio mais comum no sistema do cal é o hidróxido de magnésio ($Mg(OH)_2$), que tem características gelatinosas e pode causar problemas de entupimento em filtros de licor branco ou filtros de lama. Valores acima de 2% de MgO na cal não são recomendados em função dos problemas que podem vir a ocorrer. Compostos de magnésio na forma de $MgCO_3$ ou $MgCa(CO_3)_2$ são também encontrados.

No caso do alumínio o fator de acumulação é fortemente dependente da quantidade de magnésio que é introduzida no sistema, isto é, valores altos de magnésio reduzem a quantidade de alumínio no sistema, já que há a formação do composto chamado hidrotalcita, que é um sal duplo de magnésio e alumínio, e é retirado através da purga de lama.

2.5. SÍLICA E FERRO

A sílica a medida que aumenta sua concentração no sistema pode trazer reduções na reatividade da lama, cujos compostos silicados fundem na superfície da cal reduzindo a porosidade, e com isto reduzindo a capacidade de absorção do licor verde na etapa de caustificação. Este problema se torna mais grave se operarmos o forno com temperaturas acima de $1.200^{\circ}C$ na zona de chama. Valores acima de 4% não são recomendados.

O ferro pode trazer problemas de má clarificação para licor branco se não for bem retirado através de uma boa clarificação do licor verde. Se isto acontecer ele irá continuar acumulando e pode ser retirado através de purgas de lama de cal.

³ Fator de acumulação = concentração da lama de cal alimentada ao forno (kg/tAD) dividido pela quantidade total introduzida ao sistema (kg/tAD)

2.6. POTÁSSIO E SÓDIO

Tanto um como outro elemento tem características similares e por isto se os valores forem altos podem trazer problemas de formação de anéis, no forno de cal em função do baixo ponto de fusão dos carbonatos de sódio e potássio. Por outro lado, valores reduzidos destes elementos dificultam a peletização da cal e aumentam a concentração de pó no forno de cal. A concentração ideal de potássio e sódio na lama de cal deve se situar entre 0,3 e 1,0% como NaOH.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com amostragens pontuais do processo fabril Riocell, em campanhas de polpa papel standards. A forma de coleta foi dividida em segmentos, visando realização do balanço de massa dos íons metálicos:

- digestor;
- deslignificação;
- branqueamento;
- recuperação;
- caustificação;
- insumos.

O estudo gerou um total de quarenta e duas (42) amostras, resultando num exaustivo trabalho de rastreamento.

Os íons selecionados, para determinar-se a sua participação no processo foram os seguintes: manganês, magnésio, ferro, alumínio, cálcio, sílica, sódio, potássio e cloretos.

Para a realização do tratamento analítico, as amostras após coleta foram secadas em estufa $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ quando sólidas, sofrendo digestão com ácido nítrico (H_2NO_3) e aquecimento, filtradas, diluídas e preparadas através de adições padrões para serem avaliadas no espectrofotômetro de absorção atômica Varian 275. O mesmo tratamento, foi aplicado para as amostras líquidas, exceto o uso de estufa.

Todos os íons metálicos foram avaliados via espectrofotômetro de absorção atômica.

As análises de Cloretos das amostras, foram tratadas com ácido nítrico (HNO_3) e leitura através do Titroprocessor 628 (titulação potenciométrica com eletrodo de prata), baseados de acordos com método Standar 4500 - Cl⁻ - D. Potentiometric Methods.

Foram realizadas três amostragens no processo, com intervalo de tempo de quinze dias.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Verifica-se tanto nas Tabelas 3, 4 e 5, que a polpa comporta-se como um filtro físico ou catiônico dos elementos em estudo. Portanto, retendo praticamente toda a rede metálica em sua estrutura fibrilar, fazendo com que o filtrado apresente teores baixos destes elementos. Este fato é positivo, quando pensamos em fechar circuitos, já que as taxas de acumulação serão menores do que o esperado. E isto é válido tanto para o sistema de recuperação como de fabricação, exceto quando TCF.

Em seqüências de branqueamento TCF, os valores principalmente de ferro e manganês na polpa apresentam índices que podem comprometer o desempenho dos agentes de branqueamento, como o peróxido de hidrogênio e o ozônio.

Na tabela 6 as concentrações de potássio e cloreto nos licor preto forte e fraco, apresentam valores acima da média quando comparados com licores de outras fábricas. Este comportamento já era esperado, em função do fechamento do sistema de recuperação e caustificação, bem como o uso da antraquinona, que limita a saída de cloretos.

A tabela 7 evidencia a importância de uma boa clarificação do licor verde e também da operação do forno de cal. Pode-se confirmar esta asserção pela observação dos valores altos para dregs e grits, principalmente no que tange aos elementos que formam compostos insolúveis.

Os resultados da Tabela 8 demonstram que a madeira é o principal fornecedor de metais não pertencentes ao processo, a qual já tínhamos conhecimento.

As consistências das polptas estão inseridas nas tabelas, visando cálculos específicos caso desejarem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo considerou uma visão geral do comportamento dos metais nos circuitos de recuperação e fabricação de celulose, já que, as informações bibliográficas atualmente são escassas.

Logo, conclui-se que:

- A grande quantidade de elementos metálicos está retida na polpa. A celulose sendo de característica negativa, funciona como captadora de íons metálicos positivos, o que corresponde ao universo analisado exceto cloreto.
- Os filtrados não comprometem o fechamento de circuito, neste estudo.
- Nos circuitos mais fechados, caldeira de recuperação, evaporação e caustificação, deverão ser pesquisados locais ou processos para eventuais purgas do sistema no que diz respeito aos cloretos e potássio, objetivando a aumentar o tempo de operação entre uma lavagem e outra da caldeira. Conclui-se também, que o eficiente uso do clarificador de licor verde ainda é uma opção barata para retirada de metais do sistema quando comparado a outros equipamentos ou eventualmente purgas na área.
- Eventuais variações nas concentrações encontradas, podem ser creditadas às alterações de consistências processuais.

6. BIBLIOGRAFIA

- GLEADOW, P.; LOWNSTZ, P.; BARYNIN, and J. WARNQIST, B. 1993 - Towards the closed cycle bleached kraft mill: recovery cycle implications. Proceedings of 25th EUCEPA Conference 1993: Book I, Vienna, Austria, October 4-8, pp.85-87.
- KEITAANNIEMI, O.; VIRKOLA, W.E. 1982 - Undesirable elements in caustizing systems Tappi 65(7):89-92.
- KIISKILA, E.; LINDBERG, H. 1995 - Metal Management with the Recaustizing. Department. Proceedings of the 1995 International Recovery Conference, Toronto, Canada, April 24-27 vol. B, pp. 8159-8163.
- MAGNUSSON, H.; MÖRK, K.; WARNQIST, B. 1979 - Non-Process Chemical elements in the kraft recovery system, Proceedings of the 1979 Tappi Pulping Conference, Seattle, WA, September 24-26.
- SHENASSA, R.; REEVE, D.W.; DICK, P.D.; COSTA, M.L. 1995 - Chloride and Potassium Control in Closed Kraft Mill Liquor Cycles. Proceeding of the 1995 International Recovery Conference, Toronto, Canada. April 24-27 Vol. B, pp. B177-185.
- TRAN, H.N.; REEVE, D.W. 1984 - Kraft Recovery unit fireside deposits and plugging - Pulpa and Paper Canada 85(10):T266-T269.
- ULMGREN, P. 1987 - The removal of Aluminum from the recovery system of a closed kraft pulp mill, Nordic Pulp and Paper Res. J. 2(1):4.
- WARNQIST, B.; NORRSTRÖN, H. 1976 - Chlorides in the recovery boiler and mechanism for chloride removal. Tappi 59(11):89-91.

Tabela 3 - Metais e não metais no digestor

AMOSTRAS / CONSISTÊNCIAS	Manganês (ppm)	Magnésio (ppm)	Ferro (ppm)	Alumínio (ppm)	Cálcio (ppm)	Sílica Solúvel (ppm)	Sódio (ppm)	Potássio (ppm)	Cloretos (ppm)
Cavacos -80% ES + 20% A*	24	207	12	52	450	199	94	910	326
Filtrado Kamyry I	2	18	7	13	72	75	2460	823	15
Filtrado Kamyry II	2	18	7	24	42	30	2225	8	9
Polpa Entrada Kamyry I - 3%	70	557	240	262	1339	3260	94141	8550	129
Polpa Saída Kamyry I - 10%	28	197	13	44	907	717	11243	393	104
Polpa Entrada Kamyry II - 3%	94	834	247	412	2553	3469	82438	3599	309
Polpa Saída Kamyry II - 10%	38	195	39	20	1010	592	10238	166	301

*80% *Eucalyptus saligna* + 20% *Acacia mearnsii*

A unidade referente à polpa é ppm = mg/kg de polpa seca

TABELA 4 - Metais e não metais na deslignificação com oxigênio

AMOSTRAS / CONSISTÊNCIAS	Manganês (ppm)	Magnésio (ppm)	Ferro (ppm)	Alumínio (ppm)	Cálcio (ppm)	Sílica Solúvel (ppm)	Sódio (ppm)	Potássio (ppm)	Cloretos (ppm)
Filtrado Entrada CB I	2	10	5	0	19	6	867	2	6
Filtrado Saída CB I	2	18	7	24	42	30	2225	8	9
Filtrado Entrada CB II	0	491	0	20	7	64	14	1	7
Filtrado Saída CB II	2	10	5	0	19	6	867	2	6
Polpa Entrada CB I - 4%	136	954	77	213	4100	1588	23471	1520	19
Polpa Saída CB I - 10%	43	292	57	59	1527	889	10099	317	14
Polpa Entrada CB II - 4%	18	1580	15	27	3933	1571	101215	1427	8
Polpa Saída CB II - 10%	21	153	20	28	948	780	3131	62	8

A unidade referente à polpa é ppm = mg/kg de polpa seca

TABELA 5 - Metais e não metais no sistema de branqueamento

AMOSTRAS / CONSISTÊNCIAS	Manganês (ppm)	Magnésio (ppm)	Ferro (ppm)	Alumínio (ppm)	Cálcio (ppm)	Sílica Solúvel (ppm)	Sódio (ppm)	Potássio (ppm)	Cloretos (ppm)
Filtrado CD	2	8	4	0	20	67	416	2	1112
Filtrado E ₁	3	6	3	1	25	32	1051	2	900
Filtrado D ₁	2	9	4	1	34	63	1190	2	1648
Filtrado E ₂	5	9	4	6	38	62	1296	1	1424
Filtrado D ₂	0	8	4	1	35	21	947	0	1036
Polpa Entrada TB* I - 10%	21	153	20	28	948	780	3131	62	8
Polpa Saída TB I - 10%	20	120	27	71	561	411	14664	220	1419
Polpa Entrada TB II - 10%	20	120	27	71	561	411	14664	220	1419
Polpa Saída TB II - 10%	6	51	10	8	224	216	8515	12	748
Polpa Entrada TB III - 10%	6	51	10	8	224	216	8515	12	748
Polpa Saída TB III - 10%	5	50	11	14	239	16	1870	7	279
Água Branca Ácida	0	11	22	61	1	69	915	4	59

*TB = torre de branqueamento

A unidade referente à polpa é ppm = mg/kg de polpa seca

TABELA 6 - Metais e não metais no sistema de recuperação

AMOSTRAS	Manganês (ppm)	Magnésio (ppm)	Ferro (ppm)	Alumínio (ppm)	Cálcio (ppm)	Sílica Solúvel (ppm)	Sódio (ppm)	Potássio (ppm)	Cloretos (ppm)
Licor Preto Forte	70	144	95	201	109	109	17217	8892	4397
Licor Preto Fraco	58	113	81	165	174	326	17362	10955	3259
Condensado - Coluna	1	7	7	1	23	11	209	1	3
Condensado - 2°/3° Efeitos	0	16	1	22	11	5	71	3	6
Condensado - 4° Efeito	1	10	7	14	1	5	3	1	2
Cinzas	33	111	56	86	88	400	274795	72330	5850

A unidade referente à polpa é ppm = mg/kg de polpa seca

TABELA 7 - Metais e não metais na caustificação

AMOSTRAS	Manganês (ppm)	Magnésio (ppm)	Ferro (ppm)	Alumínio (ppm)	Cálcio (ppm)	Sílica Solúvel (ppm)	Sódio (ppm)	Potássio (ppm)	Cloretos (ppm)
Cal	9	4171	15	148	226613	7047	11974	391	1895
Dregs	2158	19655	6572	5680	180601	14009	67897	10599	625
Grits	423	905	900	2509	383459	896	11711	1356	782
Cinzas do precipitador forno	3	776	8	39	190948	128	8061	687	506
Licor Verde	36	111	46	154	159	1270	61858	14023	11626
Licor Branco	10	10	19	64	42	888	67736	910	5406
Licor Branco Oxidado	16	10	21	57	32	510	65328	9019	4920

A unidade referente à polpa é ppm = mg/kg de polpa seca

TABELA 8 - Metais e não metais em insumos principais

AMOSTRAS	Manganês (ppm)	Magnésio (ppm)	Ferro (ppm)	Alumínio (ppm)	Cálcio (ppm)	Sílica Solúvel (ppm)	Sódio (ppm)	Potássio (ppm)	Cloretos (ppm)
WFC (água de processo)	1	15	16	5	3	162	5	0	7
Soda Cáustica	0	17	1	31	17	53	73244	7	53
Cavacos	24	207	12	52	450	199	94	710	326

A unidade referente à polpa é ppm = mg/kg de polpa seca

TABELA 9 - Metais e não metais produto final (celulose branqueada)

AMOSTRAS	Manganês (ppm)	Magnésio (ppm)	Ferro (ppm)	Alumínio (ppm)	Cálcio (ppm)	Sílica Solúvel (ppm)	Sódio (ppm)	Potássio (ppm)	Cloretos (ppm)
Celulose	2	20	16	1	102	136	400	12	15

A unidade referente à polpa é ppm = mg/kg de polpa seca

ANEXOS

