

**Fábrica de celulose e o meio ambiente: aspectos de poluição das águas e do ar**

MFN -0905

N CHAMADA:

TITULO: Fábrica de celulose e o meio ambiente: aspectos de poluição das águas e do ar

AUTOR(ES): MONTEIRO, C.E.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 12

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 26-30.11.1979

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1979, ABTCP

PAG/VOLUME: p.231-237,

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 12, 1979, São Paulo, p.231-237

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO:



# FÁBRICAS DE CELULOSE E O MEIO AMBIENTE: ASPECTOS DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS E DO AR

CELSE EUFRASIO MONTEIRO  
Cetesb

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo discutir os problemas de poluição das águas e do ar em indústrias de celulose kraft.

Devido à complexidade do assunto e à representatividade das indústrias de celulose kraft, restringe-se o trabalho a este tipo de indústria.

Em resumo este trabalho trata do aspecto legal envolvido (Estado de São Paulo), discute sucintamente os potenciais efeitos da poluição no meio ambiente, discute também as diversas contribuições de poluição da indústria, apontando soluções normalmente adotadas.

## 2. PRINCIPAIS PROBLEMAS DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS E DO AR

Na sequência, apresentam-se os principais problemas potenciais de poluição das águas e do ar, de uma indústria de celulose Kraft.

### 2.1. Poluição das Águas:

-pH-

A indústria de celulose kraft pode apresentar lançamentos com pH

bastante elevados, evidenciando a existência de alcalinidade devida ao ânion oxidrila. Esta possibilidade fica evidenciada através da natureza de muitos dos reagentes utilizados, tais como: soda cáustica, sulfeto de sódio, carbonato de sódio, óxido de cálcio, etc.

Sabe-se que, principalmente, os hidróxidos alcalinos atacam com veemência tanto o tecido animal como vegetal, causando "mortandades" de peixes acompanhadas da destruição da flora e fauna aquáticas.

Deve-se ressaltar que, com base no conceito de pH, tem-se necessidade de uma diluição de cerca de 10 vezes em água, de um despejo alcalino, para que seu pH reduza uma unidade.

O acúmulo da lixívia negra em tanques é motivo de grande preocupação, podendo causar episódios críticos de poluição das águas.

- Temperatura -

A indústria de celulose pode apresentar lançamentos de despejos com elevada temperatura, causando

uma "desorção" de oxigênio dissolvido do corpo receptor diminuindo sua capacidade de autodepuração.

- Materiais Sedimentáveis -

Os materiais sedimentáveis presentes nos despejos das indústrias são representados, principalmente, pelas fibras de celulose.

Não raro, estas fibras acabam por causar bancos de lodo, com consequente demanda bentônica de oxigênio para o corpo receptor e ainda morte de peixes devido ao entupimento das guelras.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio

- DBO -

Os despejos da indústria contêm matéria orgânica biodegradável representada, principalmente, pelos açúcares de madeira.

Esta matéria orgânica biodegradável quando estabilizada no corpo receptor pode causar depressão do oxigênio dissolvido, levando o curso d'água, próximo ou até a aneroiose, causando a morte de peixes e de outros seres aeróbicos.

- Fenóis -

A indústria de celulose pode apresentar fenóis em seus despejos. Os fenóis causam problemas quando em concentração superior a 0,001 mg/l em águas usadas para abastecimento público. A desinfecção com cloro das águas de abastecimento causa a formação de composto de cloro-fenol que apresentam odor (gosto) extremamente desagradável.

- Cor -

Os despejos da indústria de celulose apresentam acentuada cor escura que se transfere ao corpo receptor. Além do problema estético, o aumento de cor concorre para pelo menos, potencialmente, diminuir a capacidade de autodepuração dos cursos d'água devido à diminuição da penetração da luz, um dos fatores responsáveis pela fotossíntese.

## 2.2. Poluição do Ar

A indústria de celulose caracteriza-se por localizar-se fora dos grandes conglomerados urbanos, na maioria das vezes, na zona rural, daí os problemas de poluição do ar se restringirem a problemas de odor e, em escala bem menor, de materiais particulados.

- Odor -

O sulfidreto, a metilmercaptana, o dimetil sulfeto e dimetil dissulfeto são os compostos causadores do mau cheiro da indústria de celulose kraft. Tais substâncias são bastante odoríferas mesmo em concentrações bastante baixas. O Limite de Percepção de Odor para a metilmercaptana é de 0,0021 ppm e para o sulfeto de hidrogênio gasoso é 0,00047 ppm.

O mau cheiro causado pela indústria de celulose kraft, sem controle ou com controle deficiente, é motivo de reclamações, sistemáticas, da população.

- Materiais particulados -

São representados, principalmente por sais de sódio e carbonato e óxido de cálcio. É de se supor que causem problemas de corrosão dentro da área atingida. No entanto, não são causas de reclamações.

## 3. LEGISLAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Na seqüência, sem o escopo de atingir toda a amplitude da legislação, transcreve-se na íntegra ou em parte alguns artigos do Regulamento da Lei 997 de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto 8468 de 08 de setembro de 1976, que trata da

prevenção e controle da poluição do meio ambiente no Estado de São Paulo.

Artigo 2º - Fica proibido o lançamento ou a liberação de poluentes nas águas, no ar ou no solo.

Artigo 3º - Considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia lançada ou liberada nas águas, no ar ou no solo.

I - Com intensidade, em quantidades e de concentração em desacordo com os padrões de condicionamento e projeto estabelecidos nas mesmas prescrições.

II - Com características e condições de lançamento ou liberação, em desacordo com os padrões de condicionamento e projeto estabelecidos nas mesmas prescrições.

III - Por fontes de poluição com características de localização em desacordo com os referidos padrões de condicionamento de projeto.

IV - Com intensidade, em quantidade e de concentração ou com características que, direta ou indiretamente, tornem ou possam tornar ultrapassáveis os padrões de qualidade do meio ambiente estabelecidos neste regulamento e normas dele decorrentes.

V - Que, independentemente de estarem enquadrados nos incisos anteriores, tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde; inconvenientes ao bem-estar público; danosos aos materiais, à fauna e à flora; prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade, bem como às atividades normais da comunidade.

O artigo 18, a seguir transcrito contém os padrões de emissão a serem observados pelos despejos.

Artigo 18 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, diretamente ou indiretamente, nas coleções d'água, desde que obedeçam às seguintes condições:

I - pH entre 5,0 e 9,0

II - temperatura inferior a 40 °C

III - materiais sedimentáveis até 1,0 ml/l em teste de uma hora em "cone unhoff".

IV - substâncias...

V - DBO de 5 dias, 20 °C no máximo até 60 mg/l.

Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora, em termos de DBO de 5 dias, 20°C,

do despejo em no mínimo 80%.

VI - concentrações máximas dos seguintes parâmetros: ... k - fenóis - 0,5 mg/l ...

VII - outras substâncias, potencialmente prejudiciais em concentrações máximas a serem fixadas, para cada caso, a critério da CETESB.

VIII - regime de lançamento contínuo de 24 horas por dia, com variação máxima de vazão de 50% da vazão horária média.

Em termos de poluição das águas, além de observarem os padrões de emissão, os despejos não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o enquadramento do mesmo, na classificação das águas, conforme dispõem os artigos que tratam dos padrões de qualidade, a seguir transcritos:

Artigo 10 - Nas águas de classe 1 não serão tolerados lançamentos de efluentes, mesmo que tratados.

Artigo 11 - Nas águas de classe 2 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes parâmetros ou valores:

I - Virtualmente ausentes:

- materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais;
- substâncias...
- substâncias que comuniquem gosto e odor;
- no caso de substâncias potencialmente prejudiciais até os limites máximos; abaixo relacionados:

... 10. Fenóis - 0,001 mg/l.

...

II - Proibição de presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

III - Número Mais Provável (N.M.P.) de coliforme até 5000, sendo 1000 o limite para os de origem fecal, em 100 ml, para 80% de, pelo menos, 5 amostras colhidas num período de até 5 semanas consecutivas;

IV - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em 5 dias a 20°C em qualquer amostra, até 5 mg/l;

V - Oxigênio Dissolvido (OD), em qualquer amostra não inferior a 5 mg/l;

Artigo 12 - Nas águas de classe 3 não poderão ser lançados efluentes, mesmo que tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes parâmetros ou valores:

I - Virtualmente ausentes:

- a. materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais;
  - b. substâncias...
  - c. substâncias que comuniquem gosto e odor;
  - d. no caso de substâncias potencialmente prejudiciais, até os limites máximos abaixo relacionados:
- ... 10. Fenóis - 0,001, mg/l.
- ...

II - Proibição de presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais.

III - Número Mais Provável (NMP) de coliformes, 20.000 sendo 4.000 o limite para os de origem fecal, em 100 ml, para 80% de pelo menos, 5 amostras colhidas num período de até 5 semanas consecutivas.

IV - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em 5 dias, a 20°C, até 10 mg/l em qualquer dia.

V - Oxigênio Dissolvido (OD), em qualquer amostra, não inferior a 4,0 mg/l.

Artigo 13 - Nas águas de classe 4 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes valores ou condições:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas naturais, virtualmente ausentes;

II - odor e aspecto não objetáveis;

III - Fenóis até 1,0 mg/l;

IV - Oxigênio Dissolvido (OD), superior a 0,5 mg/l em qualquer amostra;

§ 1º - Nos casos das águas classe 4 possuírem índices de coliformes superiores aos valores máximos estabelecidos para a classe 3, poderão elas ser utilizadas para abastecimento público, somente se métodos especiais de tratamento forem utilizados, a fim de garantir sua potabilização.

§ 2º - No caso de águas de classe 4 serem utilizadas para abastecimento público, aplicam-se os limites de concentrações, para substâncias potencialmente prejudiciais estabelecidas para as águas classe 2 e 3, nas alíneas "d" dos incisos I dos artigos 11 e 12 transcritos.

§ 3º - Para as águas de classe 4, visando atender necessidades de jusante, a CETESB poderá estabelecer, em cada caso, limites a serem observados para lançamento de cargas poluidoras.

Obs: É importante ressaltar que os artigos citados representam a base

para o controle da poluição de águas sem, entretanto, representarem a amplitude da legislação.

O artigo 33, a seguir transcrito, contém os padrões de emissão a serem observados pelas fontes de poluição do ar.

Artigo 33 - Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora.

Parágrafo Único: A critério da CETESB, a constatação da emissão a que trata este artigo será efetuada:

1) por técnicos credenciados da CETESB.

2) com referência às substâncias a seguir enumeradas, através de sua concentração no ar, por comparação com o Limite de Percepção de Odor - LPO:

Substância LPO ppm em volume

35. Metil mercaptana 0,0021

47. Sulfeto de Hidrogênio (gaso) 0,00047.

O artigo 38, a seguir transcrito, apresenta interesse, e dispõe sobre os padrões de condicionamento e projeto para fontes estacionárias de poluição do ar.

Artigo 38 - As substâncias odoríferas resultantes das fontes a seguir enumeradas deverão ser incineradas em pós-queimadores, operando a uma temperatura mínima de 750 °C, em tempo de resistência mínima de 0,5 segundos, ou por outro sistema de controle de poluentes, de eficiência igual ou superior:

VI - fontes de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas.

Em face da localização das indústrias de celulose, geralmente em zona rural, entende-se que os padrões de qualidade de ar apresentam interesse secundário.

A ação preventiva do controle da poluição ambiental, na prática é realizada através das Licenças de Instalação e Funcionamento.

Através das Licenças de Instalação o aspecto localização é analisado. Sempre que necessário, faz parte integrante das Licenças de Instalação, as denominadas Exigências Técnicas, contendo as restrições que devem ser observadas pela indústria, caso por caso, e com base na legislação existente.

A Licença de Funcionamento é fornecida após o cumprimento das denominadas Exigências Técnicas.

#### 4. POLUIÇÃO DE ÁGUAS

O controle da poluição das águas de uma indústria de celulose está baseado em três aspectos, ou sejam:

1. Recuperação de produtos.
2. Recirculação de "despejos".
3. Tratamento dos efluentes.

4.1. Recuperação de produtos e aproveitamento.

Na produção de celulose Kraft há grandes possibilidades para recuperação dos produtos químicos da digestão e consequente geração de energia, pela queima da lixívia negra. Há também possibilidade de recuperação de fibras.

4.1.1. Recuperação de produtos químicos e aproveitamento de energia.

No caso da produção da celulose Kraft, considera-se a recuperação dos produtos químicos da digestão, com consequente geração de energia, como parte integrante do processo produtivo e não como medida de saneamento, apesar de contribuir de forma transcendental para o controle de poluição.

4.1.2. Recuperação de fibras de celulose.

As fibras de celulose presentes nas fábricas de papel aparecem também na indústria de celulose, nas operações de:

- lavagem da celulose
- branqueamento e espessamento.

Geralmente, as fibras provenientes da lavagem da celulose não representam problema de saneamento e sim, um problema econômico para a indústria, visto que estas águas vão fazer parte do licor negro, que sofre concentração e posterior queima. O problema de poluição existe quando não há recuperação dos produtos químicos da digestão. Deve-se ressaltar que a lavagem da celulose em contracorrente, contribui para uma solução conveniente do problema.

Consegue-se minimizar as perdas de fibras provenientes das operações de branqueamento e espessamento através das chamadas "unidades recuperadoras de fibras". Uma elevada eficiência dessas unidades pressupõe a recirculação de águas e de certa forma medidas operacionais.

Entre as unidades recuperadoras de fibras, devem ser citadas:

- os decantadores cônicos.
- os flotadores
- os discos múltiplos.

Os flotadores são os equipamen-

tos mais utilizados entre nós. Apresentam eficiência entre 90-95%. O tipo, denominado "Recuperador Sven Petersen" é o mais usado. Eficiência entre 80-90%, com decantadores cônicos é obtida com auxílio de floculantes.

Há expectativa de 90% de eficiência para os discos múltiplos. (1).

#### 4.2. Recirculação de "Despejos"

A produção de celulose requer o manejo de grandes volumes de água que se destinam ao transporte de fibras de uma operação a outra, na lavagem e na remoção de impurezas que se formam ao transformar a madeira em fibra e nas caldeiras. Este fato, aliado a certa flexibilidade em termos de qualidade de água, nas diversas operações que constituem o processo, resulta na possibilidade de recirculações de água, outrora despejos, entre as diversas operações que compõem o processo e dentro da mesma operação.

São notáveis os processos obtidos na recirculação das águas. Nos USA, levantamento efetuado, estima em 320% a economia de água devido ao reuso em fábricas de celulose Kraft. (2). No entanto, mesmo com altas taxas de recirculação de água, são bastante elevados os volumes de despejos. Em 1972, apresentavam-se (3) como sendo difícil de serem alcançados, volumes mínimos de despejos apontados na tabela, que se segue; (TABELA 1).

TABELA 1 - Volumes mínimos de despejos por operação.

#### Operações 1/t de polpa

preparação da madeira	0 - 1.000
digestão	4.000 - 6.200
peneiramento, lavagem e espessamento	10.000 - 12.000
branqueamento	20.500 - 62.000
outros usos	2.000 - 4.000

TOTAL 36.500 - 82.200

As possibilidades de reuso de água variam com o tipo de indústria, sendo maiores nas indústrias integradas. Pode-se verificar o reuso interno de águas, uma indústria de celulose nas operações de preparação da madeira, lavagem de polpa, ajuste da consistência, etc.

Na fabricação da celulose Kraft, o emprego de água fresca ou de primeiro uso pode ser diminuído notavelmente e praticamente restringida a água de resfriamento, já que a consistência da polpa pode ser feita com a utilização do licor fraco

que se obtém durante as fases de lavagem.

Deve-se ressaltar que a lavagem da polpa, em contracorrente, contribui para a diminuição dos volumes de água. No branqueamento da celulose a água é empregada, principalmente, como reguladora de consistência. No branqueamento da celulose Kraft, os valores determinados para a demanda de água de primeiro uso e água recirculada apresentam variações consideráveis em função da indústria ser integrada ou não. No entanto, a demanda global tende a igualar-se, para ambos os casos.

A secagem e prensagem da celulose, operação levada a cabo em indústrias de fabricação não integrada, consomem em sua totalidade, água fresca ou de primeiro uso, destinada principalmente à diluição de pasta antes de entrar na máquina formadora. Da água resultante do processo cerca de 85% pode recircular em operações anteriores sendo

que, o restante, se perde sob forma de vapor ou despejo.

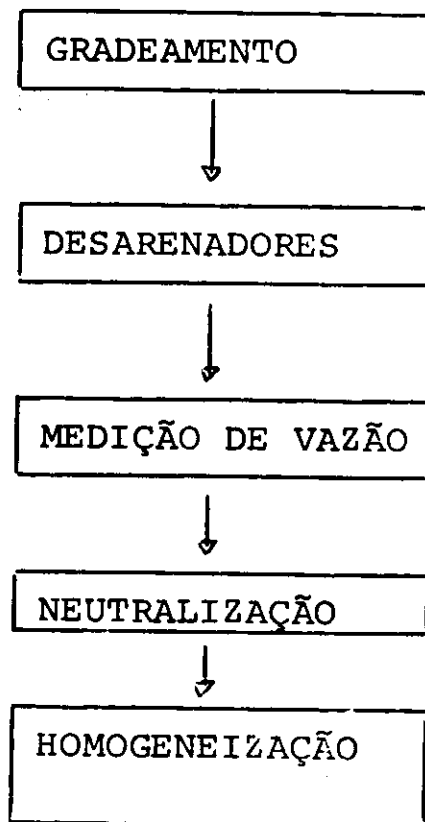
#### 4.3. Tratamento dos efluentes

A temperatura, a demanda bioquímica de oxigênio, a demanda química de oxigênio, os fenóis, a cor, os sólidos dissolvidos, os sólidos sedimentáveis e as bactérias do grupo coliforme são os principais parâmetros indicadores da poluição da indústria de celulose. Não se conhece um processo único capaz de remover todos os poluentes de maneira a se poder atender às legislações de controle. Normalmente, há necessidade de se recorrer a uma seqüência de tratamentos.

E clássico no tratamento dos despejos da indústria de celulose considerar:

- Pré-tratamento
- Tratamento primário
- Tratamento secundário
- Outros tratamentos

4.3.1. Pré-tratamento; pode-se considerar a seguinte seqüência:



#### 4.3.2. Tratamento primário

Na indústria de celulose, o tratamento primário sugere o emprego de decantadores primários.

Os decantadores primários têm uma eficiência de remoção da demanda bioquímica de oxigênio de 10-40%, da demanda química de

oxigênio de 10-30% e sólidos suspensos de 60-90%.

Entre as indústrias, é prática comum afastar da decantação primária, efluentes com baixo teor de sólidos sedimentáveis, evitando sobrecarga.

Há possibilidade de aumentar a

eficiência da chamada decantação primária com a adição de coagulantes.

A disposição final do lodo resultante da decantação primária representa também um problema. Os leitos de secagem, filtros a vácuo, centrifugas, prensas, etc. são empregados para reduzir a umidade dos mesmos. É possível o uso do lodo "seco" em aterros, mas a incineração vem ganhando importância devido aos problemas de área.

#### 4.3.3. Tratamento secundário.

Normalmente, quando se menciona tratamento secundário está se pressupondo o tratamento biológico dos despejos provenientes do tratamento primário. São muitas as alternativas para o tratamento biológico. Desde as lagoas aeradas, os biofiltros até as variantes mais sofisticadas de lodo ativado podem ser considerados como alternativas.

Problemas de operação e manutenção e possibilidade da indústria de celulose dispor de consideráveis áreas estão a recomendar o emprego das lagoas aeradas que podem remover de 40-85% da demanda bioquímica de oxigênio e de 30-60% da demanda química de oxigênio.

Os biofiltros, que funcionam também à base de fungos, menos exigentes em termos de nutrientes, representam uma interessante possibilidade. É possível obter com este processo eficiências de 30-80% ou mais, na remoção da demanda bioquímica de oxigênio e de 20-50% da demanda química de oxigênio. No entanto, o efluente dos biofiltros deve passar por um decantador secundário. Há possibilidade do lodo do decantador secundário ser secado em conjunto com o do decantador primário; entretanto, normalmente, o lodo do decantador secundário, exige adensamento e pode causar problemas de odores.

As lagoas de estabilização facultativas, que para um grande número de despejos apresentam eficiências comparáveis aos processos anteriormente citados, têm sua eficiência prejudicada, no caso das indústrias de celulose, devido à cor do despejo, que limita a penetração da luz e em consequência o desenvolvimento de algas, principais responsáveis pelo fornecimento do oxigênio ao meio, através da fotossíntese, oxigênio este responsável pela estabilização aeróbia. Normalmente, devido a este fato, as lagoas de estabilização usadas para trata-

mento dos despejos de indústria de celulose funcionam como lagoas anaeróbicas, que apresentam eficiência bem menor que as facultativas.

#### 4.3.4. Outros tratamentos

O tratamento químico não é usual no tratamento dos despejos da indústria de celulose apesar de possibilitar a remoção da cor do despejo, que permanece mesmo após o tratamento secundário. Trata-se de um tratamento dispendioso e que exige grandes cuidados de operação.

Os primeiros coagulantes investigados para o tratamento químico foram o sulfato de alumínio, sulfato ferroso (caparrosa), cloreto férrico e sulfato férrico. É comum o emprego de coadjuvantes de coagulação como sílica ativada, argilas e polieletrólitos, usados para aumentar a eficiência dos coagulantes e adensamento do lodo.

A redução de DBO através do tratamento químico é pouco significativa.

Atualmente, há preferência para emprego de cal reagente de grande disponibilidade e baixo custo. Existem processos utilizando dosagens reduzidas de cal (1,0 - 3,0 g/l) e dosagens maciças de cal (18,0 - 20,0 g/l). (4)

A osmose reversa e a troca iônica são processos que estão sendo experimentados no tratamento dos despejos da indústria de celulose.

## 5. POLUIÇÃO DO AR

Em uma indústria de celulose Kraft, devem ser destacados, genericamente, os seguintes poluentes:

- 1 - Materiais particulados.
- 2 - Substâncias odoríferas.

Deve-se destacar que tanto para substâncias odoríferas como para os materiais particulados, existe a possibilidade de redução de mais de 95% da emissão de poluentes.

### 5.1. Materiais particulados

Os problemas de poluição causados pelos materiais particulados acabam por ser bem menores que aqueles causados pelas substâncias odoríferas.

As fontes mais importantes de materiais particulados são representadas pela caldeira de recuperação de produtos químicos, o forno de cal e o tanque de dissolução dos produtos químicos.

Tais materiais particulados são representados, principalmente, por sais de sódio e carbonato e óxido de cálcio, sendo, portanto, materiais valiosos.

5.1.1. Caldeira de recuperação de produtos químicos.

Devem ser distinguidos dois tipos de caldeiras:

- caldeiras que promovem o estágio final de evaporação da lixívia negra através de contato direto dos produtos de combustão com a lixívia.
- caldeiras que promovem o estágio final de evaporação da lixívia negra através do contato indireto dos produtos de combustão com a lixívia.

O controle dos materiais particulados provenientes das caldeiras de recuperação de produtos químicos é realizado através de precipitadores eletrostáticos que chegam a apresentar eficiências da ordem de 99%.

No caso das caldeiras de recuperação com evaporação de contato direto, a lixívia negra que vai sofrer o estágio final de evaporação apresenta a propriedade de reter razoável porcentagem dos materiais particulados.

O fator de emissão de materiais particulados na fornalha de uma caldeira de recuperação de produtos químicos é, em média, 90 Kg/t de celulose. (4)

### 5.1.2. Tanque de dissolução dos produtos químicos.

O controle dos materiais particulados emitidos nos tanques de dissolução é efetuado através de um filtro, uma espécie de peneira, com tela fina, que separa os materiais particulados dos gases.

Com o uso de venturi de baixa queda de pressão e ciclones com chuveiro pode-se obter maiores eficiências, em torno de 90%.

O fator de emissão de materiais particulados nos tanques de dissolução de produtos químicos pode atingir a 12 Kg/t de celulose. (4)

### 5.1.3. Forno de cal

O controle de materiais particulados provenientes dos fornos de cal pode ser feito com lavadores do tipo venturi e de impacto que chegam a apresentar eficiência de 99% e 90% respectivamente.

O fator de emissão de partículas nos fornos de cal depende da velocidade e turbulência dos gases, podendo atingir valores iguais a metade daquele observado em caldeiras de recuperação de produtos químicos (5).

### 5.2. Substâncias odoríferas

As substâncias causadoras de odores em uma indústria de celulose são representadas por compostos de enxofre, tais como o sulfidreto (H<sub>2</sub>S), a metilmercaptana (CH<sub>3</sub>-SH), o dimetil sulfato (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S e dimetil dissulfeto ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>). O enxofre contido nestas substâncias é chama-

do de TRS - "enxofre total reduzido". Tais substâncias são bastante odoríferas mesmo em concentrações bastante baixas.

As fontes mais importantes do TRS estão na caldeira de recuperação da lixívia negra, no sistema de digestão, no sistema de lavagem da celulose, no sistema de evaporação de múltiplo efeito, no sistema de depuração dos condensados, no sistema de oxidação da lixívia negra, no tanque de dissolução de produtos químicos e no forno de cal. Quando o estágio final de evaporação de lixívia negra é feito por contato direto dos produtos de combustão com a lixívia negra parcialmente concentrada, esta operação assume importância transcendental, podendo liberar cerca de 80% do TRS da indústria kraft.

**5.2.1. Caldeira de recuperação de produtos químicos**  
Pode-se evitar problemas devido TRS na fornalha através de uma operação adequada na queima da lixívia negra. A temperatura elevada e a adição, pequeno excesso de oxigênio, quase que por si só representam uma garantia de ausência de compostos de enxofre reduzidos nos produtos de combustão. Nos gases de combustão é possível oxidar, praticamente, todo enxofre a SO<sub>2</sub>, poluente, não responsável por odores.

As quantidades de TRS nos sistemas que promovem o estágio final de evaporação da lixívia negra, através do contato direto dos produtos de combustão da fornalha com esta lixívia, podem ser muito grandes. Os produtos de combustão da fornalha apresentam apreciáveis quantidades de anidrido de ácidos, como SO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> que reagem com Na<sub>2</sub>S da lixívia a ser concentrada, libertando H<sub>2</sub>S. Consegue-se minimizar a liberação de H<sub>2</sub>S através da oxidação, com ar ou oxigênio, do Na<sub>2</sub>S para Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que não reage com SO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

Pode-se minimizar as emissões de H<sub>2</sub>S em evaporadores de contato direto através de controle do PH, criando equilíbrio favorável à manutenção do Na<sub>2</sub>S em solução. Grandes minimizações, não só de H<sub>2</sub>S mas de TRS são conseguidas através da concentração do estágio final da lixívia negra por contato indireto. As emissões são reduzidas para a ordem de 0,01 kg TRS/t celulose.

Admite-se reduções da ordem de 20 vezes, em termos de TRS, com o emprego de evaporador de contato indireto, isto em relação aos evapo-

radores de contato direto e tendo a lixívia sofrido oxidação, daí os evaporadores de contato indireto serem chamados de evaporadores de baixo odor.

**5.2.2. Sistema de evaporadores de múltiplos efeitos, sistema de depuração dos condensados e sistema de digestão.**

Observam-se altas concentrações de TRS em compostos provenientes das descargas de incondensáveis e nos condensados contaminados provenientes dos evaporadores de múltiplos efeitos, assim como nos gases de alívio e de descarga dos digestores.

Os incondensáveis, os compostos gasosos de enxofre, do condensado dos evaporadores, depurados com ar ou vapor, podem ser misturados com os gases de alívio e de descarga dos digestores e controlados através de absorção alcalina ou queimados (oxidados a SO<sub>2</sub>) em pós-queimadores.

A queima desses gases pode ser efetuada, em parte, no forno de cal e/ou em uma caldeira de força.

Deve-se ressaltar que a absorção em solução alcalina do TRS é parcial, limitando-se ao H<sub>2</sub>S e CH<sub>3</sub>-SH, daí sua eficiência ser menor que a observada nos pós-queimadores.

O controle do pH, além da sulfidez, pode contribuir para a minimização do TRS emitido no sistema de concentração inicial da lixívia negra.

**5.2.3. Oxidação do licor negro e sistema de lavagem de celulose.**

Durante o processo de oxidação da lixívia negra alguns compostos de enxofre reduzidos são liberados. Esta fonte, assim como aquela representada pelo sistema de lavagem da celulose, apresenta pouca importância, em termos relativos.

**5.2.4. Dissolução de produtos químicos.**

Há possibilidade de redução a praticamente zero, a emissão de TRS no tanque de dissolução de produtos químicos, através do controle da turbulência no tanque, o PH do líquido de dissolução e da emissão de sulfeto de sódio nos gases de saída.

**5.2.5. Forno de cal**

O forno de cal é outra fonte potencial de emissão de TRS sendo, entretanto, em termos relativos, desprezível. Tais emissões são minimizadas com um adequado dimensionamento do forno, com a presença de

oxigênio nos gases de emissão, com o controle de sulfetos na lama de cal e temperatura do forno.

## 6. CONCLUSÕES

Como ficou evidenciado no presente trabalho, para a indústria de celulose kraft existem soluções para uma efetiva minimização dos problemas de poluição das águas e do ar.

Tanto em termos de poluição de águas, como em termos de poluição do ar, o sucesso do controle depende, além do controle operacional da indústria, de medidas que envolvem a recuperação de subprodutos e energia e envolvem alterações do processo.

É fundamental para o controle da poluição das águas a recuperação dos produtos químicos da digestão e do potencial de energia contidos na lixívia negra, assim como de fibras libertadas nas operações de lavagem, branqueamento e espessamento. O aspecto econômico está a recomendar que a recuperação de fibras e principalmente dos produtos químicos, com consequente recuperação de energia, seja considerada como parte integrante do processo produtivo e não como medida de saneamento.

A recirculação (reuso) de águas entre as diversas operações que compõem o processo e dentro da mesma operação, além de contribuir diretamente para a minimização da poluição, contribui também no sentido de diminuir o tamanho do sistema de tratamento de despejos e consequentemente dos investimentos. Deve-se ressaltar que qualquer medida que contribua para a redução dos volumes de despejos representa uma medida de economia para o sistema de tratamento de despejos.

O tratamento clássico dos despejos da indústria de celulose pressupõe um pré-tratamento, um tratamento primário para remoção de sólidos sedimentáveis e um tratamento biológico. Esta sequência se mostra bastante satisfatória na remoção dos poluentes, com exceção da remoção de cor, que continua representando um problema.

Em termos de poluição do ar, a grande preocupação é representada pelo problema de liberação de substâncias odoríferas.

A caldeira de recuperação de produtos químicos representa, normalmente, a maior fonte de emissão de substâncias odoríferas, contribuindo com cerca de 80% da emissão da indústria. Expressivos resulta-

dos, em termos de minimização de emissão de tais substâncias são obtidos com equipamentos que promovam o estágio final de concentração da lixívia negra através de evaporadores de contato indireto, representando portanto um problema de processo. Quando o estágio final de concentração da lixívia negra é realizado através de evaporadores de contato direto, consegue-se minimizar a emissão de substâncias odoríferas, com resultados bem mais modestos, através do controle do pH, criando um equilíbrio favorável à manutenção do sulfeto de sódio em solução e oxidando a lixívia negra, antes de seu estágio final de concentração.

O controle de outras fontes de substâncias odoríferas da indústria pode ser feito ou promovendo a queima dos gases em algum ponto do processo, ou com o uso de pós-queimadores, ou com o uso de uma solução alcalina para absorção.

#### Referências Bibliográficas

1. MACEDO, L.H. Tratamento dos resíduos líquidos de uma fábrica de celulose e papel pelo processo Kraft.

Tese de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública - USP - 1975 - Datilogr.

2. NEMEROW, N.L. The materials industries In: NEMEROW, N.L. Liquid waste of industry theories,

practices & treatment - Reading, Mass., Addison - Wesley, 1971 p. 365 - 397.

3. STONIS, A. - Branqueamento sem poluição - In. 5ª. CONVENÇÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, São Paulo, 1972. Trabalhos Técnicos: São Paulo, 1972, - p. 235 - 40.

4. NCASA - Atmospheric emissions from the pulp and paper manufacturing industry - report of. NCASA - "EPA cooperative study project" - NCASA Technical Bulletin nº 69, 1974.

5. EPA - "Standards support and environmental impact statement Vol. I - Proposed Standards of performance for Kraft pulpmills, 1976.