



# A aplicação do tratamento anaeróbico em efluentes da indústria de papel e celulose

Laíze Guimarães Guaglianoni\*  
Eduardo Cleto Pires\*  
Marcelo Antunes Nolasco\*

As questões ambientais provocam cada vez mais reações adversas do público, sendo que a indústria de papel e celulose, assim como outras indústrias consideradas poluentes, é vigiada mais atentamente.

A indústria de papel e celulose sempre esteve sujeita a uma série de pressões devido aos danos que pode causar e que no início da sua implantação causou ao meio ambiente. Devido a essas pressões, uma longa história de desenvolvimento próprio de tecnologias de fabricação e tratamento de seus efluentes foram criadas de modo a tornar menos impactante as instalações modernas. Um dos problemas que ainda persistem é a remoção de cor e de compostos tóxicos dos efluentes do processo de branqueamento. Uma análise similar das origens da toxicidade não é, ainda, prontamente disponível, mas há um consenso que o processo de branqueamento é a maior fonte de tóxicos seguido pela polpação e pátio de madeira com contribuições menores. É importante distinguir-se o problema da cor, que está associada a moléculas de alto peso molecular (maior que 1.000), do problema da toxicidade, que está associada a compostos de baixo peso molecular (menor que 1.000). Os compostos de baixo peso molecular são responsáveis por 80 a 90%

dos efeitos mutagênicos na fauna e flora dos corpos receptores, Pires & Springer (1993).

Uma grande parte da toxicidade está associada a compostos organoclorados encontrados em efluentes e que é diretamente proporcional à quantidade de cloro e dióxido de cloro usado no branqueamento, Pires & Springer (1993).

Os compostos tóxicos encontrados nos efluentes podem matar ou danificar a vida aquática, possuindo também um potencial de bioacumulação que pode prejudicar organismos mais elevados na cadeia alimentar, inclusive o homem.

O processo anaeróbico tem tido notabilidade pela sua capacidade de estabilizar compostos orgânicos biodegradáveis, permitindo assim acoplar o tratamento de efluentes com a produção de energia, podendo ainda minimizar custos operacionais e gerar algum retorno do investimento. O processo anaeróbico se destaca pela capacidade de oxidar dióxido de carbono e acetato em gás metano na ausência de oxigênio. Esse processo tem tido um crescente interesse por parte das indústrias de papel e celulose sendo utilizado como pré-tratamento, tratamento primário ou tratamento secundário e suas aplicações serão aqui enfocadas, avaliando as possíveis vantagens e desvantagens do mesmo.

O problema ambiental gerado pela indústria de papel e celulose levou o Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS) da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC - USP a criar um grupo de estudos, onde profissionais de áreas diversas tentam avaliar esses problemas mostrando possíveis soluções e visando fornecer uma contribuição técnica e científica a eles.

## Organoclorados e toxicidade

Na indústria de papel e celulose, a lignina é o alvo principal do processo de branqueamento das pastas celulósicas, sendo que os alvejantes empregados podem também atacar outros compostos presentes na pasta celulósica. Dos compostos de cloro formados, parte são ligados covalentemente e parte ionicamente. A ligação iônica é facilmente dissociada, acarretando um menor impacto ambiental quando comparada com a ligação ligada de maneira covalente.

O cloro ligado covalentemente também recebe a denominação de cloro ligado organicamente. Em média, nos processos de branqueamento convencional, 5 kg de cloro ligado organicamente, são produzidos por tonelada de pasta celulósica branqueada. Considerando que a produção mundial de pasta celulósica branqueada é de 50 milhões de toneladas, são lançadas anualmente 250 mil toneladas de cloro ligado organicamente. Os principais compostos orgânicos clorados encontrados na indústria de pasta celulósica são apresentados na tabela 1.

Em efluentes de pasta celulósica sulfato branqueada, 90% do cloro ligado organicamente estão na forma de alto peso molecular (maior que 1.000) e são de difícil identificação e caracterização. Estes compostos de alto peso molecular conferem muito da cor atribuída aos efluentes de branqueamento e acredita-se que sejam inativos biologicamente, pois devido ao seu tamanho têm dificuldade de penetrar na membrana das células dos organismos e, portanto, pouco contribuem para o efeito tóxico e mutagênico do efluente e também para sua DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Já os efluentes de baixo peso molecular (menos

\* Laíze Guimarães Guaglianoni, Eduardo Cleto Pires, Marcelo Antunes Nolasco, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Trabalho apresentado no 27º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 7 a 11 de novembro de 1994.



**Tabela 1: Principais compostos orgânicos da indústria da pasta celulósica, Rosa (1993)**

Tipos	Número de variedades	Quantidades
Ácidos clorados	40	> 500g por ton de pasta
Clorofenóis	40	> 100g por ton de pasta
Aldeídos, cetonas, lactonas cloradas	45	~ 500g por ton de pasta
Hidrocarbonetos clorados	45	
Outros materiais clorados	20	
Material clorado de alto peso molecular		> 4 kg como cloro, por ton de pasta

que 1.000) são potencialmente tóxicos, mutagênicos e causam bioacumulação, uma vez que são capazes de penetrar nas membranas das células.

A quantidade de compostos clorados gerados na cloração e na extração alcalina é função direta da quantidade de cloro aplicada. Na cloração convencional da pasta celulósica, a carga de cloro é determinada pela quantidade de lignina residual na pasta, que por sua vez é indiretamente avaliada pelo teste do número de *kappa* ou número de permanganato. Desse modo, tais testes, quando empregado comparativamente, são indicadores de onde haverá maior geração de organoclorados.

#### **Determinação e quantificação de organoclorados**

Um dos grandes problemas práticos quanto ao monitoramento dos compostos organoclorados é a sua correta e segura quantificação analítica. A maioria dos métodos utilizados envolve um ou mais estágios de concentração da amostra seguido por adequadas técnicas de quantificação. Entre os métodos de concentração temos: ultrafiltração (também por separação) e adsorção em resina (XAD) entre outros. Para a quantificação de compostos organoclorados voláteis, a técnica de cromatografia gasosa/espectrometria de massa, entre outras, também tem sido usada. No entanto, devido ao grande número de variedade de compostos organoclorados presentes nos efluentes, foram desenvolvidos métodos para a sua determinação genérica, ou seja, o montante de material organoclorado em vez de identificação de compostos específicos.

A quantificação dos compostos de cloro, ligados organicamente através destes métodos genéricos de análise, segue

normalmente as seguintes etapas:

- separação do cloro ligado covalentemente dos íons clorados;
- mineralização, ou seja, conversão do cloro ligado covalentemente em íons cloretos;
- determinação dos íons cloretos.

Os métodos utilizados para medir a quantidade de cloro ligado covalentemente a compostos orgânicos são conhecidos por:

- TOCI: cloro orgânico total;
- TOX; halogênio orgânico total;
- AOX; halogênio orgânico adsorvido, esta técnica também mede compostos orgânicos voláteis, como clorofórmio, pois se utiliza de adsorção em carvão ativado;
- EOCIP: quantidade de cloro ligado organicamente e que pode ser extraído como solvente orgânico apolar;
- POX: halogênio orgânico purgável, para determinação de compostos orgânicos voláteis;
- EOX: halogênio orgânico extraível, mede a quantidade de cloro extraído de amostras aquosas com solvente não polar.

O método conhecido como AOX vem sendo citado como um dos mais modernos, sendo resultante do desenvolvimento de uma técnica instrumental que utiliza o carvão ativado para adsorver matérias orgânicas. As vantagens desse método podem ser citadas como repetibilidade, reprodutibilidade, simplicidade do método, curto tempo de análise e baixo custo (excluindo o valor do equipamento), Rosa (1993).

O AOX é reportado como a soma geral dos parâmetros de halogênios orgânicos adsorvíveis, não sendo específico para o cloro, mas para todos os halogênios (F, Cl, Br, I), mas, devido à origem das amostras, de indústria de papel e celulose, os compostos orgânicos são, na sua quase

totalidade, ligados ao cloro.

#### **Redução de organoclorados na indústria de papel e celulose**

Várias tentativas têm sido direcionadas com o objetivo de reduzir as descargas de organoclorados, medidas pelo AOX, por meio de processos internos e externos. Os processos internos citados por Rosa (1993) são:

- reforçar o estágio de extração alcalina;
- substituição de cloro por dióxido de cloro;
- controle e otimização do processo;
- melhorias na lavagem da polpa e licor de cozimento;
- deslignificação com oxigênio;
- cozimento estendido modificado.

Os processos externos citados por Rosa (1993) para a remoção de cargas de organoclorados presentes nos efluentes são:

- processos de tratamento biológicos, principalmente sistemas anaeróbicos;
- precipitação com sulfato de alumínio;
- adição de carvão ativado;
- precipitação com lama.

#### **Toxicidade dos organoclorados**

Vários efeitos deletérios diretos sobre os metabolismos aquático têm sido correlacionados à ação de compostos organoclorados. Desde a toxicidade aguda e crônica, carcinogênese e mutagenicidade têm sido amplamente avaliados. No entanto, parece pouco provável existir uma relação direta entre AOX e a toxicidade dos efluentes, uma vez que o AOX expressa a soma de halogênios adsorvíveis, pouco representando sobre a variação qualitativa que pode estar expressa nos seus resultados.

Ensaio em efluentes do processo de branqueamento, como cloração e extração alcalina, demonstram ser estes, agudamente, tóxicos frente a várias espécies de organismos aquáticos indicadores, principalmente peixes, sendo que esta toxicidade varia significativamente com as condições do processo, Rintala e colaboradores (1991).

Ensaio de toxicidade para certos compostos organoclorados específicos, principalmente clorofenóis, mostraram uma toxicidade aguda para peixes.

Outro aspecto relevante do lançamento de efluentes, contendo organoclorados nos corpos receptores, é a incapacidade de remoção desses compostos pelos métodos tradicionais utilizados em estações



de água para abastecimento. A aplicação dos processos anaeróbicos, em conjunto com outros processos de tratamento, pode oferecer uma solução para eliminar tóxicos orgânicos ou modificar esses compostos, de modo a promover a biodegradabilidade e os efeitos inibitórios, Rintala e colaboradores (1991).

### A aplicação do processo anaeróbico

As primeiras aplicações do tratamento anaeróbico ocorreram com sucesso no final do século XVII e, então, grande número de pesquisas tem sido desenvolvidas. O metabolismo da digestão anaeróbia desenvolve-se, basicamente, em quatro estágios, onde a matéria orgânica complexa é convertida em metano e dióxido de carbono, conforme mostra a figura 1.

A aplicação do tratamento anaeróbico, em águas residuárias de diferentes origens, tem aumentado rapidamente nos últimos anos e sido fartamente comparado a processos anaeróbicos convencionais. O tratamento anaeróbico oferece maiores vantagens nessa comparação, principalmente pelas baixas necessidades energéticas e custos operacionais e também pela produção de energia na forma de gás metano.

Outra particularidade bastante atrativa dos processos anaeróbicos é a baixa produção de lodo, que é um dos maiores problemas dos processos anaeróbicos.

A indústria de papel e celulose tem investido bastante nesse processo e apesar de seus efluentes apresentarem compostos inibidores, como amônia e enxofre na forma de sulfato e sulfeto, a viabilidade técnica do processo tem se comprovado.

Nesse processo, onde o efluente a ser

tratado contém enxofre, como é o caso da indústria de papel e celulose, as bactérias redutoras de sulfato *Desulfovibrio* são também importante, pois utilizam o sulfeto como aceptores de elétrons na produção de sulfeto de hidrogênio e dióxido de carbono como produtos finais. A redução de sulfetos e/ou sulfatos é um fator importante no desempenho e operação desse processo na indústria de papel e celulose, pois sulfetos e sulfatos estão presentes em diversos processos de branqueamento como: sulfeto ácido, NSSC, kraft, CMP, CTMP e o sulfato de alumínio que é usado em larga escala na produção de papel.

A polpação de madeira ou de outros materiais celulósicos, qualquer que seja o processo, resulta na solubilização de matéria orgânica como lignina, carboidratos, ácido acético e outros ácidos orgânicos, metanol e alcoóis de baixo peso molecular e algumas cinzas inorgânicas, sendo a lignina o limitante da degradação biológica.

### Por que anaeróbio?

Os processos anaeróbios, de modo geral, possuem a seu favor a capacidade de economizar energia e custo. De acordo com Dinsmore (1987), a economia de energia é obtida por:

- o processo anaeróbio opera sem oxigênio, eliminando a necessidade do uso de aeradores mecanizados ou borbulhadores de ar utilizados nos processos aeróbios convencionais;
- o processo anaeróbio produz gás metano durante a degradação dos compostos orgânicos, creditando energia ao balanço energético do sistema.

Também as altas concentrações de

DBO dos efluentes da indústria de papel e celulose favorecem os sistemas anaeróbios de alta geração de gás, tempo de retenção e outros fatores. Já os efluentes de baixa concentração, como os do processo kraft de polpação, não são economicamente viáveis nessas condições.

### Anaeróbio! Prós e contras

A principal vantagem, de acordo com Dinsmore (1987), é a conservação e produção de energia, onde existe um lucro de energia. O processo também produz, de modo geral, menor quantidade de lodo e requer menos nutrientes que os processos aeróbios.

Sua maior desvantagem é, também, de acordo com Dinsmore (1987), a necessidade de controle e operação mais rigorosos. O processo anaeróbio, na maioria das vezes, necessita de "polimento" por processo aeróbio antes de ser despejado no corpo receptor. Esse processo, quando aplicado isoladamente em efluentes do processo de branqueamento CTMP, não é eficiente na remoção de toxicidade. Portanto, para Dinsmore (1987), o processo típico de tratamento de efluentes da indústria de papel e celulose deve ser de acordo com a figura 2.

### Fatores que devem ser considerados na aplicação do processo anaeróbio em efluentes da indústria de papel e celulose

De acordo com Lee e colaboradores (1989), os fatores que devem ser considerados na aplicação desse processo são:

- cinética do processo:
  - taxa de remoção de substrato variando entre 2 e 5 kg de DBO removida/kg SSV/dia a 35° C;

Figura 1: Estágios da digestão anaeróbia

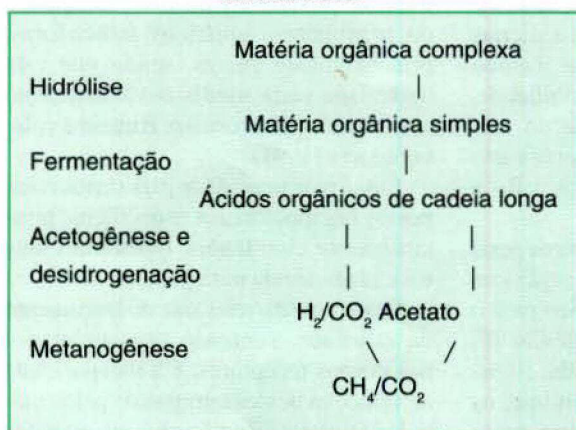
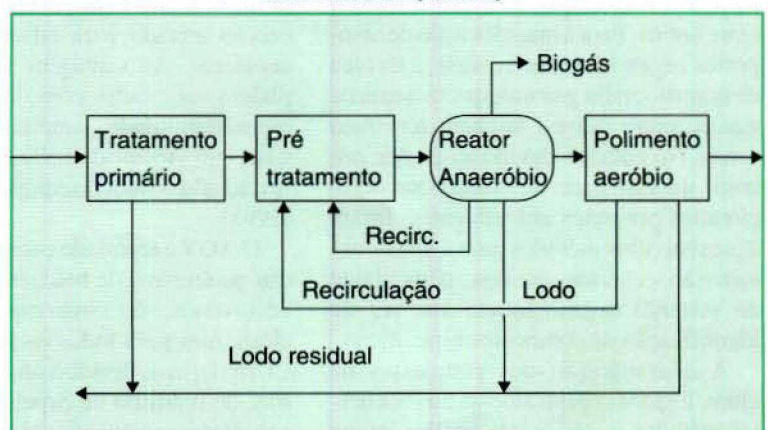


Figura 2: Diagrama de um processo anaeróbio típico, Dinsmore (1987)





- temperatura;
- produção de biomassa;
- produção e composição de biogás;
- nutrientes requeridos:
  - fósforo e nitrogênio que muitas vezes já fazem parte dos processos de polpação e fabricação de papel ou, então, são adicionados em taxa bem menores que as necessárias em processos aeróbios;
  - pH e alcalinidade;
  - inibição e toxicidade:
    - ocorre geralmente pela presença de enxofre orgânico e composto no efluente. Na indústria de papel e celulose, particularmente, os lignossulfatos não se decompõem sob condições anaeróbias.

### Configuração de reatores

Diversos são os tipos de reatores que possuem aplicabilidade na indústria de papel e celulose. Citaremos alguns destacados por Lee e colaboradores (1989) e por Lee apud Springer (1993).

#### Lagoa anaeróbia

Foi um dos grandes processos anaeróbios pioneiros, podendo ser configurada com uma célula ou com várias células em série ou em paralelo. Embora não seja muito usada na indústria de papel e celulose, as lagoas possuem várias vantagens sobre os outros processos anaeróbios, incluindo:

- facilidade de degradação de SST, particulados e sedimentados. Possui bom potencial para a aplicação em efluentes do processo de polpação mecânica e química;
- o lodo produzido no processo de lodos ativados pode ser usado como substrato para alimentar a lagoa, diminuindo a quantidade de lodo gerada;
- simplicidade de operação;
- custo de implantação e operação baixo.

As desvantagens são:

- necessidade de grandes áreas, pois na indústria de papel e celulose requer um tempo mínimo de retenção hidráulico de 7 a 10 dias para uma remoção de 75 a 90% de DBO;
- perdas de calor consideráveis devido à grande área superficial;
- dificuldade na remoção de sólidos e na coleta do gás.

#### Processo anaeróbio de contato

Esse processo é uma derivação da lagoa anaeróbia com redução do volume do reator, onde a concentração de biomassa é aumentada pela separação e recirculação dos sólidos dos efluentes. Esse

processo foi um dos primeiros processos de alta taxa implantados nos Estados Unidos e uma das principais vantagens é a sua aceitação com relação as altas concentrações de SST. Na indústria de papel e celulose, a concentração de SST varia de 3.000 a 5.000 mg/l até 10.000 mg/l, resultando num carregamento volumétrico entre 1 e 2 kg de DBO removida/m<sup>3</sup>/dia numa eficiência maior que 90% e temperaturas ótimas de 35°C.

#### UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

O reator UASB foi desenvolvido na década de 70 por Lettinga e colaboradores, onde no topo do reator existe um "separador" necessário para separar o biogás, o lodo e o efluente líquido. A recirculação é, normalmente, usada para manter constante o carregamento hidráulico do reator e para diluir e resíduo afluente.

O UASB possui várias vantagens sobre outros reatores de alta taxa. Quando a alimentação é feita com lodo adaptado, a partida é rápida, em torno de dias, enquanto a partida de filtros anaeróbios e reatores de contato anaeróbio é em torno de meses. O UASB ainda é viável para efluentes com DBO baixa, aproximadamente 400 mg/l, assim como a alta concentração de biomassa ou "choques" tóxicos não alteram seu desempenho. Também pode ser citado como vantagem a ausência de mistura mecanizada.

Um dos pontos críticos do desempenho desse reator é a granulação do lodo, pois se as características da água residual não permitir granulação ou a granulação se perder através de efeitos tóxicos, o crescimento da manta de lodo é afetado, a biomassa se perde e o desempenho fica comprometido. Altas concentrações de SST no afluente também podem comprometer a manta de lodo. A taxa de carregamento dessa instalação varia entre 3,5 a 5,0 kg DBO removida/m<sup>3</sup>/dia para temperaturas ótimas próximas a 35±5°C.

#### Filtro anaeróbio

O primeiro filtro implantado na indústria de papel e celulose foi construído em 1987 num processo de fabricação integrado com polpação CTMP na Bélgica. O desempenho desse processo está inteiramente ligado ao meio de suporte do mesmo, pois efluentes quimicamente diferentes aplicados a meio suporte iguais apresentam relevantes diferenças no desempenho. O meio suporte provoca o

desenvolvimento da biomassa ativa que minimiza a fixação da superfície ou virtualmente elimina riscos de lavagem da biomassa. Os filtros podem ser operados com fluxo ascendente ou descendente. O fluxo ascendente produz alta concentração de biomassa, devido à adição de biomassa suspensa na formação do biofilme na estrutura do leito fixo. Esses biosólidos podem resultar numa partida rápida e num maior carregamento volumétrico que o reator de fluxo descendente. O fluxo descendente pode ser aplicado em efluentes com alta concentração de enxofre inorgânico e com a razão entre degradabilidade da DQO e enxofre inorgânico baixa (menor que 10 ou 15), que se aplica a indústria de papel e celulose.

A reciclagem é um fator essencial para esse processo e para ambos os fluxos, pois minimiza o gradiente do pH no leito do reator, mantém as condições hidráulicas que asseguram boa distribuição do escoamento e minimizam os efeitos tóxicos devido à alta concentração. Processos que utilizam biomassa, como filtros anaeróbios ou leitos fluidizados, são mais resistentes a "choques" que os processos de crescimento suspenso, como o contato anaeróbio.

Os filtros anaeróbios aplicados em efluentes do processo CTMP na indústria de papel e celulose apresentaram uma remoção de 70% de DQO, 85% de DBO e uma produção de 443 m<sup>3</sup>/h de biogás contendo 85% de metano.

#### Anaeróbio de leito fluidizado

O processo de leito fluidizado é também um processo de filme fixo que permite o crescimento do biofilme em meio inerte, geralmente areia particulada. Esse processo mostrou-se viável, tecnicamente, para efluentes de variadas indústrias, inclusive papel e celulose.

Nesse processo, o efluente é distribuído uniformemente no fundo do reator com velocidade ascensional suficiente para fluidizar o leito. A recirculação é usada para manter constante essa velocidade e para minimizar a variação do pH e das condições tóxicas ou inibitórias devido à concentração.

Estudos demonstraram que esse reator pode suportar carregamentos volumétricos maiores que outros reatores anaeróbios de alta taxa, com eficiência similar. Estudo piloto com efluentes de polpação condensada (amônia - base sulfato) foram realizados empregando filtro anaeróbio UASB e reator de leito fluidizado com



resultados similares para remoção de DBO (entre 80 e 90%), mas com taxas de carregamento volumétricos bastante diferenciada - UASB entre 3,0 e 3,3 kg DBO removida/m<sup>3</sup>/dia; filtro com 10 kg DBO removida/m<sup>3</sup>/dia e leito fluidizado entre 17 e 41 kg DBO removida/m<sup>3</sup>/dia. Essa capacidade de operar com alto carregamento volumétrico, alta eficiência e pequeno volume é uma das principais vantagens desse reator. A grande necessidade de energia e o alto custo operacional são fatores contrários a esse reator.

### **Configuração anaeróbia híbrida e de dois estágios**

De acordo com Lee e colaboradores (1989), uma enorme quantidade de reatores híbridos combinando dois ou mais processos tem sido desenvolvida e aplicada tanto em plantas piloto como em escala real. Os sistemas híbridos são desenvolvidos sob os aspectos vantajosos de dois ou mais processos. Uma combinação UASB/ leito fixo, entre outras, apresenta condições de partida mais rápida que o UASB sozinho. Algumas vantagens dessa combinação são:

- volume menor da concentração de biomassa no reator que o UASB sozinho;
- maior resistência a "choques" tóxicos que os sistemas isolados.

Algumas das possíveis desvantagens podem ser:

- eventual entupimento no leito fixo com escoamento ascendente;
- dificuldade em otimizar fisicamente os dois processos na mesma instalação.

### **Sistemas anaeróbios/aeróbios**

Apesar das inúmeras vantagens apresentadas sobre o processo aeróbio, a realidade é que os sistemas anaeróbios não respondem devidamente quando aplicado isoladamente na indústria de papel e celulose. Assim, tem-se aplicado sistemas combinados anaeróbio/aeróbio, onde um sistema corrige as "falhas" do outro e vice-versa.

Pascik (1989) aplicou o sistema combinado em efluentes na polpação por sulfato. O sistema anaeróbio continha poliuretano como meio filtrante e bactérias adaptadas a esse meio eram inoculadas para a formação de biofilme. A combinação desses sistemas apresentou eficiência e estabilidade entre 200 e 300%, remoção eficiente de DQO e DBO e eficiência razoável na remoção de compostos organoclorados (aproximadamente 30% de eliminação por AOX).

Lee apud Springer (1993) também observou melhores resultados no sistema combinado, apresentando vantagens como a eficiência da energia, baixa produção de sólidos, alto carregamento volumétrico, aumento no potencial de remoção de poluentes e estabilidade total do sistema, além da estimativa de uma alta remoção de organoclorados chegando a atingir parâmetros legislativos.

### **Sistema de baixa taxa**

Van Horn (1988), em estudos com sistemas de baixa taxa, concluíram pela aceitação do mesmo para tratamento de efluentes da clarificação primária, onde se pode esperar remoção de 85% de DBO, redução da quantidade de lodo produzido e possível redução de nutrientes requeridos.

Em estudo realizado com efluente da clarificação primária da polpação semi-química, observou-se um tempo de detenção de 5,0 a 6,4 dias a 35 °C.

### **Pesquisas realizadas no departamento de hidráulica e saneamento - SHS - EESC - USP**

Apesar de haver uma extensa bibliografia sobre o processo anaeróbio, incluindo aplicações específicas à indústria de papel e celulose, ainda não há material suficiente para a formulação de recomendações para projeto e aplicações do processo. Observa-se, também, que parte da literatura existente divulga somente resultados, sem preocupar-se em divulgar detalhes de projeto ou detalhes de menor importância.

Por ser um processo de aplicação diversa, torna-se difícil a comparação dos resultados.

A revisão de trabalhos publicados mostrou que, em alguns deles, a viabilidade econômica é o enfoque principal, enquanto em outros os parâmetros da qualidade o são. Assim, na primeira etapa do nosso trabalho desenvolveram-se estudos sobre as possíveis configurações do reator, optando-se por um reator de bancada que garanta a consistência e a repetibilidade dos experimentos, de modo a determinar o comportamento e os efeitos tóxicos dos compostos químico-orgânicos presentes no processo. Os experimentos serão feitos seguindo o protocolo de níveis múltiplos descrito por Young & Tabak (1993).

O parâmetro principal a ser avaliado será a quantidade de organoclorados presentes no tratamento através de AOX.

Outros estudos com efluentes da indústria de papel e celulose estão sendo realizados no SHS - EESC - USP, avaliando-se mutagenicidade do efluente e hidrodinâmica de reatores eletrolíticos, visando remoção de cor, entre outros.

Também no SHS - EESC - USP foi desenvolvido e implantado um reator UASB que trata efluentes de uma fábrica de papelão reciclado com resultados bastante positivos.

### **Conclusão**

Este trabalho nos mostra que, apesar de bastante adiantado, ainda há um longo caminho a ser percorrido e nesse percurso novas barreiras surgirão. Assim, devemos todos, pesquisadores e industriais, na universidade ou na indústria, ter uma visão mais a longo prazo. Não nos resta dúvida que o problema ambiental será cada vez mais complexo e que o legislador irá responder de acordo com a maior ou menor pressão que receber da sociedade. Sabemos, hoje, que o meio ambiente não é capaz de auto-regeneração infinita; assim, os padrões de qualidade serão cada vez mais rigorosos.

Para que se possa ter um pleno desenvolvimento do processo anaeróbio, ou qualquer outro processo que derive pesquisas nessa área, torna-se necessária uma estreita colaboração entre indústria e universidade. Na maioria dos casos, as indústrias não podem dispor de equipamentos de alto nível ou de pessoal com dedicação exclusiva a pesquisa, que é um dos objetivos da universidade. Seus pesquisadores possuem tempo e recursos materiais para esse trabalho, necessitando somente de maior compreensão dos processos de fabricação e do fornecimento de matéria-prima, no caso, efluentes da indústria de celulose e papel. Assim, trabalhando conjuntamente, ganha a indústria que encontra soluções para seus problemas muitas vezes aliando viabilidade técnica com a economia e ganha a universidade que consegue condições de pesquisas mais estáveis. É contando com essa colaboração que pretendemos avaliar o processo anaeróbio de modo geral, com um maior enfoque aos organoclorados na indústria de papel e celulose.

### **Referências bibliográficas**

- Dinsmore, Norm - *Anaerobic Treatment Allows Viable Handling of Bleached CTMP Effluent - Pulp and Paper*, p.39-40, October, 1989.
- Lee Jr., John W; Peterson, David L. &



Stickney, A. Ray - *Anaerobic Treatment of Pulp and Paper Mill Wastewaters*, 1989 Environmental Conference, p. 473-496, 1989.

Maat, Derk Z. - *Anaerobic Treatment of Pulp and Paper Effluents* - 1990 Environmental Conference, p. 757-759, 1990.

Pasak, Imre - *The Anaerobic Treatment of Sulfite Pulp Mill Bleaching Effluents with Immobilized Microorganisms* - 1989 Environmental Conference, p.543-547, 1989.

Pires, E. C. & Springer, A. M. - *Remoção Eletrolítica de Cor: sim, não ou talvez?* - *Anais do 26º Congresso de Celulose e Papel da ABTCP*, 1993.

Rintala, J.A. & Sierra - Alvarez, R. *Recent Developments in the Anaerobic Treatment of Pulp and Paper Industry Wastewaters*, 1991 Environmental Conference, p. 777-785, 1991.

Rosa, Jean - *Formação e Natureza dos Organoclorados em Fábricas de Celulose, Sua Quantificação Analítica Expressa na Formação de AOX e Conseqüências Ambientais do seu Lançamento* - Trabalho apresentado na disciplina *Fundamentos de Toxicologia Ambiental*, EESC - USP, 1993.

Springer, Allan M. - *Industrial Environmental Control: Pulp and Paper Industry*, 2nd. edition - Tappi Press, 1993.

Van Horn, J. T. & Cocci, A. A. - *Anaerobic Treatability Study of Semi-chemical Pulp Mill Effluent* - 1988 Environmental Conference, p. 297-308, 1988.

Young, J. C. & Tabak, H. H. - *Multilevel Protocol for Assessing the Fate and Effect of Toxic Organic Chemicals in Anaerobic Treatment Processes* - *Water Environmental Research*, v.65, nº 1, p. 34-45, January/February, 1993 ▲

# ECONOMIA?

## CONVERSE COM A GENTE.

Você se preocupa com a relação custo / benefício na hora de especificar ou comprar pisos industriais ou revestimentos anticorrosivos, mas de maneira alguma abre mão da qualidade? Então converse com quem entende, e muito, deste assunto.

A Ancobras fornece ao mercado brasileiro, há mais de 20 anos, pisos e revestimentos da mais alta qualidade, a preços comprovadamente competitivos.

Economia, qualidade, credibilidade e tecnologia? Ligue para a Ancobras e converse com a gente.



  
**ANCOBRAS**  
ANCOBRAS DO BRASIL LTDA

**QUALIDADE MUNDIAL EM PISOS E REVESTIMENTOS**

Rodovia Presidente Dutra, Km 223  
Caixa Postal 258 - CEP 07034-901 - Guarulhos - SP  
Tel.: (011) 912-0011 - Fax: (011) 912-0574  
Grupo Keramchemie - Gail

PODIUM