

# TRATAMENTO DO EFLUENTE DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL. PROCESSO FÍSICO-QUÍMICO COM OZÔNIO E COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO

MARIA ELIZA NAGEL HASSEMER

Engenheira Sanitarista, Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

MAURÍCIO LUIZ SENS

Engenheiro Sanitarista, Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Rennes, França. Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

## RESUMO

Diversos problemas envolvem as estações de tratamento de efluentes têxteis, especialmente o baixo nível de eficiência de remoção da cor. O presente trabalho investigou o tratamento desses efluentes por meio da ozonização e da floculação. Ensaios foram realizados para encontrar a dosagem mínima de ozônio que fosse efetiva para o tratamento, utilizando um piloto de ozonização. Ensaios de coagulação-floculação determinaram a dosagem ótima de sulfato de alumínio, de cal e de polímero, para avaliar a remoção de cor e turbidez. No tratamento com coagulação-floculação, a eficiência de remoção de cor foi de 98% (com e sem polímero) e, para a turbidez, foi de 95% sem polímero e de 98% com polímero, para um tempo de decantação de 7 minutos. A pré-ozonização com pequenas dosagens de ozônio não aumentou a eficiência de remoção dos parâmetros analisados para esse efluente e para o tipo de polímero utilizado.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento de efluente têxtil, tratamento físico-químico, ozonização, floculação.

## ABSTRACT

*A variety of problems involve the textile effluent treatment stations, principally the low efficiency in the removal of colour. This work investigated the treatment of these textile effluents through ozonization and flocculation. Ozonization tests were carried out in order to determine the minimum dose of ozone which would be effective in the treatment, utilising a pilot ozonization. Coagulation-flocculation tests determined the optimum dose of aluminium sulphate, of lime and of the polymer, to evaluate the removal of colour and turbidity. In the treatment with coagulation-flocculation the removal efficiency of colour were 98% (with and without polymer) and for turbidity, were 95% without polymer and 98% with polymer, for a seven minutes decantation time. The pre-ozonization with low doses of ozone did not enhance the removal efficiency for the parameters analysed for this effluent and for this kind of polymer utilised.*

**KEYWORDS:** Textile effluent treatment, physical-chemical treatment, ozonization, flocculation.

## INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis constituem fator de grande importância na economia brasileira. Os estados de Santa Catarina e São Paulo são os maiores pólos têxteis em volume de produção do Brasil. O processamento têxtil é gerador de grande quantidade de despejos altamente poluidores, contendo elevada carga orgânica, cor acentuada e compostos químicos tóxicos ao homem e ao meio ambiente. Os processos e despejos gerados pela indústria têxtil variam à medida que a pesquisa e o desenvolvimento produzem novos reagentes, novos processos e novas técnicas, e também de acordo com a demanda do consumo por outros tipos de tecidos e cores. Numerosas operações são necessárias a fim de dar ao tecido o máximo de propriedades, gerando assim, em cada etapa, diferentes despejos.

A técnica da ozonização tem sido muito usada nos últimos anos no tratamento desses despejos, em virtude de seu alto potencial de oxidação. O ozônio reage facilmente com a maior parte dos corantes utilizados nas indústrias têxteis. A ozonização combinada com a coagulação-floculação representa uma eficiente alternativa para o tratamento desses efluentes (CAMEL e BERMOND, 1998).

Segundo KAWAMURA (1996), a pré-ozonização nem sempre melhora a floculação, e ainda segundo SIDDIQUI *et al.* (1997), a pré-ozonização pode inibir a efetividade da coagulação. Para LIN e LIN (1993), a turbidez aumenta com o tempo de ozonização, dificultando a redução de cor. A explicação para isso é o aumento significativo da quantidade de sólidos suspensos durante a ozonização.

O presente trabalho tem como ob-

jetivo o tratamento físico-químico para efluentes têxteis, empregando técnicas de coagulação/floculação e oxidação com ozônio.

## A INDÚSTRIA TÊXTIL E O TRATAMENTO DE SEUS EFLUENTES

No que diz respeito à produção e ao número de trabalhadores que ocupa, a indústria têxtil é uma das maiores do mundo, e todas se caracterizam por requerer grandes quantidades de água, corantes e produtos químicos utilizados ao longo de uma complexa cadeia produtiva (SANIN, 1997).

Cerca de 100 m<sup>3</sup> de água são consumidos em média para cada tonelada de tecido processado, gerando 100 kg de DQO (BERGNA *et al.*, 1999).

A cor forte é a característica mais

notória do efluente têxtil. O problema da cor está associado aos corantes, especialmente aos corantes solúveis em água que são adsorvidos em quantidade insignificante (menos de 25%) e, portanto, saem nos efluentes das estações de tratamento. Sua concentração é menor do que a de muitos outros produtos químicos encontrados nos efluentes, mas sua cor é visível até a baixas concentrações (SARASA *et al.*, 1998). Os corantes são moléculas orgânicas altamente estruturadas e de difícil degradação biológica (LIN e LIU, 1994).

Os efluentes gerados pelas unidades industriais normalmente são tratados por processos físico-químicos e biológicos convencionais (coagulação química e lodos ativados), os quais apresentam bons resultados na redução carbonácea, mas têm como inconveniente a alta produção de lodo e a necessidade de disponibilização de grandes áreas para implantação do processo de tratamento e de aterros sanitários industriais para disposição do lodo. Além disso, esses efluentes caracterizam-se por uma grande variação de cargas, em razão da própria variação do processo industrial que envolve a sequência de produção e acabamento têxtil, em cujo processo são utilizados corantes, tensoativos espessantes e produtos químicos diversos que tornam o efluente muito complexo, geralmente com altas concentrações de DBO e DQO, e com diferentes características de biodegradação.

## Ozonização

A ozonização é uma técnica que tem sido sugerida na literatura recente, como uma potencial alternativa para a descoloração. Oferece eficiência satisfatória, apresentando um efluente com pouca cor, baixa DQO, e adequado para ser lançado ao meio ambiente ou retornar ao processo.

Num primeiro momento, a ozonização é empregada principalmente para quebrar as moléculas de corantes, e depois para a descoloração. O pré-tratamento com ozônio é um método promissor de oxidação dos corantes transformando-os em degradáveis. Embora muitos trabalhos tenham sido feitos com a oxidação pelo ozônio, bem pouco se sabe sobre a cinética da ozonização e seus produtos da reação com os corantes (LIAKOU *et al.*, 1997).

A ozonização, no final do tratamento, está sendo também cada vez mais uti-

lizada para a eliminação da cor e de outras substâncias persistentes.

## Efeito do ozônio sobre a coagulação-floculação

A adição de um oxidante forte como o ozônio, no efluente têxtil, altera a natureza ou a quantidade de cargas na superfície das partículas, facilitando a coagulação/floculação. De acordo com o pH, pode ocorrer a formação de precipitados metálicos, que são removidos por sedimentação ou filtração. O aumento de grupos carboxílicos e fenólicos decorrentes da ozonização auxiliam a adsorção de compostos orgânicos e hidróxidos metálicos pelos flocos, melhorando a coagulação/floculação.

BECKER *et al.* (1995), citados por CAMEL e BERMOND (1998), mostraram alguns resultados nos quais a pré-ozonização foi prejudicial à coagulação no tratamento de água. Eles notaram uma redução significativa na distribuição do peso molecular e, em razão disso, um aumento na dose de coagulante foi necessária para permitir uma boa redução de turbidez.

## Remoção da cor

A remoção da cor de águas altamente coloridas varia em função da dosagem de ozônio e da quantidade de material colorido (corantes). O ozônio é muito efetivo na descoloração de efluentes têxteis porque ele ataca as duplas ligações dos corantes, que estão associadas à cor. O pH e a condutividade praticamente permanecem constantes, enquanto a cor diminui gradualmente durante a ozonização.

A remoção da cor pela ozonização é efetiva e razoavelmente rápida. A classe do corante é bastante significativa na determinação do comportamento dos corantes. Para um menor tamanho, a estrutura química, se compacta, pode ter um impacto negativo na taxa de reação. Dosagens razoáveis de ozônio permitem uma boa eficiência na remoção da cor para corantes ácidos, mordentes, catiônicos, diretos, reativos e enxofre. Corantes dispersos e tintas são mais difíceis de remover, mesmo a altas concentrações de ozônio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento descrito neste trabalho foi realizado no Laboratório Inte-

grado de Meio Ambiente da Universidade Federal de Santa Catarina, utilizando o efluente da Indústria Têxtil Damyller, que fica situada no Município de Nova Veneza (SC). O efluente têxtil analisado era proveniente das seguintes etapas de processamento: desengomagem, estonagem com enzima ácida e neutra, redução (descoloração da peça), alveamento, amaciamento, tingimento, resinagem (formação de película protetora dos fios), acidificação e alcalinização. Os principais corantes utilizados foram os corantes reativos Laranja BF 2R, Amarelo BF 3R, Azul BF GN, e o Preto Direto NF 700%.

## O sistema-piloto

O sistema-piloto utilizado para o tratamento do efluente têxtil era formado pelo piloto de ozonização (gerador de ozônio e colunas de contato), e pelo aparelho de Jar Test por meio do qual o efluente ozonizado era submetido à coagulação-floculação.

A Figura 1 apresenta um desenho esquemático do sistema piloto usado neste experimento.

## Ensaio de coagulação-floculação

Testes de jarros foram realizados segundo uma metodologia para tratamento de água de abastecimento proposta por DI BERNARDO, PÁDUA e LIBÂNIO (1998), com a finalidade de determinar a melhor dosagem de coagulante e de cal, melhor dosagem de polímero, melhor tempo de floculação e decantação, melhor pH e melhor gradiente de velocidade, obtendo assim a otimização dos parâmetros de tratabilidade para o efluente têxtil em estudo.

Os ensaios foram realizados em Equipamento de Reatores Estáticos, modelo Nova Ética, composto de seis reatores (jarros) tronco-prismáticos de seção transversal quadrada, de capacidade de dois litros cada reator, permitindo obter gradientes de até 2200 s<sup>-1</sup>.

O coagulante utilizado nos ensaios foi o Sulfato de Alumínio PA [Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 14 a 18 H<sub>2</sub>O] (por ser o mesmo coagulante usado na indústria), com solução a 5%.

O alcalinizante utilizado foi uma suspensão de cal (hidratada), preparada com produto comercial a 5%.

Como auxiliar de floculação, foi utilizado uma solução de Polímero Sintético não Iônico (PRAESTOL 2500) a 0,01%.

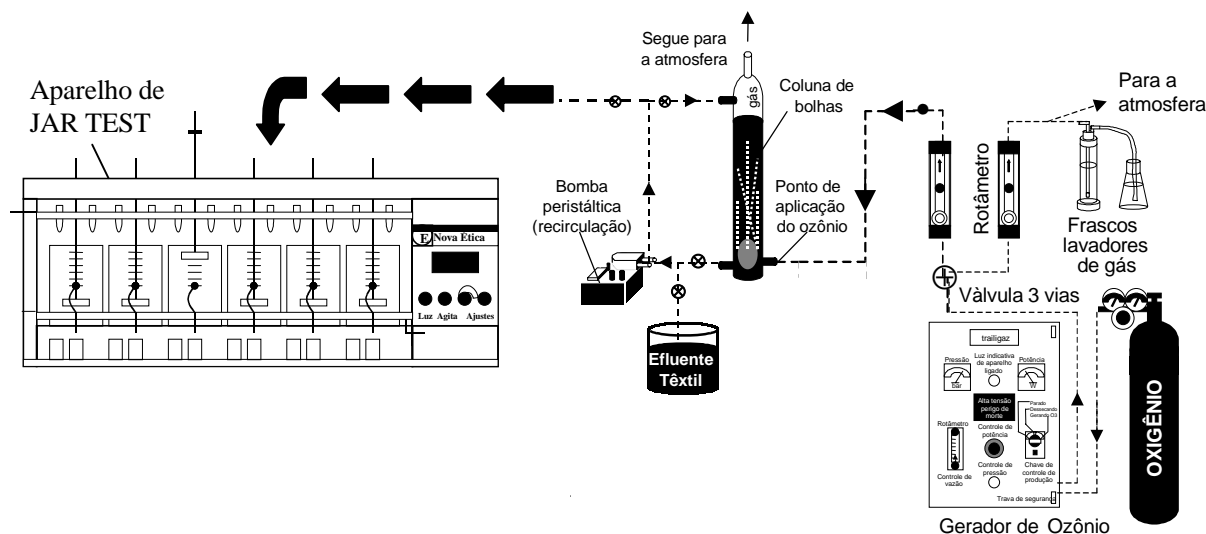


Figura 1 – Esquema do sistema piloto utilizado no tratamento

## Ensaio de ozonização

O efluente têxtil foi ozonizado através de um piloto de ozonização composto por: aparelho gerador de ozônio a partir de oxigênio puro (modelo LABO 6LO da Trailigaz), cilindro de oxigênio puro, rotâmetro para gases (modelo P), frascos lavadores de 500 ml, colunas de contato (de vidro com 1,25 m de altura e com 50 mm de diâmetro), bomba portátil 150 (para recirculação do efluente nas colunas). O volume de efluente nas colunas era de aproximadamente 2300 ml, que por meio de uma bomba recirculava a contra corrente da injeção do gás, que era injetado continuamente.

A transferência do ozônio para a massa líquida foi realizada em coluna clássica de bolhas, injetando-se o gás por meio de um difusor poroso, situado na base da primeira coluna. O excesso de gás, ou seja, a parcela da mistura gasosa que não ficava retida na massa líquida, saía pelo topo da coluna, e era destruído por um destruidor catalítico. A concentração de ozônio foi determinada pelo método iodométrico, em que o volume do gás era desviado para um frasco contendo iodeto de potássio.

A eficiência de transferência foi determinada pela diferença entre a concentração de ozônio no gás gerado pelo ozonizador (feed-gás), e a concentração de ozônio no gás que saía da coluna (off-gás), conforme a equação a seguir:

$$\text{Eficiência}(E) = \frac{[\text{O}_3]_{\text{feed gás}} - [\text{O}_3]_{\text{off gás}}}{[\text{O}_3]_{\text{feed gás}}} \quad (1)$$

A concentração de ozônio transferida foi determinada pela seguinte equação:

$$[\text{O}_3]_{\text{transferido}} (\text{mg/L}) = \frac{E \times [\text{O}_3]_{\text{feed gás}} \times Q_g \times t}{60 \times V_{\text{ef}}} \quad (2)$$

Sendo: E = eficiência de transferência (decimal);  $[\text{O}_3]$  = concentração de ozônio (mg/L);  $Q_g$  = vazão de gás (L/h); t = tempo de contato nas colunas (min);  $V_{\text{ef}}$  = volume de efluente nas colunas (L).

Foi utilizada a concentração de ozônio transferido, pois a concentração de ozônio dissolvido na massa líquida não foi medido. Segundo NAYME (1997), as reações entre o ozônio e os corantes reativos são de cinéticas muito rápidas, e o ozônio dissolvido aparece somente após a eliminação quase que total dos corantes. Com essas informações e tendo em vista a dificuldade de determinação da concentração do ozônio dissolvido em efluentes fortemente coloridos, estabeleceu-se que todo o ozônio transferido à massa líquida seria imediatamente consumido na reação de descoloração.

Os efluentes ozonizados (várias con-

centrações) foram submetidos a ensaios de Jar Test, utilizando os parâmetros otimizados anteriormente, e os melhores resultados (cor e turbidez) foram comparados aos resultados do efluente decantado, não ozonizado.

## Análises físico-químicas

As medidas de pH, DQO, sólidos suspensos, temperatura, turbidez, condutividade e alcalinidade foram realizadas utilizando-se os métodos descritos no Standard Methods (APHA, 1992).

A cor foi medida por meio da leitura da absorvância em espectrofotômetro (modelo DR/4000 UV-VIS da HACH) no comprimento de onda de máxima absorvância do efluente bruto, na faixa do visível,  $\lambda = 666 \text{ nm}$ . Não existe uma metodologia normatizada para a determinação da coloração de efluentes industriais, dificultando com isso, a comparação dos resultados relacionados ao tratamento de efluentes têxteis.

## Características do efluente bruto

As principais características físico-químicas médias do efluente têxtil utilizado neste experimento eram as seguintes: pH = 6,5 a 7,5, alcalinidade = 496 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , absorvância(666nm) = 1,08, turbidez = 270 NTU,  $\text{DQO}_{\text{total}} = 961 \text{ mg/L}$ , COD = 242 mg/L, e sólidos suspensos = 179 mg/L.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Coagulação-floculação

#### Determinação do melhor pH de coagulação e melhores dosagens de coagulante e polímero

Através dos ensaios de Jar Test obteve-se os melhores resultados de pH que, no tocante à redução de cor e turbidez, foram os próximos de 7,27, correspondendo à concentração aplicada de 600 mg/L de hidróxido de cálcio (cal).

Utilizando-se esse resultado em novos ensaios, obteve-se uma dosagem ótima de sulfato de alumínio (coagulante) de 500 mg/L, que correspondeu a uma absorvância (cor) de 0,052 e uma turbidez de 32,1 NTU para um tempo de decantação de 7 minutos. As dosagens de coagulante utilizadas no processo de coagulação-floculação de uma estação de tratamento de efluentes têxteis podem variar de 500 a 2000 mg/L.

Para determinar a melhor dosagem de polímero, foram utilizados três pontos que representaram regiões do diagrama de coagulação que forneceram melhores resultados de remoção de cor e turbidez. Novos ensaios então, foram realizados com esses pontos. A Tabela 1 apresenta as características dos pontos escolhidos.

Para cada ponto escolhido foram realizados ensaios para determinar a melhor dosagem de polímero, que foi de

0,45 mg/L para todos os pontos. Com a utilização do polímero, o ponto A1 foi o que obteve melhores resultados de remoção de cor e turbidez. Assim, as características do ponto A1 foram utilizadas para os ensaios com polímero, e as do ponto A3 para os ensaios sem polímero. Com a utilização do polímero, a dosagem de cal foi reduzida pela metade, sendo isso importante para produzir menos lodo no processo.

#### Determinação do melhor gradiente de velocidade e tempo de mistura rápida

Com os parâmetros otimizados com e sem polímero, foram realizados novos ensaios, nos quais o melhor resultado de remoção de cor e turbidez foi obtido com um gradiente de velocidade  $G = 600 \text{ s}^{-1}$ , com um tempo de mistura rápida de 5 segundos para os ensaios sem polímero; para os ensaios com polímero, o melhor gradiente foi  $G = 1200 \text{ s}^{-1}$ , com um tempo de mistura rápida também de 5 segundos.

#### Determinação do melhor gradiente de velocidade e tempo de floculação

De acordo com os resultados obtidos nos novos ensaios realizados, e segundo a metodologia proposta para os ensaios de coagulação-floculação citada anteriormente, obteve-se um tempo total de floculação de 21 minutos, e gradientes

de velocidade otimizados de  $G = 30 \text{ s}^{-1}$ ,  $20 \text{ s}^{-1}$  e  $20 \text{ s}^{-1}$  para os ensaios com polímero; e de  $G = 50 \text{ s}^{-1}$ ,  $30 \text{ s}^{-1}$  e  $20 \text{ s}^{-1}$  para os ensaios sem polímero. Esses resultados foram utilizados em um outro piloto de floculação com meio granular expandido, operando em contínuo, sendo o mesmo formado por três câmaras em série (HASSEMER *et al.*, 2001).

Com a otimização do tratamento, chegou-se a uma dosagem de 500 mg/L de sulfato de alumínio, enquanto que na Indústria Têxtil Damyller, a dosagem utilizada era de 800 mg/L.

A eficiência média de remoção de cor, para um tempo de decantação de 4 minutos, foi de 97% (sem polímero) e de 98% (com polímero); para um tempo de decantação de 7 minutos, a eficiência média foi de 98% (sem polímero) e de 98% (com polímero). Já para a turbidez, a eficiência média de remoção, para um tempo de decantação de 4 minutos, foi de 93% (sem polímero) e de 97% (com polímero); para um tempo de decantação de 7 minutos, a eficiência média foi de 95% (sem polímero) e de 98% (com polímero).

Podem ser observados que a adição desse polímero não aumentou significativamente a eficiência de remoção dos parâmetros analisados.

### Ozonização do efluente bruto

#### Variação da concentração de ozônio

Os corantes são moléculas que geralmente contêm ligações insaturadas, sobre as quais o ozônio reage rapidamente. Segundo NAYME (1997), o consumo de ozônio necessário para alcançar uma determinada porcentagem de descoloração aumenta quando o efluente contém grande quantidade de carbonatos e produtos auxiliares, pois eles reagem com o ozônio e prolongam o tempo necessário à descoloração do efluente.

Na Figura 2, tem-se a fotografia de amostras do efluente bruto, ozonizado a concentrações de 2,2 - 4,0 - 8,5 - 13,5 - 17,0 - 20,0 mgO<sub>3</sub>/L, respectivamente nos frascos 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Essas concentrações foram obtidas num tempo de ozonização de 1 - 2 - 4 - 6,4 - 8,5 e 11 minutos, respectivamente. Observa-se uma boa remoção de cor à medida que se aumenta a concentração de ozônio.

Após a ozonização, os efluentes foram submetidos a ensaios de Jar Test

Tabela 1 - Características dos pontos escolhidos no diagrama de coagulação

Características dos Ensaios	Ponto A1	Ponto A2	Ponto A3
Dosagem de Sulfato de Alumínio (mg/L)	500	550	500
Dosagem de Cal (mg/L)	300	400	600
PH de coagulação	6,73	6,63	7,27
Turbidez remanescente (NTU) Td = 4 min	138	98,3	44,5
Abs <sub>666</sub> (cor) Td = 4 min	0,388	0,257	0,108
Turbidez remanescente (NTU) Td = 7 min	45,9	40	32,1
Abs <sub>666</sub> (cor) Td = 7 min	0,087	0,069	0,052

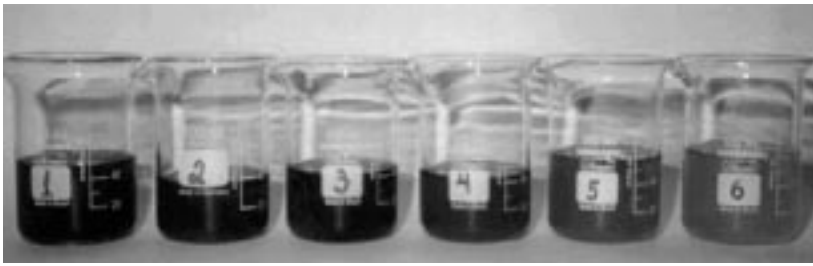


Figura 2 - Redução da cor do efluente bruto ozonizado a 2,2 - 4,0 - 8,5 - 13,5 - 17,0 - 20,0 mgO<sub>3</sub>/L

(parâmetros de coagulação-floculação otimizados), e os efluentes decantados foram analisados quanto a remoção de cor e turbidez.

A Figura 3 mostra o comportamento da cor e da turbidez do efluente ozonizado e decantado (4 e 7 minutos), em relação a várias concentrações de ozônio, com e sem polímero.

A absorvância média do efluente era da ordem de 1,08 (666nm) e com uma aplicação de ozônio em torno de apenas 8 mgO<sub>3</sub>/L, houve uma redução para 0,03 (97% de eficiência), usando ou não o polímero; a turbidez média do efluente era da ordem de 270 NTU, com a ozonização foi para 13,0 (95% de eficiência), também usando ou não o polímero, resultados esses para um tem-

po de decantação de 7 min. Esses resultados foram muito bons, apesar de se observar que com concentrações maiores de ozônio a eficiência de remoção aumentou ainda mais.

Para esse mesmo tempo de decantação sem a ozonização, a eficiência de remoção da cor e turbidez ficou em torno de 98%. Provavelmente a ozonização promoveu alguma inibição na coagulação ou alguma reação, em virtude do tipo de corante utilizado na indústria (reativo).

Pelos resultados dos ensaios e de acordo com os estudos de MELO FILHO (1997) e NAYME (1997), adotou-se, como parâmetro para os ensaios de ozonização, a concentração de ozônio de 7 mgO<sub>3</sub>/L. Também foram realizados ensaios com a concentração de ozônio de 27 mgO<sub>3</sub>/L apenas para comparação de resultados.

## Variação da concentração de sulfato de alumínio

Segundo MELO FILHO (1997), os resultados da coagulação-floculação, utilizando o sulfato ferroso como coagulante, para um efluente têxtil sintético pré-ozonizado com 7,2 mgO<sub>3</sub>/L, demonstraram uma redução na dosagem do coagulante de aproximadamente 20%.

Com efluentes ozonizados a 7 e 27 mgO<sub>3</sub>/L, foram realizados ensaios de Jar Test, variando a dosagem do coagulante (sulfato de alumínio) para verificar se ocorre uma diminuição em sua dosagem, através da redução de cor e turbidez.

As Figuras 4 e 5 mostram os gráficos do efluente ozonizado (7 e 27 mgO<sub>3</sub>/L) e decantado, com e sem polímero, variando as concentrações de coagulante.

Houve uma grande eficiência na remoção de cor e turbidez, mas para o efluente dessa indústria especificamente, e com o tipo de coagulante utilizado, a pré-ozonização com 7 mgO<sub>3</sub>/L não promoveu um decréscimo nas dosagens desse coagulante, evidenciando que cada efluente tem que ser visto como um caso em separado. Já para a dosagem de 27mgO<sub>3</sub>/L, houve uma redução, mas haveria a necessidade de um estudo econô-

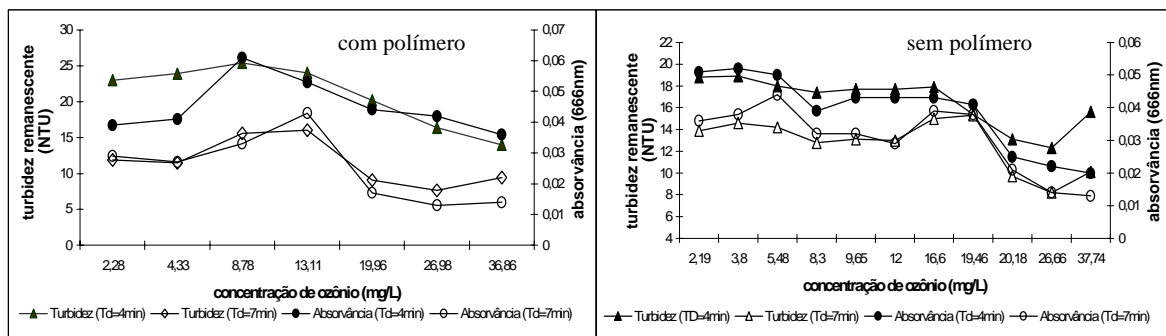


Figura 3 - Redução da turbidez e da absorvância (cor) em relação à concentração de ozônio, com e sem polímero

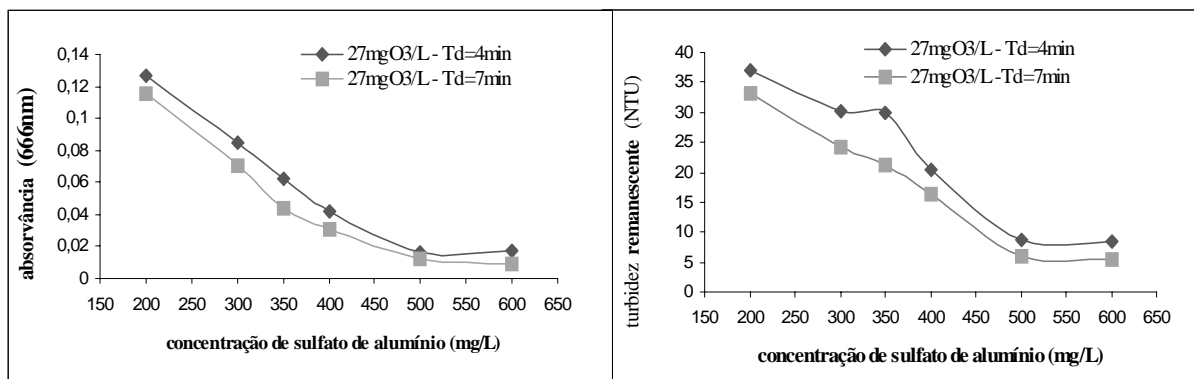


Figura 4 - Redução da absorvância (cor) e da turbidez em relação à concentração de sulfato de alumínio e de sulfato de alumínio, com polímero

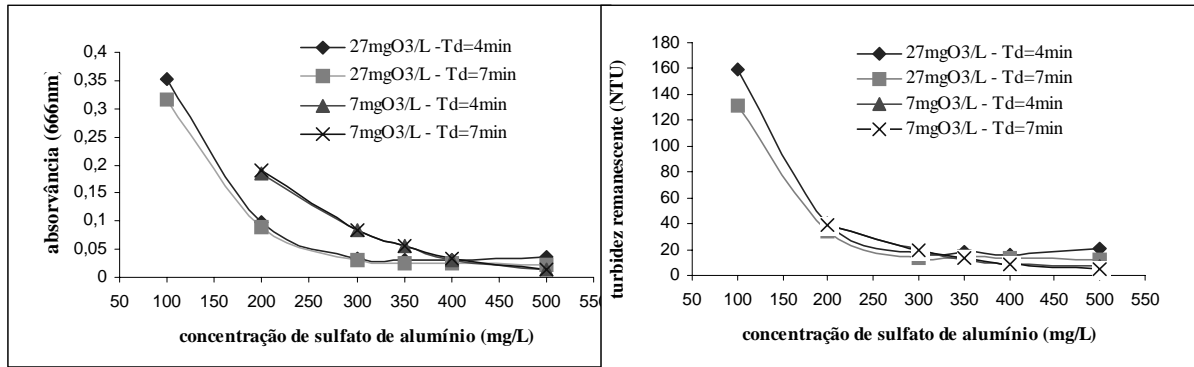


Figura 5 - Redução da absorvância (cor) e da turbidez em relação à concentração de ozônio e de sulfato de alumínio, sem polímero

mico pois a dosagem de ozônio é bastante alta, aumentando muito o custo do tratamento.

O ensaio com 7 mg O<sub>3</sub>/L (com polímero) não aparece nos resultados em razão de problemas ocorridos durante a sua realização, e por isso foi eliminado.

A eficiência de remoção ozonizando a 7 mg O<sub>3</sub>/L ou a 27 mg O<sub>3</sub>/L, é praticamente a mesma, evidenciando que com uma pequena dose de ozônio seguida de coagulação-floculação, pode-se ter uma boa remoção de cor e turbidez. Uma pequena dose de ozônio não causa uma oxidação completa, mas uma oxidação parcial, podendo facilitar o tratamento posterior (químico ou biológico).

### Ozonização do efluente após a coagulação-floculação

Nestes ensaios o efluente bruto foi submetido a ensaios de Jar Test, com os parâmetros otimizados. Após 7 minutos

de decantação, o efluente foi recolhido e submetido à ozonização com diferentes concentrações.

A Figura 5 mostra a redução da cor e turbidez do efluente decantado (7min), em relação à concentração de ozônio, com e sem polímero.

Estes resultados mostram que a remoção de cor e turbidez para o efluente decantado e ozonizado com 7 mg O<sub>3</sub>/L ou 27 mg O<sub>3</sub>/L é praticamente a mesma, usando ou não o polímero. Porém, o melhor resultado foi para o ensaio com polímero, no qual a eficiência de remoção de cor e turbidez foi praticamente a mesma (em torno de 98%), mostrando assim que não há necessidade de dosagens maiores de ozônio para obter uma boa remoção desses parâmetros.

### CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o estudo de uma alternativa de tratamento para efluentes têxteis, através de processos físico-químicos de floculação e oxidação com

ozônio. Os experimentos foram realizados em descontínuo, observando-se a eficiência do tratamento quanto à remoção de cor e turbidez. De acordo com o trabalho realizado, concluiu-se que:

- Os ensaios de coagulação-floculação do despejo industrial determinaram uma dosagem bastante alta de coagulante (500 mg/L de sulfato de alumínio) e que o mesmo requer também uma grande quantidade de álcali (600 mg/L de cal) para manter a alcalinidade necessária para o bom desempenho da floculação, porém esta dosagem de coagulante é bem menor que a aplicada na própria indústria (800 mg/L).

- A utilização do polímero (não iônico, PRAESTOL 2500), como auxiliar de coagulação, fez com que a dosagem de cal caísse pela metade. A concentração ótima de sulfato de alumínio ficou em 500 mg/L e a de cal em 300 mg/L, para os ensaios com o polímero. A utilização desse polímero não promoveu aumentos significativos na eficiência de re-

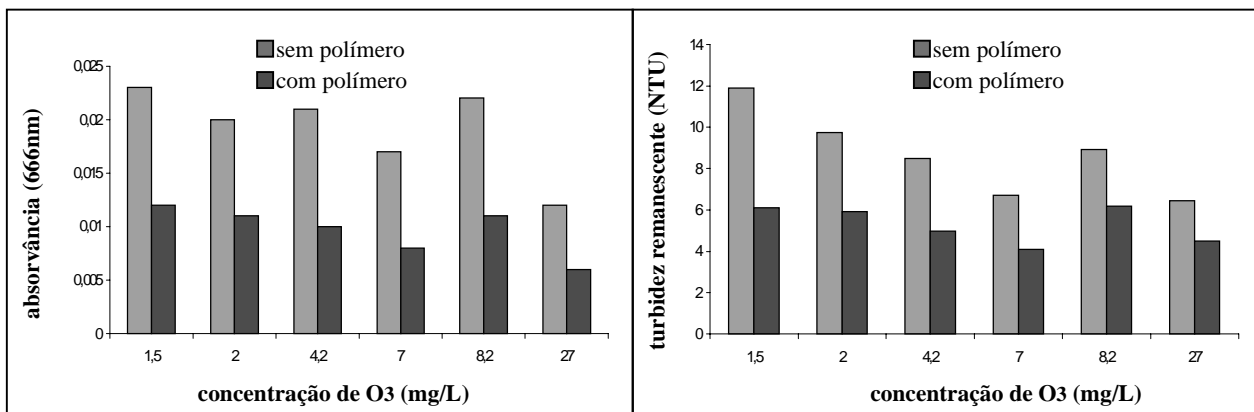


Figura 5 – Redução da cor (absorvância) e da turbidez para o efluente decantado (7min), em relação à concentração de ozônio

moção dos parâmetros analisados.

· Os ensaios de ozonização demonstraram que o ozônio reage rapidamente com os corantes presentes no efluente têxtil, permitindo uma descoloração eficaz.

· Para esse efluente especificamente, no que se refere a remoção de cor e turbidez, o melhor tratamento foi a coagulação-floculação, sem a utilização do polímero e sem a pré-ozonização, com uma eficiência de 98% e 97% respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 18 ed. American Public Health Association, Washington, D.C., 1992.

BERGNA, G., BIANCHI, R. e MALPEI, F. GAC Adsorption of Ozonated Secondary Textile Effluents for Industrial Water Reuse. *Water Science and Technology*. v.40, n.4-5, p.435-442, 1999.

CAMEL, V. e BERMOND, A. The Use of Ozone and Associated Oxidation Process in Drinking Water Treatment. *Water Research*. v.32, n.11, p.3208-3222, 1998.

DI BERNARDO, L., DE PÁDUA, V. L. e LIBÂNIO, M. *Otimizacion de Gradientes de Velocidad en la Floculacion*. Seminário sobre Optimizacion de Plantas de Potabilizacion. XXVI Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental. Lima - Peru, 1999.

HASSEMER, M. E. N., DALSSASSO, R. L. e SENS, M. L. Processo Físico-Químico para Indústria Têxtil. *Revista Saneamento Ambiental* n.81, p.28-34, 2001.

KAWAMURA, S. Optimisation of Basic Water - Treatment Process - Design and Operation: Coagulation and Flocculation. *Aqua*. v.45, n.1, p.35-47, Fev, 1997.

LIAKOU, S., PAVLOU, S. e LYBERATOS, G. Ozonation of Azo Dyes. *Water Science and Technology*. v.35, n.4, p.279-286, 1997.

LIN, S. H. e LIN, C. M. Treatment of Textile Waste Effluents by Ozonation and Chemical Coagulation. *Water Research*. v.27, n.12, p.1743-1748, 1993.

LIN, S. H. e LIU, W. Y. Treatment of Textile Wastewater by Ozonation in a Packed-Bed Reactor. *Environmental Technology*. v.15, p.299-311, 1994.

MELO FILHO, L. C. *Efeito da Pré-Ozonização na Geração de Lodo em Processos de Coagulação-Floculação no Tratamento de Efluentes Têxteis*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 1997.

NAYME, C. *Étude de la Dégradation par Ozonation de Deux Colorants Utilisés en Teinture. Recherche de Sous-Produits, Études Cinétiques et Influence sur les Applications Industrielles*. Rennes, 1997. Tese de Doutorado n.1673, Université Rennes I, France.

SANIN, L. B. B. A Indústria Têxtil e o Meio Ambiente. *Tecnologia e Meio Ambiente*. Trabalho apresentado no XIV Congresso da FLAQT - Caracas, p.13-34, 1997.

SARASA, J., ROCHE, M. P., ORMAD, M. P., GIMENO, E., PUIG, A. e OVELLEIRO, J. L. Treatment of a Wastewater Resulting from Dyes Manufacturing with Ozone and Chemical Coagulation. *Water Research*. v.32, n.9, p.2721-2727, 1998.

SIDDIQUI, M. S., AMY, G. L. e MURPHY B. D. Ozone Enhanced Removal of Natural Organic Matter from Drinking Water Sources. *Water Research*. v.31, n.12, p.3098-3106, 1997.

TAN, B. H., TENG, T. T. e OMAR, A. K. M. Removal of Dyes and Industrial Dye Wastes by Magnesium Chloride. *Water Research*. v.34, n.2, p.597-601, 2000.

### Endereço para correspondência:

*Maria Eliza Nagel Hassemer*

**Centro Tecnológico-Universidade  
Federal de Santa Catarina  
CEP: 88010-970  
Florianópolis, SC**

**Telefax: (048) 331-9029**

**maiza@ens.ufsc.br**