

APLICAÇÃO DE PROCESSO ELETROLÍTICO NA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E DE CORANTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Ana Cristina Lourenço da Silva¹, Isabela Bellot de Souza Will², Olavo Barbosa Filho³

¹Doutoranda do Departamento de Ciências dos Materiais e Metalurgia – DCMM/PUC-Rio, Rua Marquês de São Vicente, 225, sala 501-L, Gávea, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22453-900, Tel: (21)594-9512 / FAX: (21)511-2196 - e-mail: aclsilva@dcmm.puc-rio.br

²Doutoranda do Departamento de Engenharia Química/USP, Av. Luciano Gualberto, 380, Trv. 3, São Paulo, SP, Cep: 05508-900, Tel: (11)3818 -2237 / FAX: (11)3813-2380 e-mail: isabelawill@zipmail.com.br

³Professor Assistente Doutor do DCMM/PUC-Rio, Rua Marquês de São Vicente, 225, sala 501-L, Gávea, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22453-900, Tel: (21)594-9512 / FAX: (21)511-2196 - e-mail : obarbosa@dcmm.puc-rio.br

RESUMO

O processo eletrolítico pode se constituir numa alternativa tecnicamente viável para tratamento de efluentes industriais, mesmo em alguns casos nos quais os tratamentos convencionais não são eficientes, como, por exemplo, efluentes com presença de compostos recalcitrantes ou de substâncias tóxicas e/ou inibidoras dos processos biológicos. Ademais, a grande flexibilidade do tratamento eletrolítico permite a sua aplicação em situações em que ocorrem grandes flutuações de vazões e/ou de carga orgânica.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade técnica da aplicação do tratamento eletrolítico na remoção de matéria orgânica e de corantes de efluentes industriais. Em ambos os casos estudados, o procedimento experimental consistiu de ensaios de tratamento eletrolítico, realizados em reatores em batelada utilizando eletrodos reativos de aço carbono (ABNT 1020) ou de alumínio. Os efeitos dos seguintes parâmetros foram avaliados: tipo de material do eletrodo, distância entre as placas, condutividade específica da solução, pH e variação do potencial aplicado.

Para a avaliação do processo eletrolítico, na remoção de matéria orgânica, utilizou-se um efluente de uma indústria de laticínios. No caso da avaliação do processo eletrolítico na remoção de corantes, utilizaram-se soluções sintéticas de corantes sulfurosos.

Os resultados obtidos indicam que o processo eletrolítico, nas condições operacionais estudadas, é uma alternativa tecnicamente viável para a remoção de matéria orgânica do efluente estudado e de corantes sulfurosos. A remoção de matéria orgânica obtida variou entre 60% e 80%, em termos de DQO, para os dois tipos de material de

eletrodo. A remoção de corantes ficou acima de 96%, utilizando os dois tipos de material de eletrodo.

INTRODUÇÃO

O processo eletrolítico pode se constituir numa alternativa tecnicamente viável para tratamento de efluentes industriais, mesmo em alguns casos nos quais os tratamentos convencionais não são eficientes, como, por exemplo, efluentes com presença de compostos recalcitrantes ou de substâncias tóxicas e/ou inibidoras dos processos biológicos. Ademais, a grande flexibilidade do tratamento eletrolítico permite a sua aplicação em situações em que ocorrem grandes flutuações de vazões e/ou de carga orgânica (WIENDL, 1998).

Em casos como os enumerados, o processo eletrolítico pode se mostrar uma alternativa tecnicamente viável, além de não depender dos parâmetros operacionais relacionados com o metabolismo bacteriano (BECK *et al.*, 1974; CENKIN e BELEVTSSEV, 1985; DO e CHEN, 1994; FURR, 1992; LIN e PENG, 1994, SIFUENTES, 1992; UHRICH e DEMMIN, 1988).

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade técnica da aplicação do processo eletrolítico na remoção de DQO e de cor a partir de um efluente de uma indústria de laticínios e de soluções sintéticas de corantes têxteis sulfurosos, respectivamente.

A indústria de laticínios corresponde a uma parcela importante da indústria de alimentos. A produção de leite e seus derivados gera efluentes que são grandes fontes de poluição devido ao seu alto teor de carga orgânica (ROSTON, 1985). No caso da indústria têxtil, a elevada coloração devido à presença de corantes é um dos principais

problemas associados aos efluentes gerados (COOPER, 1985).

MATERIAIS E MÉTODOS

Em ambos os casos estudados, o procedimento experimental consistiu de ensaios do processo eletrolítico, realizados em reatores de batelada utilizando eletrodos reativos de aço carbono (ABNT 1020) ou de alumínio. Os efeitos dos seguintes parâmetros foram avaliados: tipo de material do eletrodo, distância entre as placas, condutividade específica da solução, pH e variação do potencial aplicado.

No estudo de remoção de carga orgânica, o efluente utilizado foi fornecido pela Indústria de Laticínios Cooperativa Central dos Produtores de Leite Ltda. - C.C.P.L., Fábrica Eduardo Duvivier, localizada no município de São Gonçalo, RJ. A avaliação da eficiência do processo eletrolítico no tratamento deste efluente baseou-se no parâmetro DQO - Demanda Química de Oxigênio. A DQO é uma medida do oxigênio equivalente da quantidade de matéria orgânica de uma amostra, que é susceptível à oxidação por um forte agente oxidante, tendo sido analisada de acordo com o procedimento descrito na seção 5220D, do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", que consiste num método colorimétrico, em refluxo fechado (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1975).

No estudo de remoção de cor, foram utilizadas soluções sintéticas dos corantes sulfurosos Azul Sodyesul 2GBB ECO líquido e Castanho Sodyesul 7RB ECO líquido, produzidos pela CLARIANT S.A. e gentilmente cedidos pelo Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil - CETIQT/SENAI. As soluções foram preparadas com 500 mg/L de corante, 500 mg/L de Antioxidante E (CLARIANT S.A.) e 100 mg/L de NaOH. A avaliação da eficiência de remoção de cor foi feita através de medição de absorvância das soluções. A absorvância foi determinada por um espectrofotômetro PERKIN ELMER, modelo Lambda 12, utilizando cubetas de vidro ótico especial HELIMA Tipo 100-OS.

Os equipamentos utilizados nos ensaios de tratamento eletrolítico estão esquematicamente apresentados na **Figura 1** e consistem de: uma célula eletrolítica, uma fonte de corrente contínua marca TECTROL modelo TCA 15-30 BR 1A, uma placa agitadora marca CORNING e um medidor de pH marca MICRONAL modelo B371.

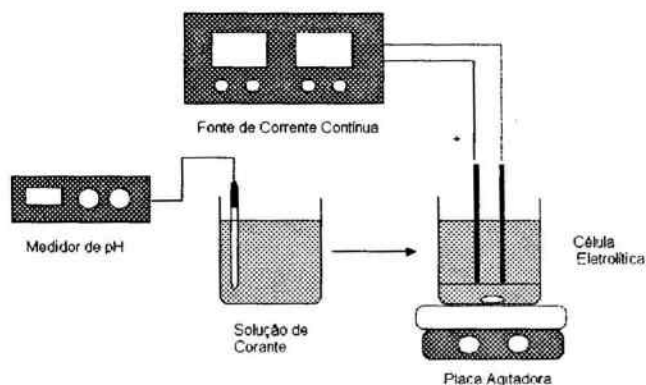


Figura 1 - Esquema do processo eletrolítico.

A célula eletrolítica consiste de um recipiente de acrílico com capacidade de 2,0 litros, no qual são inseridos verticalmente dois eletrodos (catodo e anodo). Estes eletrodos são placas de aço carbono (ABNT 1020), com dimensões de 13,4 cm de altura e 14,5 cm de largura (com espessura de 0,5 mm), ou placas de alumínio, com dimensões de 16,1 cm de altura e 14,5 cm de largura (com 1 mm de espessura). As placas foram separadas por espaçadores (com 0,5 cm de comprimento cada), que permitiam a variação da distância entre elas.

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE TRATAMENTO ELETROLÍTICO

As observações experimentais dos efeitos dos parâmetros estudados são apresentadas a seguir:

Efeito do tipo de material dos eletrodos (alumínio e aço carbono) na eficiência do processo eletrolítico

As remoções de carga orgânica, no efluente de laticínios, foram semelhantes para os dois tipos de eletrodos, ou seja, de alumínio ou de aço carbono (**Figura 2**).

Para a solução de corante castanho, resultados de eficiência de remoção de cor semelhantes foram observados com eletrodos de alumínio e aço carbono (**Figura 3**). Para a solução de corante azul, observou-se maior eficiência com eletrodos de aço carbono em pH 7,0 e com eletrodos de alumínio em pH 5,0 (**Figura 4**).

Efeito da distância entre placas (eletrodos) na eficiência do processo eletrolítico

A distância entre placas que possibilitou melhor remoção de carga orgânica foi de 1,0 cm (Figura 5) para os dois materiais de eletrodos (alumínio e aço carbono).

A distância entre placas que possibilitou melhor remoção de corantes (castanho e azul) foi de 1,5 cm (Figura 6), utilizando eletrodos de aço carbono somente.

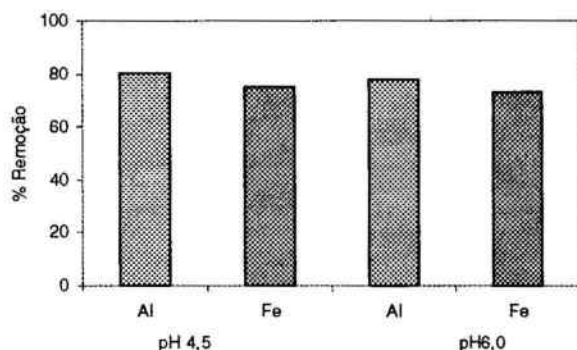


Figura 2 - Comparação entre eletrodos de alumínio e aço carbono quanto à eficiência de remoção de carga orgânica (efluente de laticínios). Condições experimentais: ddp = 5,0 V, distância entre eletrodos = 1,0 cm, tempo de eletrólise = 15 min.

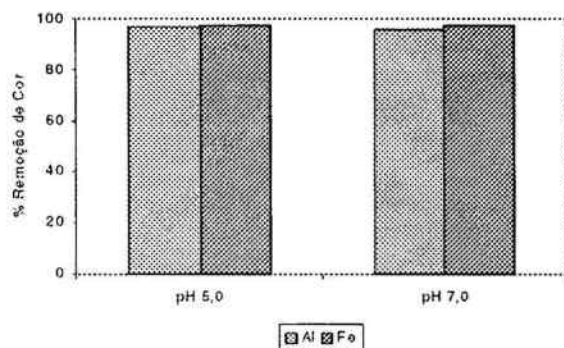
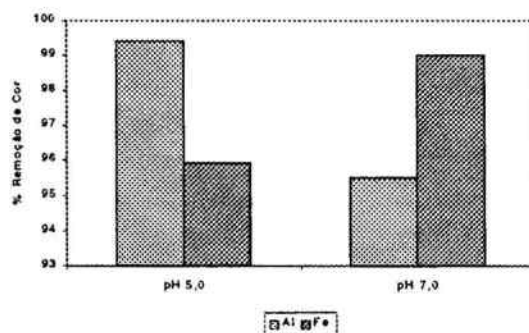


Figura 3 - Comparação entre eletrodos de alumínio e aço carbono quanto à eficiência de remoção de corante castanho. Condições experimentais: ddp = 5,0 V, distância entre eletrodos = 1,5 cm, tempo de eletrólise = 20 min.



(a)

Figura 4 - Comparação entre eletrodos de alumínio e aço carbono quanto à eficiência de remoção de corante azul. Condições experimentais: ddp = 5,0 V, distância entre eletrodos = 1,5 cm, tempo de eletrólise = 20 min.

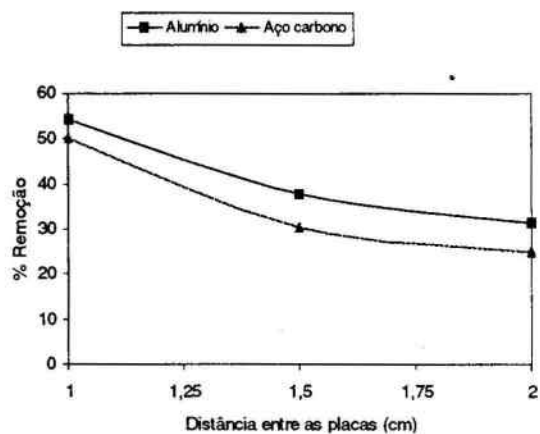


Figura 5 - Efeito da distância entre placas na remoção de carga orgânica (efluente de laticínios). Condições experimentais: ddp = 4,0 V, pH = 6,0, tempo de eletrólise = 15 min.

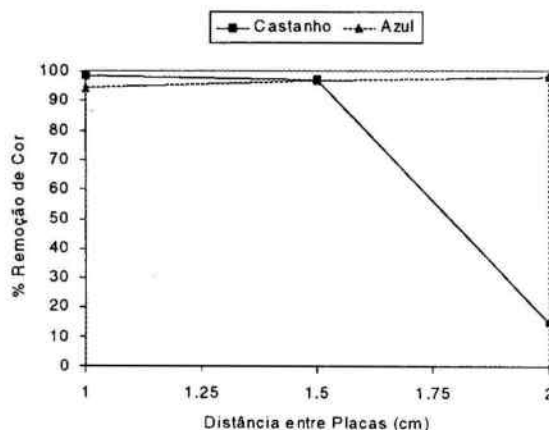


Figura 6 - Efeito da distância entre placas na remoção de corantes sulfurosos (castanho e azul) com eletrodos de aço

carbono. Condições experimentais: ddp = 5,0 V, pH inicial = 7,0, tempo de eletrólise = 10 min.

Efeito da condutividade específica na eficiência do processo eletrolítico

As condutividades específicas das amostras de efluente de laticínios foram inicialmente ajustadas com Na_2SO_4 para os seguintes valores: 2,2; 4,15; 6,42 e 10,37 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Para os dois tipos de material de eletrodo, o aumento da remoção de carga orgânica, devido ao aumento da condutividade específica, ocorreu até certo ponto, formando um patamar de remoção, o qual provavelmente corresponde a DQO dissolvida (Figura 7).

No estudo do efeito da condutividade das soluções sintéticas de corantes castanho e azul, verificou-se que o aumento da condutividade (com a adição de cloreto de sódio) produziu um aumento da eficiência de remoção de corante, com eletrodos de alumínio e aço carbono (Figuras 8 e 9). Este fato favorece o tratamento de efluentes têxteis pelo processo eletrolítico, visto que estes efluentes normalmente apresentam altas condutividades.

Efeito do pH inicial na eficiência do processo eletrolítico

Com o eletrodo de alumínio, verificou-se que o aumento de pH do efluente de laticínios, na faixa estudada (entre 4,5 e 7,0), causou uma diminuição na remoção de carga orgânica. No caso dos eletrodos de aço carbono, o aumento de pH, na mesma faixa mencionada, causou um aumento na remoção de carga orgânica (Figura 10).

Observou-se uma faixa de pH ótima entre 5,0 e 6,0 para remoção de corante castanho, enquanto que para a solução de corante azul, obteve-se uma remoção de aproximadamente 99% na faixa de pH de 5,0 a 9,0 (Figura 11).

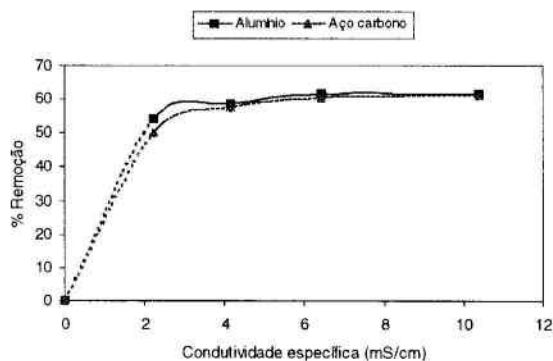


Figura 7 - Efeito da condutividade específica da solução na remoção de carga orgânica (efluente de laticínios). Condições experimentais: ddp = 4,0 V, pH = 6,0, tempo de eletrólise = 15 min.

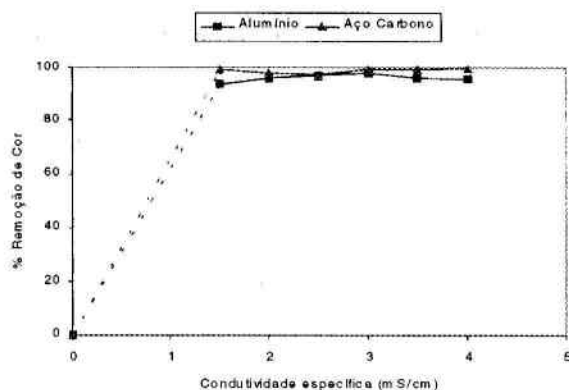


Figura 8 - Efeito da condutividade específica na remoção de corante sulfuroso castanho. Condições experimentais: ddp = 5,0 V, pH inicial = 5,0, tempo de eletrólise = 20 min.

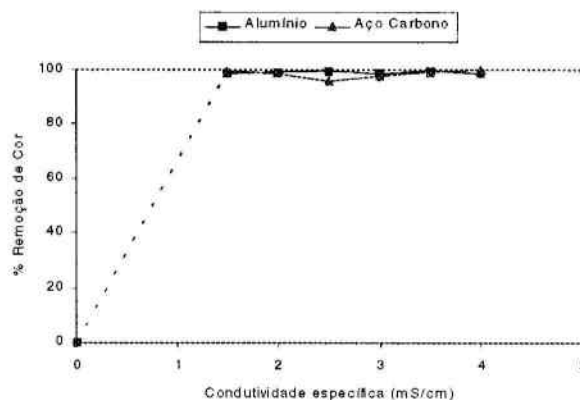


Figura 9 - Efeito da condutividade específica na remoção de corante sulfuroso azul. Condições experimentais: ddp = 5,0 V, pH inicial = 5,0, tempo de eletrólise = 20 min.

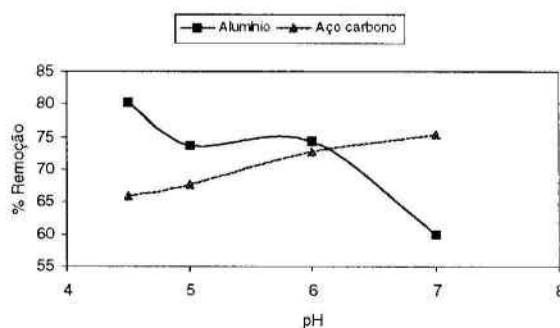


Figura 10 - Efeito da variação de pH na remoção de carga orgânica (efluente de laticínios). Condições experimentais: ddp = 5,0 V, tempo de eletrólise = 15 min.

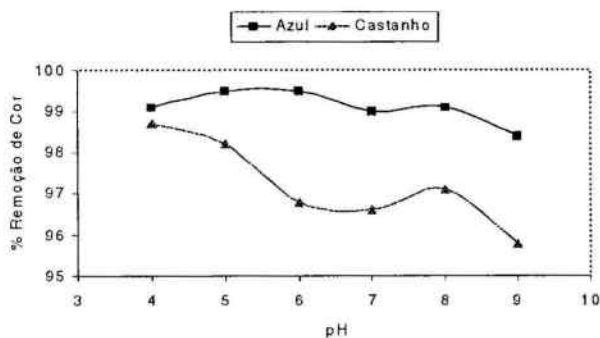


Figura 11 - Efeito da variação de pH na remoção de corantes (com eletrodos de aço somente). Condições experimentais: ddp = 5,0 V, tempo de eletrólise = 10 min.

Efeito da diferença de potencial aplicada (ddp) na eficiência do processo eletrolítico

Com o efluente de laticínios, para os dois materiais de eletrodos, verificou-se a tendência à formação de um patamar com o aumento da ddp, representando a carga orgânica residual, constituída basicamente de compostos orgânicos dissolvidos (**Figura 12**). A presença deste patamar de DQO residual indicou que somente o material orgânico em suspensão foi efetivamente removido.

Com as soluções de corantes, os resultados indicaram que a ddp ótima para operação do reator eletrolítico foi de 5,0 V, na qual se observou uma remoção de cor de aproximadamente 97% para a solução de corante castanho e acima de 98% para a solução de corante azul (**Figura 13**).

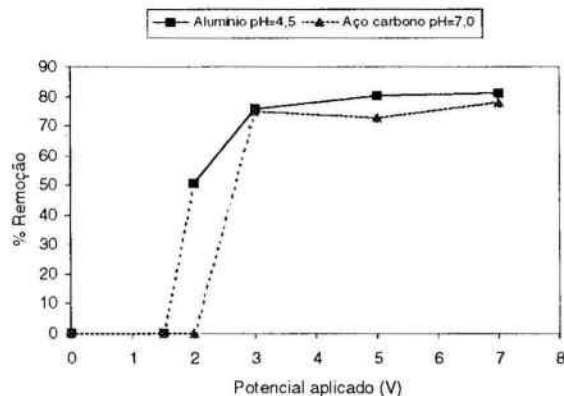


Figura 12 - Efeito da variação da diferença de potencial aplicada na remoção de carga orgânica, para os eletrodos de alumínio e aço carbono. Condições experimentais: pH = 4,5 (eletrodos de alumínio), pH = 7,0 (eletrodos de aço carbono), tempo de eletrólise = 15 min.

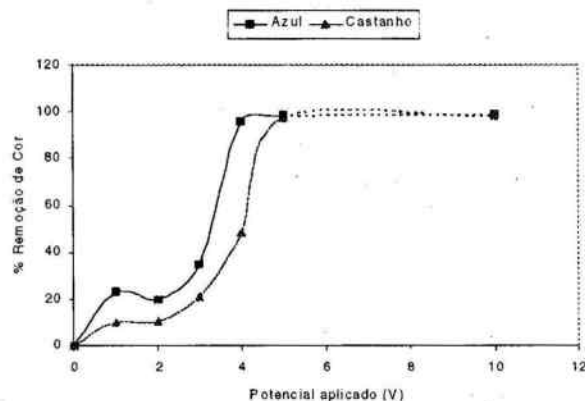


Figura 13 - Efeito da variação da diferença de potencial aplicada na remoção de corantes sulfurosos (castanho e azul), com eletrodos de aço carbono. Condições experimentais: pH inicial = 8,0, tempo de eletrólise = 10 min.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que o processo eletrolítico, nas condições operacionais estudadas, é uma alternativa tecnicamente viável para a remoção de DQO em suspensão e de cor relacionada com os corantes sulfurosos.

O percentual de remoção de carga orgânica do efluente da indústria de laticínios variou de acordo com a DQO inicial das amostras coletadas. As características dos efluentes da indústria de laticínios variaram de acordo com os períodos de amostragem, variações essas muito comuns neste tipo de indústria. O percentual de remoção foi de 60 a 80 %, em termos de DQO. Os dois tipos de material de eletrodo (alumínio e aço carbono) foram igualmente eficientes na remoção da carga orgânica em suspensão.

Os resultados de remoção de cor, com um tempo máximo de eletrólise de 20 minutos e uma diferença de potencial aplicada de 5,0 V, foram de aproximadamente 97% para a solução de corante castanho e de 99% para a solução de corante azul com eletrodos de aço, enquanto que com eletrodos de alumínio, a remoção de cor foi de aproximadamente 96% para as soluções dos dois corantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, APHA-WPCF, 14 ed., 1975.

- BECK, E.C., GIANNINI, A.P., RAMIREZ, E.R. "Electrocoagulation Clarifies Food Wastewater", **Food Technology**, pp. 18-22, Feb. 1974.
- CENKIN, V.E., BELEVTSSEV, A.N. "Electrochemical Treatment of Industrial Wastewater", **Effluent and Water Treatment Journal**, v. 25, pp. 243-247, Jul. 1985.
- COOPER, P., *Colour in Dyehouse Effluent*, England, Society of Dyers and Colourists, 1995.
- DO, J.S., CHEN, M.L. "Decolourization of Dye-Containing Solutions by Electrocoagulation", **Journal of Applied Electrochemistry**, v. 24, n. 8, pp. 785-790, 1994.
- FURR, B.W. "The Use of an Electrochemical Cell to Decolorize Dye Wastewater". In: **International Conference & Exhibition**, Book of Papers, AATCC, pp. 38-41, 1992.
- LIN, S.H., PENG, C.F. "Treatment of Textile Wastewater by Electrochemical Method", **Water Research**, v. 28, n. 2, pp. 277-282, 1994.
- ROSTON, D.M. **Estudo sobre Tratamento de Águas Residuárias de Laticínios**, Tese de MSc, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 1985.
- SIFUENTES, E.L.S.E. **Estudo do Tratamento Eletrolítico das Águas Residuárias de uma indústria de Petróleo**. Tese de D.Sc., UNICAMP, Campinas, SP, 1992.
- UHRICH, K.D., DEMMIN, T.R. "Electrochemical Treatment of Textile Wastewater". In: **Intern. Conf. & Exhibition**, Book of Papers, AATCC, p. 97-99, 1988.
- WIENDL, W.G. **Processos Eletrolíticos no Tratamento de Esgotos Sanitários**, ABES, RJ, 1998.