



II-136 – OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS DE UM REATOR ELETROQUÍMICO APLICADO AO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS: TEMPO DE TRATAMENTO, CONSUMO DE ENERGIA E DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

Antônio Idivan Vieira Nunes⁽¹⁾

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará

Germana de Paiva Pessoa⁽¹⁾

Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutoranda em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental pela UFC.

Endereço⁽¹⁾: Campus do Pici – Bloco: 713 - Fortaleza – CE – Brasil – Tel.: +55 (85) 33669623 - Fax: +55 (85) 33669627 - e-mail: vieiranunes@yahoo.com.br

RESUMO

A eletrocoagulação (EC) é uma das técnicas mais eficazes para remoção de cor e poluentes orgânicos provenientes de águas residuárias, reduzindo também a quantidade de lodo formado. Neste trabalho, estudou-se utilização da eletrocoagulação como técnica de tratamento de efluente têxtil com o objetivo de remover a cor visando reutilizar a água tratada. O método utilizado nesse experimento foi o de batelada utilizando o alumínio como material dos eletrodos. O corante utilizado nesse experimento foi o Remazol Blue RR, pertencente à da classe dos reativos, utilizado para tingir algodão e outras fibras celulósicas. O efeito dos parâmetros operacionais, tais como: a densidade de corrente, o pH inicial da solução, o tempo de eletrólise, a concentração inicial do corante e a condutividade da solução foram estudados com o objetivo de se alcançar o máximo de remoção de cor do efluente. Além dos parâmetros citados, avaliou-se também a demanda química de oxigênio (DQO), o consumo de energia e o consumo dos eletrodos.

PALAVRAS-CHAVE: eletrocoagulação, efluente têxtil, reúso de água, remoção de cor.

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil consome uma quantidade considerável de água durante os processos de fabricação e beneficiamento de tecidos. Durante os processos usuais de tingimento e acabamento são utilizados aproximadamente 100 litros de água por tonelada de tecido. A água utilizada nos processos realizados por este tipo de indústria necessita de um pré-tratamento para poder ser descartada ou reaproveitada devido às características do efluente gerado, como a forte cor e alta turbidez.

A eletrocoagulação (EC) é uma das técnicas mais eficazes para remoção de cor e poluentes orgânicos provenientes de águas residuárias, reduzindo também a quantidade de lodo formado. Neste trabalho, estudou-se a utilização da EC como técnica de tratamento de efluente têxtil com o objetivo de remover a cor visando reúso.

Portanto, este trabalho tem como objetivo principal otimizar os parâmetros operacionais (tempo de tratamento, consumo de energia e a demanda química de oxigênio) de um sistema de tratamento de efluentes têxteis, envolvendo processos eletroquímicos, como a eletrocoagulação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O corante utilizado nesta pesquisa foi o reativo Remazol Blue RR do fabricante DyStar, utilizado em tingimento de fibras de algodão e celulósicas. As soluções foram preparadas dissolvendo-se os corantes em água deionizada e ajustando-se o pH com H_2SO_4 0,1N e NaOH 0,1N e a condutividade com NaCl.

O aparato experimental foi montado de acordo como ilustrado na Figura 1.

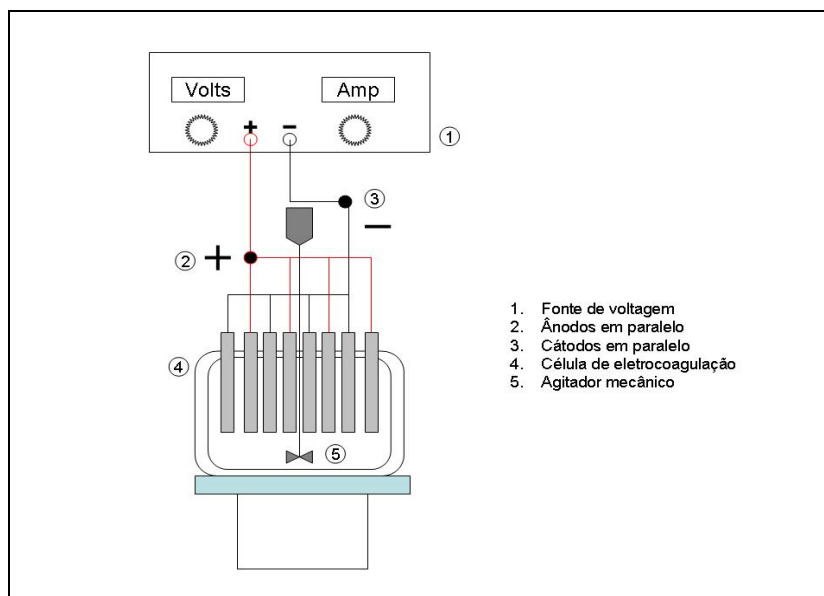


Figura 1 – Célula Eletroquímica

A célula foi construída com material acrílico e com dimensões 100 x 150 x 180 mm, sendo o volume útil de 1500 cm³. Foram utilizados oito eletrodos, sendo quatro cátodos e quatro ânodos, em forma de placas de alumínio apresentando as dimensões iguais de 50 x 110 x 3 mm, com área de superfície total de 0,04784 m² e a distância entre os eletrodos na célula de EC é de 11 mm.

Os eletrodos foram conectados de forma monopolar a uma fonte de tensão (DAWER FCC-3020 D 30 V e 20 A). A agitação foi controlada por um agitador mecânico a uma velocidade de 350 rpm.

Inicialmente os experimentos foram realizados observando-se o comportamento de uma variável e mantendo-se constante as demais, até que todas estejam otimizadas no que diz respeito ao máximo de remoção de cor para cada variável estudada.

Ao final do tempo estabelecido para o tratamento, foi coletada uma amostra da solução para análises de cor e DQO. Antes da realização das análises a amostra foi centrifugada e filtrada para que não houvesse interferências por parte dos flocos formados.

Após cada ensaio os eletrodos eram lavados com uma solução 2:1 de hexametilenotetramina C₆H₁₂N₄ (2,80%) e HCl (35%) para remoção de qualquer resíduo sólido na superfície dos mesmos, e em seguida lavados com água deionizada e então secos e pesados (DO e CHEN, 1994).

As concentrações do corante foram determinadas a partir de suas características de absorbância na escala do UV/Visível ($\lambda = 600\text{nm}$) pelo método da curva de calibração utilizando um Espectrofotômetro UV/Vis.

O cálculo da eficiência de remoção da cor (ER), após o tratamento por EC, foi realizado utilizando a Equação (1):

$$\text{Eficiência de Remoção (\%)} = \frac{C_0 - C}{C} \times 100 \quad \text{Equação(1)}$$

onde C_0 e C são respectivamente as concentrações inicial e final da eletrocoagulação do corante em mg L⁻¹.

A determinação da demanda química de oxigênio (DQO) foi realizada de acordo com o método titulométrico (5220 C) do Standard Methods for Water and Wastewater. O método titulométrico foi escolhido devido à restrição ao método colorimétrico, pois amostras que contenham turbidez ou cor com absorção máxima próximo de $\lambda = 600\text{nm}$ são persistentes após a digestão da amostra (AQUINO *et al.*, 2006).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a otimização dos parâmetros aqui estudados, como: tempo de tratamento, consumo de energia e a Demanda Química de Oxigênio, tomamos como base os demais outros parâmetros já otimizados, (PESSOA, 2008)

- pH inicial: 4;
- Condutividade: 1 mS cm^{-1} ;
- Densidade de corrente: 63 A m^{-2} ;
- Concentração inicial do corante: 50 mg L^{-1} .

EFEITO DO TEMPO DE TRATAMENTO

A análise do tempo de tratamento foi realizada entre 5 e 40 minutos, pode-se observar na Figura 2 que no tempo de 40 minutos ocorre uma melhor remoção da cor, no entanto o custo operacional seria excessivo, podendo manter o tratamento em 30 minutos, uma vez que já se obtêm uma remoção eficiente, chegando a um valor acima de 98%.

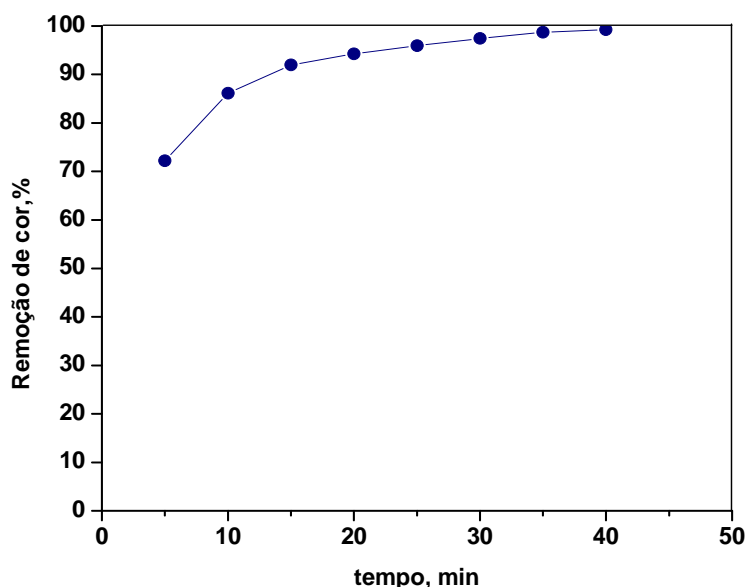


Figura 2 - Efeito do tempo de eletrocoagulação.
($C_0=50 \text{ mgL}^{-1}$; $\kappa=1 \text{ mScm}^{-1}$; $\text{pH}_{\text{inicial}} = 4$; $d.c.= 63 \text{ A m}^{-2}$)

ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA

O consumo de energia elétrica é um parâmetro que tem um significado econômico importante no que diz respeito aos processos eletrolíticos. O consumo de energia elétrica pode ser calculado pela Equação (2):

$$E = \frac{(U \times I \times t)}{1000} \quad \text{Equação (2)}$$

onde E é a energia elétrica em kWh, U é voltagem na célula em volts (V), I é a corrente em amperes (A) e t é o tempo em horas decorrido no processo de EC. (SALLES *et al.*, 2006) (HOLT, 2002).

O cálculo do custo energético será utilizando a Equação. (3):

$$C_{\text{energia}} = E \times R\$kWh \quad \text{Equação (3)}$$

onde E é a energia elétrica em kWh (Eq.4) e R\$ kWh o valor do kWh industrial médio na região Nordeste. Segundo dados da ANEEL a tarifa referente ao ano 2007 Setembro foi de $0,2291 \text{ R\$ kWh}^{-1}$.



Nas condições operacionais otimizadas com eletrodos de alumínio, o custo obtido foi de R\$ 2,62 por m³ de efluente tratado. As condições otimizadas foram: $C_0 = 50 \text{ mg L}^{-1}$; $\kappa = 1 \text{ mS cm}^{-1}$; $\text{pH}_{\text{inicial}} = 4$; $d.c. = 63 \text{ A m}^{-2}$; $t_{EC} = 30 \text{ min}$.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO – DQO

A Figura 3 apresenta resultados da remoção de DQO de acordo com o aumento da densidade de corrente. O maior valor encontrado chega a 97% de eficiência no valor de 63 A m^{-2} .

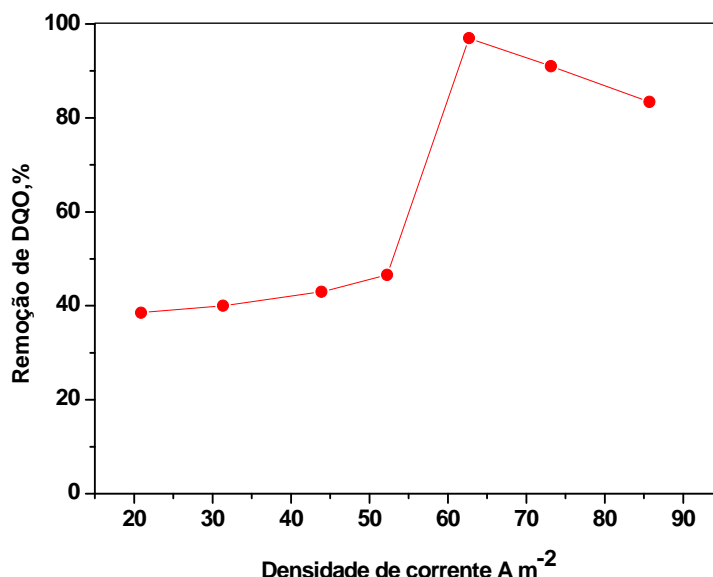


Figura 3 - Efeito da d.c. na remoção de DQO
($C_0 = 50 \text{ mg L}^{-1}$; $\kappa = 1 \text{ mS cm}^{-1}$; $\text{pH}_{\text{inicial}} = 4$)

Pode-se dizer que existe uma relação entre a remoção de cor e DQO, quanto maior for a remoção de cor maior será a eficiência de remoção de DQO, uma vez que o efluente estudado é composto apenas de corante e água deionizada, ou seja, o único responsável pela DQO é o corante.

CONCLUSÕES

A eletrocoagulação pode ser considerada um processo eficiente para remoção da cor de um efluente têxtil, uma vez que pôde-se obter um resultado de 98% em condições otimizadas, podendo chegar a uma taxa de remoção de cor 100% com um tempo de tratamento maior, aumentando de 20 para 40 minutos. Os parâmetros como pH inicial, condutividade e densidade de corrente são variáveis importantes que afetam diretamente a eficiência da remoção.

Na análise dos parâmetros operacionais para o corante específico Remazol Blue RR os valores ótimos encontrados foram:

- pH inicial: 4;
- Condutividade: 1 mS cm^{-1} ;
- Densidade de corrente: 63 A m^{-2} ;
- Tempo de tratamento: 30 minutos;
- Concentração inicial do corante: 50 mg L^{-1} .

Embora não tenham sido apresentados gráficos de remoção da DQO para todos os parâmetros analisados devido a flutuações nos valores provenientes de interferências do método utilizado, pôde-se concluir que a técnica utilizada é eficiente na remoção de DQO chegando a uma remoção de 97% nos valores ótimos já citados.



As condições operacionais do processo necessitam ainda de análises em relação à velocidade de agitação para obtenção de grandes quantidades de espécies poliméricas para que este processo possa ser utilizado em escala real, além da utilização do processo em fluxo contínuo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AQUINO, S.F.; SILVA, S.Q.; CHERNICHARO, C.A.L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbicos. *Eng. San. Amb.*, v. 11, nº04, p. 295-304, 2006.
2. CAN, O.T.; BAYRAMOGLU, M.; KOBAYASHI, M., Decolorization of Reactive Dyes Solutions by Electrocoagulations using Aluminum Electrodes. *Ind. Eng. Chem. Res.*, v.42, p.3391-3396, 2003
3. CRESPILO; REZENDE, F. N.; REZENDE, M.O., *Eletroflotação: Princípios e Aplicações*. São Carlos, Rima, 2004.
4. DO, J.S.; CHEN, M.L. Decolorization of dye-containing solutions by electrocoagulation. *J. Appl. Electrochem.*, v.24, p.785-790, 1994
5. HOLT, P. *Electrocoagulation: Unravelling and synthesising the mechanisms behind a water treatment process*. Sydney, 2002. 200p. Thesis.
6. PESSOA, G. P., *Estudo da remoção de cor de efluente têxtil por eletrocoagulação*. UFC, Fortaleza-CE, 2008, 69p, Dissertação de Mestrado.
7. SALLES, P.T.F.; PELEGRINI, N.N.B.; PELEGRINI, R.T. Tratamento Eletroquímico de Efluente Industrial Contendo Corantes Reativos. *Eng. Amb.*, v.3, nº2, p.025-040, 2006.