

## **ELETROOXIDAÇÃO DO CORANTE REMAZOL PRETO B PRESENTE EM EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL**

**Bruna Kattielly Costa Xavier<sup>1</sup>**

**Eudésio Oliveira Vilar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, Brasil, brunacosta93@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, Brasil, oliveiravilar@live.com

### **Introdução**

A contaminação por corantes de rios e lagos provocam sérios danos a fauna e a flora. A remoção da cor nos efluentes é um dos grandes problemas enfrentados pelo setor têxtil. A maioria dos corantes são resistentes à biodegradação, à fotodegradação e à ação de agentes oxidantes. Estes podem ser visíveis em alguns casos em concentrações tão baixas quanto 1,0 ppm e podem afetar a transparência da água e a solubilidade dos gases (GUARATINI & ZAZONI, 2000).

Neste trabalho foi avaliada a eficiência de oxidação direta (eletroquímica) e indireta (química) do corante Remazol Preto B, encontrado em indústrias têxteis, através de um reator eletroquímico de configuração perpendicular utilizando eletrodos tubulares - DSA® ( $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O_2$ ) como anodo e como catodo uma placa perfurada de aço 316. A influência do potencial de oxidação sobre a taxa de degradação do corante foi avaliada.

### **Material e Métodos**

A eletroxidação teve uma duração de 2 horas para cada potencial estudado: 2,0; 2,5 e 2,8 V. Estes valores foram escolhidos por oferecerem um potencial mínimo de geração de cloro. Para avaliarmos o decréscimo da concentração inicial do corante, foi retirado 11 alíquotas (10 mL) em intervalos regulares de tempo. As amostras foram analisadas utilizando-se um espectrofotômetro da HITACHI MODELO U-1800 UV-VIS.

Durante o estudo, para oxidação eletroquímica foram preparadas concentrações iniciais de 10 ppm do corante em eletrólito suporte de sulfato de sódio ( $Na_2SO_4$ ) a uma concentração de 0,5 mol/L. Para a oxidação química, uma solução de 1,2 g/L de NaCl foi adicionado à solução do corante.

As eletrólises foram realizadas em um reator eletroquímico de configuração transversal. A Figura 1 representa o sistema experimental bem como os equipamentos e acessórios: (1) o reator eletroquímico constituído por um tubo de acrílico com diâmetro interno de 10 cm e altura de 15 cm; (2) rotâmetro Fisher Mod. RA 530631 (vazão máxima de 3,4 L/min); (3) Bomba centrífuga SCHNEIDER Mod. MCI-EF ½ CV para recirculação da solução; (4) Fonte Estabilizada TECTROL modelo TCA 30-30XR1A; (5) Inversor de frequência que controla a rotação da bomba; (6) Tanque de alimentação de 10L.

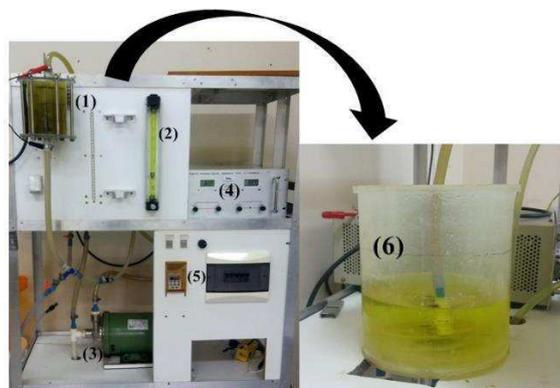


Figura 1. Sistema experimental do reator eletroquímico.

### Análise da degradação do corante

Para a determinação da concentração (ppm) do corante, foi primeiramente feito uma varredura no espectro visível 400nm-750nm e observou um comprimento de onda máximo " $\lambda = 601\text{nm}$ ", no qual o corante apresentava maior absorbância (Abs). Através da determinação do comprimento de onda de máxima absorbância foi levantada uma curva de calibração, resultando na Equação 1.

$$ppm = -3,1428 + 34,21 \cdot \text{Abs} \quad (1)$$

A remoção da cor foi analisada em um espectrofotômetro de modelo UV 1800 Hitachi 190. A taxa de degradação do corante foi calculada pela Equação 2.

$$X \text{ (Taxa de remoção) } \% = \left( \frac{C_{\text{corante}}(t=0) - C_{\text{corante}}(t)}{C_{\text{corante}}(t=0)} \right).$$

Onde,  $C_{\text{corante}}(t=0)$  e  $C_{\text{corante}}(t)$  são as concentrações médias antes da eletrolise e após a eletrólise no tempo  $t$ , respectivamente, no comprimento de onda visível máximo.

### Taxa teórica de degradação do corante

Supondo uma eletrooxidação obedecendo a uma cinética de primeira ordem, o coeficiente de transferência de massa foi determinado pela reação frequentemente utilizada da redução do íon ferricianeto ( $\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_3$ , 0,005 mol/L) em meio alcalino (NaOH; 0,5 mol/L). A intensidade da corrente limite ( $I_d^g$ ) pôde ser calculada pela Equação 3 através do valor da queda de concentração do íon ferricianeto obtida pela técnica da titulação amperométrica com cloreto de cobalto. Por fim o coeficiente  $K_d^g$  (m/s) foi calculado pela Equação 4 (COEURET, 1992; SALES, 2014; ELSNER, 1984).

$$I_d^g = \frac{n \cdot F \cdot \Delta C \cdot V_c}{t}$$

$$\bar{K}_d^g = \frac{I_d^g}{n \cdot F \cdot A \cdot \bar{C}}$$

Sendo  $n$  o número de elétrons envolvidos na reação,  $F$  a constante de Faraday (C/mol),  $\Delta C$  a variação de concentração do íon ferricianeto (mol/m<sup>3</sup>),  $V_c$ , o volume do compartimento catódico (m<sup>3</sup>) e  $t$ , o tempo de eletrólise (s).

E assim a taxa de remoção teórica sob regime de controle difusional deduzida de um balanço de massa para um reator de fluxo pistão (PFR) com recirculação contínua, foi calculada pela Equação 5 (WALSH, 1993).

$$X_A^{PFR} = 1 - \frac{C_t}{C_{t0}} = 1 - \exp \left\{ -\frac{t}{\tau_r} \left[ 1 - \exp \left( -\frac{\bar{K}_d^g \cdot A}{Q_V} \right) \right] \right\}$$

Considerando  $\tau_r$ , como o tempo de residência teórico (s),  $Q_V$  a vazão volumétrica de alimentação (m<sup>3</sup>/s) e  $A$  área transversal do reator (m<sup>2</sup>).

### Consumo de energia na degradação do corante

Um parâmetro essencial para avaliar a eficiência de um tratamento eletroquímico é através do consumo energético. A potência elétrica  $P$  da célula é proveniente da corrente e da tensão da célula:

$$P = I \cdot E_{\text{cell}}$$

Onde  $P$  é a potência (W),  $I$  a corrente (A) e  $E_{\text{cell}}$  a diferença de potencial (V). O consumo de energia elétrica depende da potência e do tempo para qual é utilizado (Equação 7).

$$W_{\text{cell}} = P \cdot t$$

Sendo  $W_{cell}$  a energia elétrica (em kWh),  $P$  é potência (em kW) e  $t$  o tempo de eletrólise (em horas). Divide-se este valor pelo volume de efluente utilizado na célula e tem-se o consumo em kWh/m<sup>3</sup> (JOVIC, 2013).

## Resultados e Discussão

A taxa experimental de degradação do corante foi calculada pela Equação 2. Com uma vazão fixa de 3,4 L/min, encontrou-se um coeficiente de transferência de massa combinado de 5,40962 a 10<sup>-5</sup> m/s. Desta forma, com o coeficiente conhecido, calculou-se a taxa de degradação teórica para um PFR, de acordo com a Equação 5. Plotou-se um gráfico com as demais taxas em diferentes potenciais e a teórica versus o tempo (Figura 2).

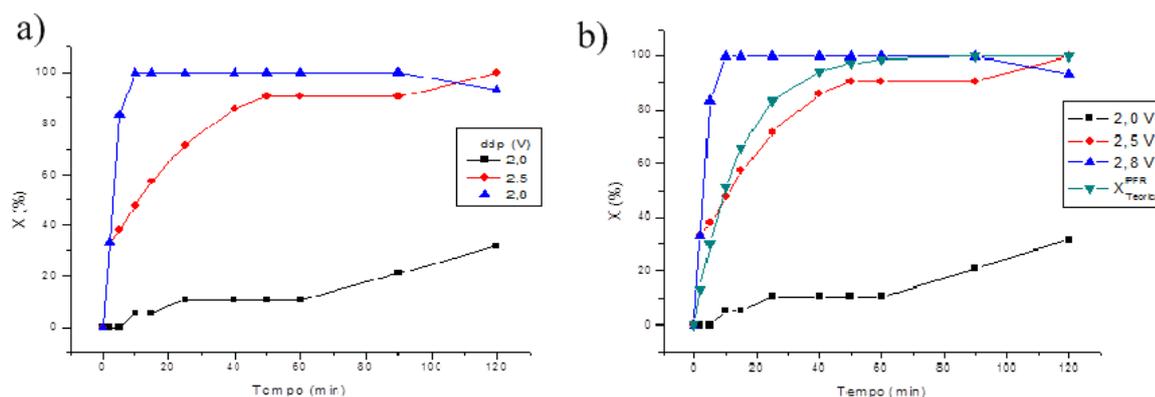


Figura 2. Taxa de redução do corante Remazol Preto B para diferentes potenciais, com 1,2 g/L de NaCl: a) Variação da taxa de degradação experimental; b) Variação da taxa de degradação experimental e teórica do PFR.

Verifica-se na Figura 2a, para uma concentração 1,2g/L de NaCl, e uma tensão de 2,0 V ocorreu uma remoção da cor de apenas 31,58%, em 120 minutos de eletrólise. Para 2,5 V a remoção foi de 100% no mesmo tempo. Para potenciais iguais ou acima de 2,8 V a remoção completa da cor ocorreu em 10 minutos de eletrólise, neste caso houve uma maior troca de cargas na interface do eletrodo aumentando a intensidade de corrente e alcançando mais rapidamente uma maior taxa de degradação. O aumento da cinética de oxidação direta provocada pela presença do NaCl, (com maior geração de gás cloro) também contribuiu para que a remoção do corante seja atingida.

Observa-se na Figura 2b que o modelo da taxa de degradação do corante remazol preto B segue o modelo teórico de conversão estabelecido para um PFR, conseqüentemente a eletrooxidação do corante é controlada sob regime difusional.

### Consumo de energia eletrolítica

Avaliou-se o consumo energético para 1h de eletrólise, onde 90% da conversão foi alcançada, a partir de uma solução de 10 ppm do corante Remazol Preto B com 1,2g/L de NaCl, em diferentes tensões, de acordo com a Equação 7.

Tabela 1. Consumo de energia eletrolítica para diferentes tensões

I (A)	$E_{cell}$ (V)	$W_{cell}$ (kWh/m <sup>3</sup> )
0,1	2	0,1818
1	2,5	2,2727
2,4	2,8	6,1090

Segundo a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), a tarifa média de custo da energia elétrica é R\$0,46/kWh (agosto/2017). Foram obtidos os custos de tratamento por volume de efluente, para uma intensidade de corrente de 0,1 A o custo estimado foi \$0,26/m<sup>3</sup>, para 1 A foi de \$3,27/m<sup>3</sup> e para 2,4 A \$8,79/m<sup>3</sup>.

Comparando-se com outros processos eletroquímicos utilizados por outros autores para degradar corantes, pode-se verificar que, em Dias (2013) foi utilizado a técnica de POA em um reator tubular a um custo de \$47,50/m<sup>3</sup> alcançando 65% de conversão em 60 minutos. Cristino (2006) utilizou um

processo oxidativo avançado irradiado para degradar corantes sintéticos, e atingiu 95% de conversão a um custo de \$4,38/m<sup>3</sup>, o autor Jovic (2013) usou eletrooxidação do corante reativo preto 5 a um custo de \$77,71/m<sup>3</sup>, isto mostra que o custo alcançado neste trabalho para uma conversão de 90% alcançada é menor.

### Conclusão

Concluiu-se que como potencial de 2,5 V atingiu 90% de conversão em 60 minutos com um preço de \$3,27/m<sup>3</sup>, abaixo dos demais comparados. E que ao se comparar a taxa de remoção experimental com o modelo teórico, conclui-se o reator em estudo é regido por um modelo de conversão para o tipo PFR, onde se pode concluir que a eletrooxidação do corante é controlada pelo regime difusional.

### Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Dr. Eudésio Oliveira Vilar, pela orientação e disponibilidade da infraestrutura física e instrumental do Laboratório de Eng. Eletroquímica – LEEq.

### Referências

- COEURET F. Introducción a la Ingeniería Electroquímica, Ed. Reverté S.A., Espanha, 1992.
- CRISTINO, W. Tratamento de efluente têxtil contendo corante reativo violeta 5: comparação entre os processos eletrooxidativos avançados irradiados e não irradiados. Escola de Engenharia de Mauá do Centro Universitário do Instituto de Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, 2006.
- DIAS, F. F. S. Aplicação de processos oxidativos avançados em diferentes reatores no tratamento de efluente contaminado com corante remazol preto b com otimização e análise de custos. – Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 2013.
- ELSNER, C. Transfert de matière Et distribution du potentiel ET du courant sur des electrodes de metal deployé, en presence de bulles électro-engendrées. Tese de doutorado. Universidade de Rennes I, França, 1984.
- GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M.V. B.; Corantes Têxteis; Química Nova, Revisão, v.23, n.1, 2000.
- JOVIC, M.; STANKOVIC, M. D.; MANOJLOVIC, D.; ANDELKOVIC; MILIC, A. Study of the Electrochemical Oxidation of Reactive Textile Dyes Using Platinum Electrode. Faculty of Chemistry, University of Belgrade, Student Square 12-16, 11158 Belgrade, Serbia, p.168-183, 2013.
- SALES, E. M. Avaliação de um reator eletroquímico utilizando eletrodo DSA ( $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O_2$ ) na degradação do corante ar-88. – Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande. 2014.
- WALSH.F. A first course in Electrochemical Engineering. 1<sup>o</sup>. ed. England: Romsey, 1993.