



## II-626 - AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ELETROCOAGULAÇÃO PARA A REMOÇÃO DE CORANTE E FÓSFORO DE UM BIORREATOR A MEMBRANA APLICADO AO TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL SINTÉTICO

### **Amanda Dalalibera** <sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutoranda em Engenharia Ambiental na UFSC.

### **Maiara Henrique Simone**

Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFSC. Aluna de Iniciação científica do Edital PROPESC 04/2023.

### **Leticia Samara Kruze**

Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFSC. Aluna de Iniciação científica do Edital PIC&DTI 01/2023.

### **Tiago José Belli**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Centro Oeste-PR. Mestre e Doutor em Engenharia Ambiental pela UFSC. Professor associado do Departamento de Engenharia Civil (CEAVI) e professor permanente no programa de pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC/CCT) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

### **Maria Eliza Nagel-Hassemer**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre e Doutora em Engenharia Ambiental pela UFSC. Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Campus Universitário, Centro Tecnológico (CTC), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis - SC - CEP: 88040-900 - Brasil - Tel: (48) 98825-4084 - e-mail: [amandadalalibera@gmail.com](mailto:amandadalalibera@gmail.com)

## RESUMO

A poluição causada por efluentes têxteis, especialmente pelos corantes azo, é uma preocupação crescente devido à sua complexa degradação e alta toxicidade. Os biorreatores a membrana (BRM) são uma alternativa promissora para tratar esses efluentes, oferecendo alta eficiência e menor produção de lodo. No entanto, a rápida colmatção das membranas compromete a eficiência do tratamento. A eletrocoagulação, destacada por sua simplicidade e capacidade de aglomeração de contaminantes sem químicos adicionais, tem sido associada aos BRM para melhorar a remoção de corantes e outros poluentes.

Este estudo visa determinar a densidade de corrente mais eficaz em um eletrobiorreator a membrana para tratar efluentes têxteis sintéticos, focando na remoção de cor residual e redução de fósforo. Os ensaios foram realizados com diferentes densidades de corrente (10, 20 e 30 A/m<sup>2</sup>) e mostraram que a eletrocoagulação é eficaz na remoção de cor e fósforo. A densidade de corrente de 30 A/m<sup>2</sup> apresentou a maior eficiência de remoção, com 69,34% para corante e 84,85% para fósforo após 48 horas. A liberação de íons de alumínio durante o processo favoreceu a remoção química dos poluentes, tornando a eletrocoagulação uma técnica promissora para o tratamento de efluentes têxteis e produção de água de reúso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Azo Corante. Eletrobiorreator a Membrana. Densidade de Corrente Elétrica.

## INTRODUÇÃO

A poluição gerada por efluentes têxteis é uma preocupação crescente devido à presença de compostos tóxicos, especialmente corantes do tipo azo, que apresentam complexa degradação. Esses efluentes são caracterizados por variações extremas de pH, alta demanda de oxigênio, quantidades elevadas de sólidos suspensos e toxicidade (Pérez et al., 2022). Neste contexto, os biorreatores a membrana (BRM) surgem como uma promissora alternativa, oferecendo vantagens como menor produção de lodo e alta eficiência de tratamento.



A eficácia na utilização de biorreatores a membrana no tratamento de efluentes têxteis é frequentemente comprometida pela rapidez na colmatção das membranas, resultando em uma redução na eficiência do tratamento. Para enfrentar esse desafio, diversas estratégias têm sido exploradas, incluindo a modificação das características do licor misto e a aplicação de técnicas como a eletrocoagulação (Ravadelli et al., 2021; Belli et al., 2023).

A eletrocoagulação, em particular, destaca-se por sua simplicidade operacional e capacidade de aglomeração de contaminantes sem a necessidade de produtos químicos adicionais (Wang et al., 2021). A associação da eletrocoagulação com biorreatores a membrana tem se apresentado promissora para o tratamento de efluentes têxteis, facilitando a remoção de corantes e outros poluentes (Ravadelli et al., 2021).

Apesar das vantagens evidentes, certos parâmetros operacionais dos eletrobiorreatores a membrana (EBRM), especialmente quando aplicados ao tratamento de efluentes têxteis, ainda necessitam de investigação mais aprofundada. Desafios como a correta exposição a corrente elétrica e a densidade de corrente aplicada exigem uma abordagem cuidadosa para otimizar o desempenho desses sistemas.

O objetivo deste estudo foi determinar a densidade de corrente mais eficaz a ser aplicada em um eletrobiorreator a membrana para o tratamento de efluente têxtil sintético, com foco na remoção da cor residual e na redução da concentração de fósforo. Este trabalho aborda a análise das diferentes densidades de corrente disponíveis e seus tempos de exposição correspondentes, com o propósito de otimizar a aplicação desses parâmetros em um sistema de tratamento de efluentes têxteis em escala piloto.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **UNIDADE DE BANCADA**

Os ensaios foram conduzidos em uma unidade experimental composta por um eletrobiorreator em escala de bancada. O eletrobiorreator possuía um volume total de 1,0 L e era equipado com eletrodos de dimensões 5,5 x 14,0 cm, espaçados entre si por 5,0 cm. O ânodo foi construído com placas planas de alumínio, enquanto o cátodo consistia em uma tela fina de aço inoxidável. Para garantir o fornecimento de oxigênio aos microrganismos e manter o regime de mistura, foi utilizado um difusor de ar instalado na base do reator.

A densidade de corrente aplicada foi controlada por meio de uma fonte de alimentação digital ajustável de corrente contínua (PS A305D), com uma faixa de variação de tensão de 0-30 V e corrente de 0-5 A. O modo de exposição foi regulado por um temporizador digital acoplado a um painel de comandos elétricos, instalado entre a fonte de alimentação e os eletrodos.

O licor misto utilizado nos ensaios de bancada foi coletado de um biorreator a membrana integrado a um sistema de tratamento em escala piloto. Este sistema inclui um reator UASB seguido pelo mencionado BRM. O sistema faz parte de um projeto de doutorado realizado na UFSC. O BRM, que é alimentado pelo sobrenadante do reator UASB que o precede, operou com tempo de detenção hidráulica (TDH) de 10,0 horas.

Após a coleta, o licor misto foi submetido a análises físico-químicas para caracterização. Essas análises foram realizadas para cada nova coleta de licor misto utilizado durante uma nova sequência de ensaios.

### **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

Uma vez caracterizado, o licor misto era acondicionado no frasco reator (800 mL) e submetido ao ensaio de aplicação da corrente elétrica, nos quais buscava-se promover, principalmente, a remoção de fósforo do residual de corante Remazol Violeta Brillante 5R (RBV-5R).

Os experimentos consistiram na aplicação de três diferentes densidades de corrente elétrica (10,0; 20,0 e 30,0 A/m<sup>2</sup>) o modo de exposição permaneceu o mesmo para todos os testes, configurado em 5 min ON/ 25min OFF, totalizando 4,0 horas de exposição em cada corrente aplicada. Cada condição foi analisada em forma de duplicata durante 24 h de operação. Durante as 48 h do ensaio, o reator foi amostrado nos tempos 0, 1, 4, 8, 12, 24, 32 e 48 horas quanto a concentração de corante e concentração de fósforo.

Para a determinação dos parâmetros concentração de corante e  $P-PO_3^-$ , procedia-se a filtragem do licor misto em membrana de acetato celulose de porosidade de  $0,45 \mu m$ . A determinação da concentração de ortofosfato ( $P-PO_3^-$ ) foi realizada a partir do método do ácido molibdovanadofósforico. A Concentração do corante (RBV-5R) foi determinada em espectrofotômetro sob comprimento de onda de  $560 nm$ .

## RESULTADOS

Observa-se que o efeito da eletrocoagulação no licor misto foi significativo mesmo em densidades de corrente baixas. Na análise apresentada na Figura 1, pode-se perceber que a menor exposição, de  $10 A/m^2$ , demonstrou uma eficiência de remoção de  $50,31\%$  após 48 horas de ensaio. Nas primeiras 8 horas de ensaio, a remoção de cor nas densidades de  $10 A/m^2$  e  $20 A/m^2$  ocorre de maneira mais lenta, um padrão que não se repete para a exposição a  $30 A/m^2$ . Após as 8 primeiras horas de ensaio, a concentração de corante é reduzida de  $6,85 mg/L$  para  $4,46 mg/L$  na densidade de corrente de  $30 A/m^2$ . Esta última densidade de corrente apresentou, ao final das 48 horas de ensaio, uma eficiência de remoção de  $69,34\%$ , aproximadamente  $20\%$  superior à remoção observada na densidade de corrente de  $10 A/m^2$ .

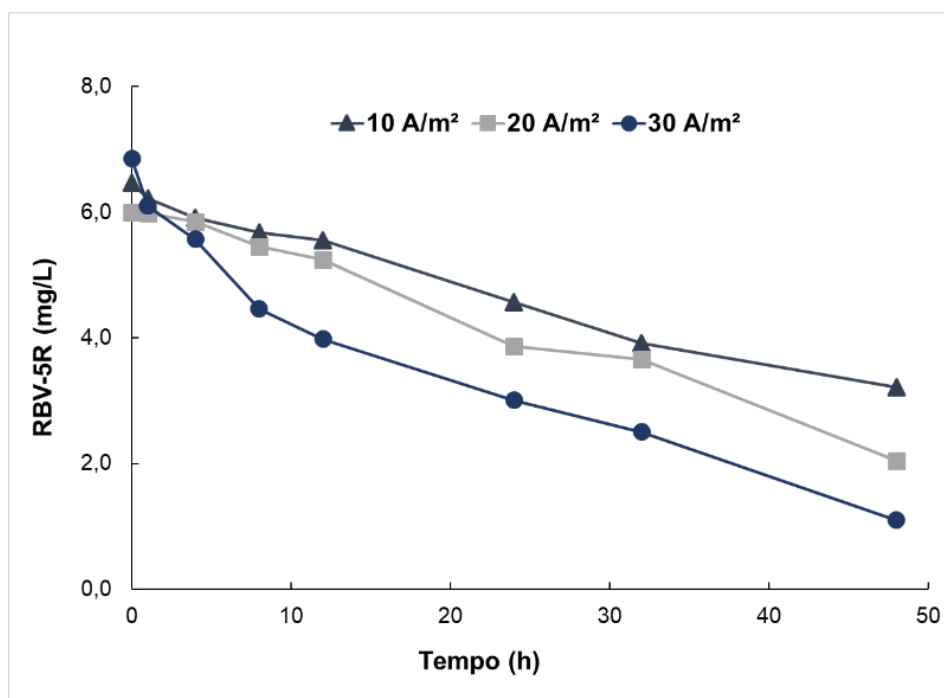
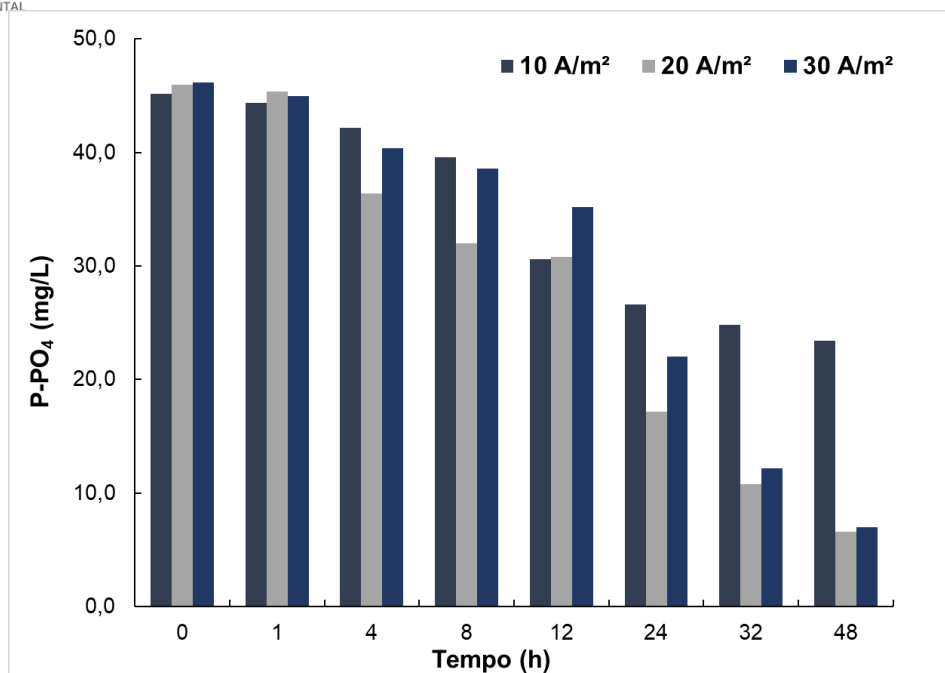


Figura 1: Cinética de remoção do corante RBV-5R em diferentes densidades de corrente.

Ao analisar os resultados da remoção de fósforo, apresentados na Figura 2, destacam-se as notáveis diferenças de eficiência entre as densidades de corrente de  $10 A/m^2$  e  $20 A/m^2$ , apresentando, ao final do ensaio, eficiências de remoção de  $48,23\%$  e  $84,85\%$ , respectivamente. Por outro lado, os ensaios realizados com  $20 A/m^2$  e  $30 A/m^2$  não revelaram uma diferença superior a  $2\%$  em eficiência após 48 horas. É importante notar que a remoção de fósforo na densidade de corrente de  $30 A/m^2$  foi especialmente notável nas primeiras 4 horas de ensaio, com uma redução significativa de  $46,00 mg/L$  para  $36,40 mg/L$ , representando uma eficiência de remoção de  $27,39\%$  nesse período inicial.



**Figura 2: Cinética de remoção de Fósforo em diferentes densidades de corrente durante 48h.**

A aplicação da eletrocoagulação mostrou-se eficaz na remoção da concentração residual do corante RBV-5R presente no licor misto estudado. Durante o ensaio, observou-se uma intensificação da liberação de íons de alumínio no licor misto, o que proporcionou condições favoráveis para a remoção química do corante por precipitação. Esse processo não seria viável na ausência de eletrocoagulação em ambientes aeróbios, uma vez que a presença de oxigênio dificulta a quebra das ligações azo ( $-N=N-$ ) presentes no corante (Monner, A. A., 2023).

Os corantes, responsáveis pela coloração do efluente têxtil, são compostos orgânicos de difícil biodegradabilidade, limitando sua remoção por meio de tratamento biológico. No entanto, a eletrocoagulação resultou em um aumento significativo na remoção de cor, graças à associação das moléculas com o alumínio liberado durante o processo. As substâncias dissolvidas, que representam a concentração de cor, passam pelo processo de coagulação, tornando-se insolúveis e formando flocos, o que facilita sua remoção por processos físicos (Kim e Choi et al., 2023).

Em relação à remoção do fósforo, na ausência da eletrocoagulação é sabido que a eficiência é baixa, uma vez que a remoção do fósforo ocorre apenas por síntese celular, representando apenas 1 a 2 % em função da massa de SST (Ravadelli et al., 2021).

O aumento significativo na remoção de fósforo em densidades de correntes mais altas se dá devido à remoção via precipitação, pelo processo químico que ocorre no meio. Essa remoção pode ocorrer a partir de duas rotas: (1) precipitação do fósforo mediante sua reação com o hidróxido de alumínio, tornando-o insolúvel e facilitando sua remoção; e (2) o fósforo pode depositar-se no cátodo, separando-se do licor misto (Pérez et al., 2022, Belli et al., 2023). Segundo Ibeid; Elektorowicz; Oleszkiewicz (2023) a densidade da corrente elétrica possui influência direta na precipitação do fósforo, já que corresponde linearmente a liberação do alumínio no processo da eletrocoagulação.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados do ensaio de bancada, pode-se concluir que houve um aumento significativo na remoção de fósforo com o aumento da densidade da corrente elétrica, devido à remoção via precipitação, aumentando a eficiência de remoção de 48,23% para 84,85% entre a densidade de corrente de 10 A/m<sup>2</sup> e 20 A/m<sup>2</sup>. As eficiências de remoção da cor variaram nas diferentes densidades de corrente elétrica, com valores



de 50,31% e 69,34% para 10 A/m<sup>2</sup> e 30 A/m<sup>2</sup>, respectivamente. Observou-se que o corante residual foi removido de forma satisfatória, uma vez que, ao final do ensaio com 30 A/m<sup>2</sup> a concentração do corante RBV-5R foi de somente 1,10 mg/L de licor misto. Esses ensaios destacam a importância da aplicação da eletrocoagulação no sistema piloto, com uma densidade de corrente de 30 A/m<sup>2</sup> para o polimento final do efluente, bem como, para a produção de água de reúso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELLI, T. J.; BASSIN, J. P.; VIDAL, C. M. DE S.; HASSEMER, M. E. N.; RODRIGUES, C.; LAPOLLI, F. R. *Effects of solid retention time and exposure mode to electric current on Remazol Brilliant Violet removal in an electro-membrane bioreactor. Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 20, p. 58427, 2023.
2. IBEID, S.; ELEKTOROWICZ, M.; OLESZKIEWICZ, J. A. *Modification of activated sludge properties caused by application of continuous and intermittent current. Water research*, v. 47, n. 2, p. 90, 2023.
3. KIM, D., & CHOI, H. *Effects of operational parameters on the performance of a membrane bioreactor for textile wastewater treatment. Journal of Environmental Management*, v.298, p.113578, 2023.
4. MONEER, A. A. *The potential of hybrid electrocoagulation-membrane separation processes for performance enhancement and membrane fouling mitigation: a review. The Egyptian Journal of Aquatic Research*, v. 49, p. 269, 2023.
5. PÉREZ, G., SILVA, V., & GARCÍA, J. *Azo dye degradation by a coupled electrocoagulation–photocatalysis process: Optimization through experimental design. Journal of Hazardous Materials*, v.421, p.126707, 2022.
6. RAVADELLI, M.; COSTA, R. E. DA; LOBO-RECIO, M. A.; AKABOCI, T. R. V.; BASSIN, J. P.; LAPOLLI, F. R.; BELLI, T. J. *Anoxic/oxic membrane bioreactor assisted by electrocoagulation for the treatment of azo-dye containing wastewater. Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 9, p. 105286, 2021.
7. WANG, C., CHEN, X., LI, X., ZHOU, J., & ZHANG, W. *Electrochemical treatment of textile wastewater: Mechanism, recent research progress and future perspectives. Chemosphere*, v.264, p.128458, 2021.