

EFICIÊNCIA DA ELETRÓLISE COM ELETRODOS DE ALUMÍNIO NA REMOÇÃO DE CORANTE ORGÂNICO DE TECIDO EM ÁGUA

Raquel S. Cassiano¹; Amanda N. G. S. Silva¹; Ana C. A. D. da Silva¹; Nicanor T. B. Antunes¹

1 Escola SESI Dra. Emina Barbosa Mustafa, Av. Cosme Ferreira, 3295 - Aleixo, Manaus - AM

Palavras-Chave: Efluentes têxteis; degradação eletroquímica; sustentabilidade.

Introdução

A contaminação de corpos hídricos por efluentes industriais, particularmente os que contêm corantes orgânicos, é uma preocupação ambiental significativa. Os efluentes industriais são potenciais nocivos ao meio ambiente, visto que são gerados em grandes quantidades e com composições complexas, incluindo corantes, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, compostos halogenados, óleos, surfactantes, metais pesados, dentre outros (DEL VECCHIO, 2019). Corantes são altamente estáveis e podem permanecer no ambiente por longos períodos, afetando a biodiversidade aquática e a saúde humana. Os corantes presentes em efluentes líquidos podem afetar a vida aquática devido à presença de metais, substâncias aromáticas etc. (MISHRA, G, 1993). No entanto, métodos convencionais de tratamento de águas residuais nem sempre são eficazes na remoção desses compostos.

Métodos convencionais, como tratamento biológico e filtração, muitas vezes não conseguem degradar corantes de maneira eficiente, resultando em efluentes que ainda apresentam coloração e contaminantes tóxicos. Nesse contexto, a eletrólise tem se destacado como uma técnica promissora para o tratamento de águas residuais, devido à sua capacidade de decompor compostos orgânicos de forma eficaz e sustentável (DEL VECCHIO, 2019).

A eletrólise utiliza uma corrente elétrica para promover reações redox que degradam os poluentes na água. O uso de eletrodos de alumínio, em particular, é vantajoso devido à sua capacidade de formar precipitados coagulantes que facilitam a remoção de corantes e outros compostos orgânicos (DEL VECCHIO, 2019). Além disso, o alumínio é um material econômico e amplamente disponível, o que aumenta a viabilidade prática da aplicação.

A avaliação dos parâmetros físico-químicos, como pH, condutividade e oxigênio dissolvido, é essencial para compreender a eficiência do processo de eletrólise. Alterações nesses parâmetros indicam mudanças na composição química da solução, refletindo a degradação do corante e o comportamento do sistema ao longo do tempo de reação.

Dessa forma, objetivo desse estudo foi investigar a eficiência do processo de eletrólise com eletrodos de alumínio na remoção de corante orgânico de tecido em água e avaliar as variações nos parâmetros físico-químicos ao longo do tempo de reação.

Material e Métodos

O presente estudo foi conduzido entre os meses de julho e setembro de 2024 na Escola SESI Dra. Emina Barbosa Mustafa, em Manaus, Amazonas, na sala temática do Clube de Ciências. Para a realização da eletrolise, foram utilizados 5 mL de água destilada, aos quais foram adicionados 0,25 g de corante azul marinho do tipo diazo, criando uma solução

homogênea. O corante azul marinho foi escolhido por sua alta utilização na indústria têxtil, sua estabilidade e resistência à degradação, o impacto ambiental causado por seu descarte inadequado, a relevância científica no entendimento da degradação de corantes e o potencial para desenvolver métodos sustentáveis de tratamento de efluentes (DEL VECCHIO, 2019).

Os eletrodos foram confeccionados a partir de placas de alumínio, com espessura de 1 mm, altura de 50 mm e largura de 1 mm. Durante o experimento, 30 mm de cada eletrodo foram submersos na solução contida em um béquer, permitindo uma adequada interação eletrolítica. A eletrolise foi realizada utilizando uma fonte de alimentação com tensão fixa de 9 V de corrente contínua, assegurando a consistência do processo. Para monitorar a tensão aplicada, foi empregado o datalogger e laboratório portátil multisensores LabDisc da Globisciens, que também foi utilizado para registrar variações nos parâmetros físico-químicos da solução, incluindo pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez e colorimetria RGB. Como controle, foi utilizado uma amostra de água sem a adição do corante.

O procedimento de eletrolise foi realizado em intervalos de 15, 30 e 45 minutos, durante os quais as medições dos parâmetros citados foram registradas antes do início da eletrolise e imediatamente após cada intervalo. As amostras foram filtradas em filtro de papel antes de cada medição. Com isso, foi possível obter dados de todo o processo. Os dados coletados foram submetidos a uma análise de regressão linear, com o objetivo de avaliar a relação entre o tempo de eletrolise e as variações nos parâmetros monitorados. Essa abordagem estatística permitiu interpretar de forma quantitativa a eficiência do processo eletrolítico na remoção do corante da solução.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos neste estudo sobre a eficiência do processo de eletrólise com eletrodos de alumínio na remoção de corante orgânico diazo azul marinho de tecido em água são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Variações nos parâmetros físico-químicos ao longo do tempo de reação da eletrólise para remoção de corante têxtil diazo azul marinho.

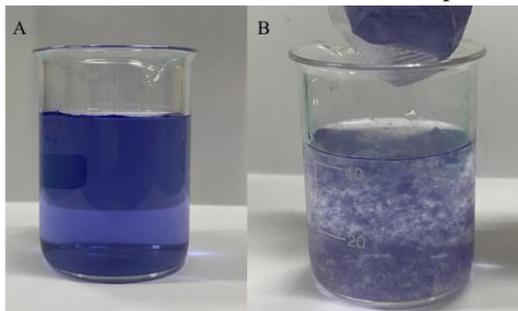
Tempo	pH	Condutividade	O2 dissolvido	Vermelho*	Verde*	Azul*	Turbidez
0	5,84	2,09	0,06	56,7	59,7	99,9	527
15	8,04	2,27	0,15	99,9	99,9	99,9	445
30	8,36	3,33	0,16	99,9	99,9	99,9	321
45	6,98	4,74	0,19	99,9	99,9	99,9	126

Inicialmente, no tempo zero, a solução tinha um pH de 5,84, com uma condutividade de 2,09 mS/cm e um nível de oxigênio dissolvido de 0,06 mg/L. As medições de colorimetria mostraram que os valores para vermelho, verde e azul eram, respectivamente, 56,7, 59,7 e 99,9, com uma turbidez de 527 NTU. Esses resultados indicam uma solução contaminada pelo corante (figura 1A).

Após 15 minutos de eletrolise, foi possível observar um aumento significativo no pH, que atingiu 8,04, indicando uma possível formação de íons alcalinos durante o processo. A condutividade também aumentou para 2,27 mS/cm, sugerindo a dissolução de sais e íons na solução. O nível de oxigênio dissolvido elevou-se para 0,15 mg/L, o que pode indicar a liberação de oxigênio durante a reação. Os valores de colorimetria mostraram que o vermelho e o verde atingiram 99,9, enquanto o azul permaneceu em 99,9, indicando que a cor da solução

estava se aproximando da transparência. A turbidez diminuiu para 445 NTU, refletindo uma redução na presença do corante. Essas mudanças nas características podem ser explicadas pela formação de íons de alumínio (Al^{3+}), que podem reagir com os íons hidroxila (OH^-) na solução para formar precipitados como hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) (DEL VECCHIO, 2019). Esse composto age como um coagulante, removendo partículas e ajudando a reduzir a turbidez da solução (figura 1B).

Figura 1. Coagulação do corante têxtil diazo azul marinho durante o processo de remoção por eletrólise.



A. Água contaminada com corante antes do processo. B. Coagulação do corante após 15 minutos de eletrólise.

Com 30 minutos de eletrólise, o pH aumentou ainda mais, alcançando 8,36, e a condutividade subiu para 3,33 mS/cm, o que reforça a tendência de aumento de íons na solução. O oxigênio dissolvido se manteve em 0,16 mg/L. As medições de colorimetria continuaram a mostrar valores de 99,9 para vermelho e verde, enquanto o azul também permaneceu em 99,9. A turbidez continuou a diminuir, alcançando 321 NTU, o que indica uma remoção progressiva do corante.

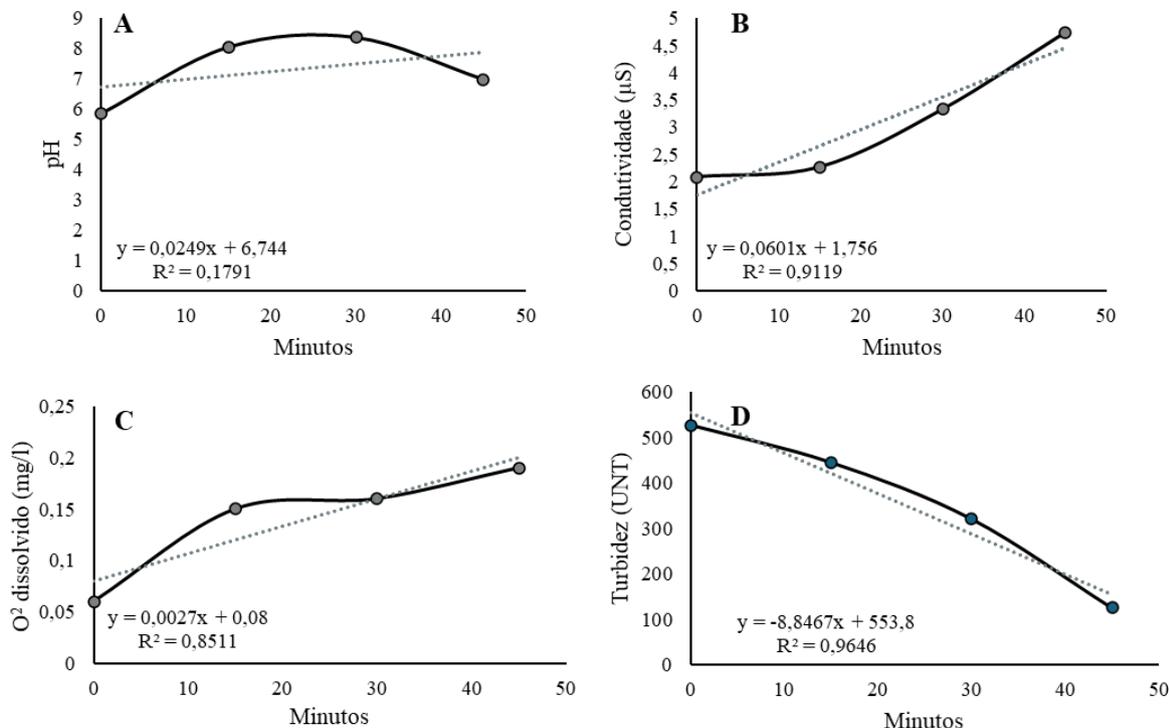
Após 45 minutos de eletrolise, houve uma diminuição do pH para 6,98, o que pode sugerir a neutralização de algumas substâncias formadas. A condutividade alcançou 4,74 mS/cm, o que indica uma concentração maior de íons na solução. O nível de oxigênio dissolvido aumentou para 0,19 mg/L. Os valores de colorimetria permaneceram estáveis, com vermelho, verde e azul todos em 99,9. A turbidez apresentou uma redução significativa, alcançando 126 NTU, evidenciando a eficácia do processo de eletrólise na remoção do corante da solução.

Já, a análise da variação do pH ao longo do tempo (Figura 2A) apresentou uma relação linear fraca, com coeficiente de determinação $R^2=0,1791$, o que indica que a variação do pH não seguiu estritamente uma tendência linear. Para a condutividade (Figura 2B), observa-se uma correlação linear mais forte ao longo do tempo, com $R^2=0,9119$, refletindo um aumento contínuo na concentração de íons dissolvidos. Com base na equação da regressão é possível observar que a condutividade da solução aumentou de forma consistente durante o processo, à medida que mais sais foram liberados na solução.

Para o parâmetro de oxigênio dissolvido (Figura 2C), também foi observado um aumento ao longo do tempo, com $R^2=0,8511$, indicando uma boa correspondência com o modelo linear. O que sugere um leve aumento no nível de oxigênio dissolvido, coerente com a liberação de oxigênio durante a eletrólise.

A turbidez (Figura 2D) apresentou uma das correlações lineares mais fortes, com $R^2=0,9646$, indicando uma significativa redução da turbidez ao longo do tempo, com uma forte tendência de declínio, o que reflete a eficácia da eletrolise na remoção de partículas em suspensão, e, conseqüentemente, na clarificação da solução.

Figura 2. Análise de Regressão Linear dos Parâmetros Físico-Químicos durante o processo de eletrólise para remoção do corante diazo azul marinho.



Conclusões

O processo de eletrólise com eletrodos de alumínio mostrou-se eficaz na remoção de corante orgânico de soluções aquosas, resultando em uma redução significativa na turbidez e alterações nos parâmetros físico-químicos, como pH, condutividade e oxigênio dissolvido. A análise indicou que o processo promoveu a clarificação da água e aumentou a concentração de íons dissolvidos.

Estudos futuros podem explorar a otimização das condições de eletrólise, como a variação de corrente elétrica e concentração inicial de poluentes, além de investigar a aplicação desse método em diferentes tipos de efluentes industriais.

Agradecimentos

A Federação das Indústrias do Estado do Amazonas – FIEAM, ao Departamento Regional SESI Amazonas e a Escola SESI Dra. Emina Barbosa Mustafa pelo apoio financeiro e formação técnica.

Referências

DEL VECCHIO, Paola. Degradação de contaminantes de diferentes classes por processos oxidativos avançados: O₃, O₃/UV e O₃/Al₂O₃. 2019.

MISHRA, G.; TRIPATHY, M. Uma revisão crítica dos tratamentos para descoloração de efluente têxtil. *Coloração*, v. 40, n. 10, p. 35-38, 1993.