



Recebido: 16/02/2024 | Revisado: 15/05/2024 | Aceito: 11/06/2024 | Publicado: 16/09/2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 Unported License.

DOI: 10.31416/rsdv.v12i3.952

Análise de desempenho do uso de tecnologia eletrolítica no tratamento de efluentes domésticos: Uma revisão sistemática da literatura

Performance analysis of the use of electrolytic technology in domestic effluents treatment: A systematic review of the literature

DE QUEIROZ, Ana Quézia Avelino. Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária/Engenharia Ambiental e Sanitária

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. Av. José de Freitas Queiroz, 5000. - Quixadá - Ceará - Brasil. CEP: 63902-580 / Telefone: (85) 3455-3026 / E-mail: queziaqueiroz34@gmail.com

MACIEL, Gabriele da Silva Aguiar. Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária/Engenharia Ambiental e Sanitária

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. Av. José de Freitas Queiroz, 5000. - Quixadá - Ceará - Brasil. CEP: 63902-580 / Telefone: (85) 3455-3026 / E-mail: gabriele.aguiar10@aluno.ifce.edu.br

MELO, Bernardo de Lima. Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária/Engenharia Ambiental e Sanitária

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. Av. José de Freitas Queiroz, 5000. - Quixadá - Ceará - Brasil. CEP: 63902-580 / Telefone: (85) 3455-3026 / E-mail: Bernardo.lima07@aluno.ifce.edu.br

ALVES, Larissa Barbosa. Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária/Engenharia Ambiental e Sanitária

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. Av. José de Freitas Queiroz, 5000. - Quixadá - Ceará - Brasil. CEP: 63902-580 / Telefone: (85) 3455-3026 / E-mail: larissa.barbosa.alves04@aluno.ifce.edu.br

CAVALCANTE, R. F. Doutor em Engenharia Civil/Engenharia Civil

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. Av. José de Freitas Queiroz, 5000. - Quixadá - Ceará - Brasil. CEP: 63902-580 / Telefone: (85) 3455-3026 / E-mail: reinaldo@ifce.edu.br

RESUMO

A necessidade de minimização dos impactos ambientais causados pelo lançamento de efluentes sem tratamento em uma região imprópria se caracteriza como um dos principais desafios ambientais no século XXI. Neste cenário, é preciso desenvolver e aperfeiçoar novas tecnologias que possibilitem a diminuição do poder poluente, agregado a um baixo custo. A Eletrocoagulação (EC) pode ser utilizada como um meio de tratamento de efluentes domésticos, já que possuem a capacidade de degradar, seja parcialmente ou totalmente, as moléculas que não podem ser degradadas de forma natural, por obter a capacidade de eliminar vários poluentes, incluindo patógenos, compostos orgânicos e metais traços. Diante disso, este trabalho possui o objetivo de realizar uma breve revisão bibliográfica, analisando o método de tecnologia eletrolítica, por meio de artigos científicos com a temática. Como resultado, foi possível compreender que a tecnologia da eletrocoagulação possui um desempenho



positivo, podendo ser utilizada nos processos das águas residuais sem causar impactos no meio ambiente devido à falta de adição dos coagulantes químicos.

Palavras-chave: Eletrocoagulação; Águas residuais; Tratamentos das águas.

ABSTRACT

A The need to minimize environmental impacts caused by the release of untreated effluents in an unsuitable region is one of the main environmental challenges in the 21st century. In this scenario, it is necessary to develop and improve new technologies that make it possible to reduce polluting power, at a low cost. Electrocoagulation (EC) can be used as a means of treating domestic effluents, as they have the ability to degrade, either partially or completely, molecules that cannot be degraded naturally, by obtaining the ability to eliminate various pollutants, including pathogens, organic compounds and trace metals. Therefore, this work aims to carry out a brief bibliographical review, analyzing the electrolytic technology method, through scientific articles on the subject. As a result, it was possible to understand that electrocoagulation technology has a positive performance and can be used in residual waters processes without causing impacts on the environment due to the lack of addition of chemical coagulants.

Keywords: Electrocoagulation; Residual waters; Water treatments.

Introdução

Os impactos ambientais causados pelos lançamentos de efluentes domésticos não tratados em locais inapropriados, tornou-se um grande embate no século XXI. Quando despejado na natureza, a não intervenção desses dejetos podem despertar grandes desequilíbrios ao ecossistema e aos seres vivos, e os efeitos que serão originados podem exigir procedimentos específicos e avançados com a oxidação do que está comprometendo a eficiência dos tratamentos dos efluentes (ALJABERI *et al.*, 2022). São compostos por sua grande maioria de água, sendo cerca de 99,9%, com adição de microrganismos, sólidos inorgânicos, orgânicos, gorduras, parasitas, vírus, protozoários, também como alguns nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo.

A cuidadosa seleção e integração de etapas e métodos dos tratamentos das águas residuais são aspectos essenciais a serem considerados antes de realizar o descarte das águas residuais tratadas em sistemas aquáticos ou no solo. Com a existência das grandes complexidades na formação dos esgotos, os métodos podem retardar ou tornarem-se ineficazes em vários casos (DA SILVA RIBEIRO *et al.*, 2019). Na ausência de um processo adequado, existe a possibilidade de que ele atinja os reservatórios e sistemas de tratamento de água antes de ser descarregado nas fontes

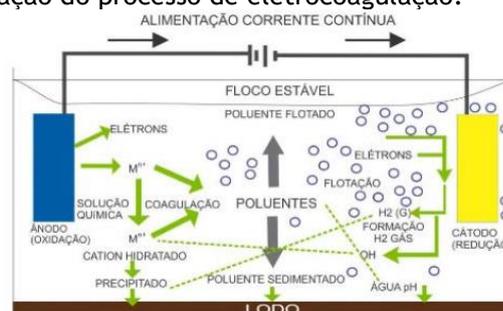
naturais. Essa condição representa uma ameaça significativa tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana, evidenciando a necessidade urgente de tratamento apropriado para esses efluentes.

Nesse contexto, foram desenvolvidos diversos métodos de administração que são eficazes para as águas residuais, sendo os mais convencionais a membrana, coagulação química, troca iônica, separação magnética, eletrocoagulação, adsorção, métodos bioquímicos e ozonização (BHARTI, Mukesh; DAS, Pranjal P.; PURKAIT, Mihir K., 2023). Entretanto, a técnica de eletrocoagulação (EC) foi reconhecida como mais eficaz na purificação de água e águas residuais industriais, devido à sua adaptabilidade, simplicidade de utilização e capacidade de lidar com uma variedade de contaminantes. O método EC é amplamente aceito como uma alternativa eficiente e ecologicamente correto à coagulação química para o tratamento de águas residuais altamente contaminadas, pois não pode gerar poluentes secundários devido à falta de adição de coagulante químico (BOINPALLY, Sriram *et al.*, 2023). No entanto, a afirmação de que é totalmente ecologicamente correto pode ser contestada pela fonte de energia utilizada para alimentá-la.

De fato, a eletrocoagulação requer o uso de eletricidade para a realização do método estudado, pois utiliza a corrente elétrica no acúmulo de contaminantes. Se a energia usada é gerada de fontes não renováveis ou possui um impacto ambiental significativo, pode-se afirmar que o método não é ecológico.

Conforme SHER (2020) a eletrocoagulação obteve um destaque especial, por trata-se de um procedimento composto por diversas fases, nas quais a aglomeração de contaminantes ocorre mediante a utilização de eletrodos (coagulantes), por meio de uma reação redox desencadeada pela aplicação de corrente elétrica. A Figura 1 mostra como ocorre o funcionamento do processo de EC, utilizando o eletrodo de alumínio como exemplo.

Figura 1- Representação do processo de eletrocoagulação.



Fonte: DOGGAZ et al. (2019).



A EC pode ser dividida em três fases: a) geração do coagulante por meio da oxidação do eletrodo, b) desestabilização das partículas contaminantes em suspensão, seguida pela agregação dos flocos, e c) formação dos flocos através de sedimentação ou flotação, como indicado por DOGGAZ et al. (2019).

Atualmente, os processos físico-químicos são importantes para os tratamentos dos efluentes domésticos, são extensivamente utilizados para a remoção de fluidos contaminados com coliformes, análise de matéria orgânica e da turbidez.

Segundo HASHIM (2019) a EC é considerada como uma abordagem eficaz para os principais tratamentos de águas e esgotos. Já foram obtidas documentações que comprovam a eficácia da tecnologia EC na remoção de até 95-99% de diversos poluentes em um período de tratamento relativamente breve (NARIYAN, Elham; SILLANPÄÄ, Mika; WOLKERSDORFER, Christian., 2018).

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2018), um estudo realizado com base nos dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), referentes ao ano de 2016, revelou que apenas 45% do esgoto gerado no Brasil passa por tratamento. Isso implica que os restantes 55% são despejados diretamente na natureza, totalizando 5,2 bilhões de metros cúbicos por ano, equivalente a quase 6 mil piscinas olímpicas de esgoto por dia.

Portanto, dada a importância dos processos físico-químicos avançados na otimização do tratamento de efluentes domésticos e a falta de estudos brasileiros que abordem sua utilização, este estudo tem como objetivo proporcionar uma compreensão aprofundada e destacar a importância da eletrocoagulação. Por meio de uma revisão bibliográfica focada na análise do ciclo de vida do tratamento de efluentes domésticos, exploramos os benefícios dos processos oxidativos avançados.

Material e métodos

O estudo foi dividido em duas fases que definem o método da revisão sistemática: Pesquisa na base de dados e a Análise sistemática.

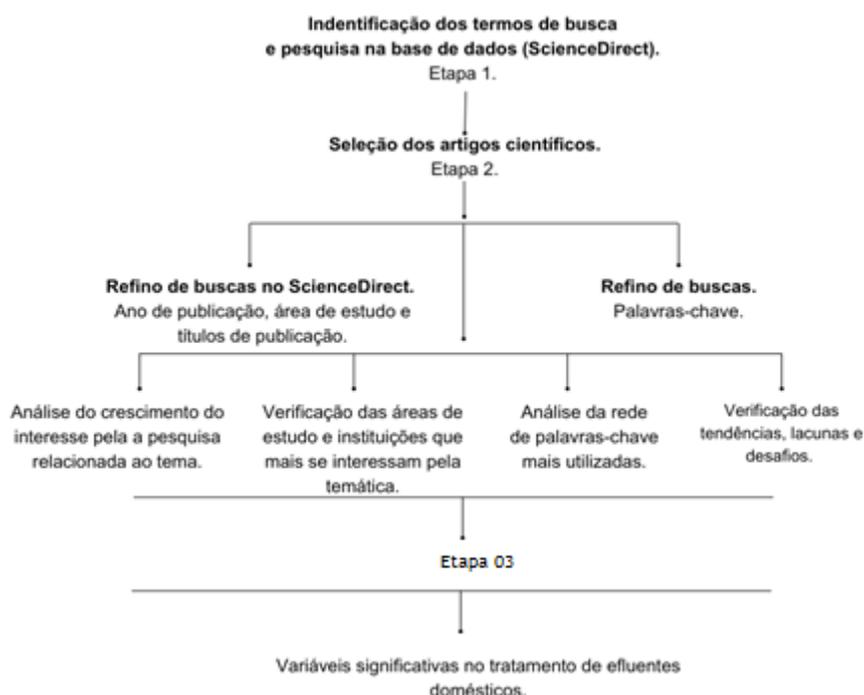
Pesquisa na base de dados

As buscas foram conduzidas utilizando o banco de dados do ScienceDirect, e utilizando critérios de inclusão e exclusão, como ocorrido nos estudos de

MOUSAZADEH et al., (2021) e ilustrado na Figura 2. As pesquisas foram realizadas em janeiro de 2024, usando os operadores lógicos: ALL = (“Electrocoagulation” OR “Electrolytic technology”) AND ALL = (“Domestic effluents”).

Na primeira Etapa foram realizadas as buscas no site do ScienceDirect, selecionada por ser reconhecida como uma plataforma de grande abrangência científica, com o banco de dados extensivo, a pesquisa iniciou-se sem restrições, assim podendo analisar o tema abrangendo todas as áreas, para verificar o uso da EC ao longo do tempo, como nos estudos.

Figura 2 - Etapas metodológicas.



Fonte: Autora (2024).

Na Segunda Etapa foram levados em consideração os artigos com resultados e dados experimentais, escritos nos últimos Cinco anos, e excluídos publicações em conferências e livros. Na terceira etapa, os artigos elegíveis nas etapas anteriores, foram submetidos ao critério de análise de variáveis significativas para o tratamento de efluentes no Brasil como Turbidez, Coliformes termotolerantes e remoção de Matéria Orgânica (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

Análise sistemática



Após o processo de seleção e busca as publicações selecionadas foram compiladas em seus principais resultados sobre o desempenho da tecnologia eletrolítica no tratamento de efluentes domésticos junto as variáveis operacionais dos reatores e eficiência na remoção das variáveis ambientais Turbidez, Coliformes termotolerantes e remoção de Matéria Orgânica (Demanda Bioquímica de Oxigênio).

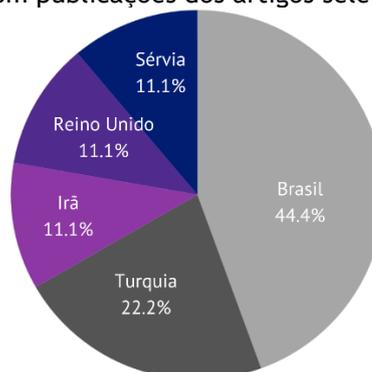
Resultado e discussão

Os resultados da busca por publicações sobre processos eletrolíticos, na plataforma de divulgação de produções acadêmicas, apresentaram na etapa 01 um total 1.230 publicações. Em seguida, com a aplicação dos critérios de escolha da Etapa 2, resultou em 395 produções, utilizando os critérios de exclusão por meio dos filtros disponíveis na base de dados, artigos científicos publicados nos últimos 5 anos, verificou-se um total de 25 produções acadêmicas.

Por fim, na etapa final, a seleção de artigos científicos que apresentavam resultados do desempenho da eletrocoagulação para a remoção de coliforme termo tolerantes, Turbidez e Matéria Orgânica, chegou-se a um total de 9 artigos eleitos pela metodologia de busca.

As produções, eleitas pela metodologia, se apresentaram divididas em 5 diferentes países (Brasil, Irã, Turquia, Reino Unido e Sérvia), distribuídos nos continentes Americano, Ásia e Europa respectivamente, como pode ser observado no Figura 03. Verifica-se o predomínio de produções em países com históricas dificuldades na universalização do saneamento, indicando o uso dos processos eletrolíticos com parte do esforço para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para o tratamento de efluentes domésticos e diminuição dos impactos ambientais junto aos corpos aquáticos receptores.

Figura 3- Gráfico de países com publicações dos artigos selecionados.



Fonte: Autores (2024).



Os artigos eleitos pela metodologia de busca e suas respectivas características operacionais dos reatores podem ser observados na Tabela 01

Tabela 01- Artigos de revisão selecionados pela metodologia de revisão sistemática da literatura.

Autor	Título da obra	Eletrodos
GOERCK et al., (2021)	Eletrocoagulação como pós-tratamento do efluente de um wetland construído de escoamento vertical.	Eletrodos de Al, alimentado por CC
MAĆERAK, A.L et al., (2024)	Electrocoagulation in treatment of municipal wastewater– life cycle impact assessment.	Eletrodos de Al, ligação Bipolar Paralela e Paralela.
Akarsu et al., (2022).	Treatment of wastewater from personal hygiene products for reuse through integrated electrocoagulation and membrane filtration processes.	Eletrodos de Al e Fe, alimentado por CE.
SHER et al., (2020)	Implications of advanced wastewater treatment: Electrocoagulation and electroflocculation of effluent discharged from a wastewater treatment plant.	Eletrodo de Al e Fe, alimentados por CC.
MARTINS, (2023).	Eletrocoagulação aplicada ao tratamento de águas residuais domésticas.	Eletrodos de Al, alimentados por CC.
OZYNAR,F. KORKMAZ, M,U, (2022)	Sequential use of the electrocoagulation-electrooxidation processes for domestic wastewater treatment.	Eletrodos de Al e Fe, alimentados por CE.
BARZEGAR; WU; GHANBARI., (2019)	Enhanced treatment of greywater using electrocoagulation/ozonation: investigation of process parameters.	Eletrodos de Al e Fe, alimentados por CC.
OGANDO et al., (2021).	Removal of color and turbidity in sugarcane juice treated by electrocoagulation with aluminum electrodes.	Eletrodos de Al, alimentados por indução magnética (transformador).
NETO; OLIVEIRA., (2019)	Eletroflotação, eletrocoagulação e eletro-oxidação aplicada à clarificação de águas urbanas contaminadas.	Eletrodos de Al e aço inox, alimentados por CC.

Fonte: Autor, (2024).

Parâmetros operacionais dos reatores utilizados

Verificou-se que 100 % dos reatores eletrolíticos utilizados, nos artigos selecionados, a predominância de reatores eletrolíticos em escala de bancada, indicando a intensidade de estudos voltados ao desenvolvimento e aperfeiçoamento da tecnologia, já consolidada nas áreas de tratamento de efluentes industriais, para o tratamento de efluentes domésticos, como afirma MOUSAZADEH et al., (2021).

Dentre os eletrodos utilizados, observou-se o predomínio de eletrodos de Alumínio em relação aos eletrodos de Ferro e Aço inox, e espaçamento entre as placas variando de 5mm a 1 mm, com ligação do tipo mono polar paralela e bipolar



paralela. Estas configurações descrevem reatores eletrolíticos potencialmente exitosos na remoção de uma grande variedade de poluentes e sua relativa diminuição de custos, já largamente utilizados na remoção de poluentes industriais específicos como afirmam Bharti, et al., (2023) em seus estudos sobre formas emergentes e aplicações da eletrocoagulação no tratamento de arsênio, micro plástico, e etc.

Considerando a densidade das correntes elétricas aplicadas aos reatores se observou uma faixa de aplicação bastante ampla variando de 1,5mA/cm² aplicado por GOERCK et al., (2021) a 90 mA/cm² aplicado nos estudos de MACÉRAK, et al., (2024). Esta faixa de valores são condizentes com os estudos da literatura para a remoção tanto de matéria orgânica como de poluentes inorgânicos por processos de eletrocoagulação (Hashin, et al, 2019; Rezaie-Balf et al., 2020).

Desempenho na Remoção de Coliformes

Analisando os registros dos artigos da Tabela 01, sobre o desempenho da tecnologia eletrolítica, na remoção de coliformes termotolerantes, se observou uma eficiência média de 99,38% , descrevendo o significativo desempenho da tecnologia na remoção de agentes patogênicos, conduzidos em diversas condições da matriz aquosa efluente doméstico. Percebeu-se o atendimento as legislações de lançamento a descarga de efluentes no quesito coliformes termotolerantes em todos os artigos analisados.

De acordo com os resultados de GOERCK *et al.* (2021), foi utilizado a tecnologia de EC, houve uma redução média de 2,37 log (99,58%) para os coliformes totais e de 2,35 log (99,55%) para a E. coli. Isso resultou em contagens médias finais de $1,75 \times 10^4$ NMP.100 mL⁻¹ e $5,59 \times 10^3$ NMP.100 mL⁻¹. No estudo dirigido por ÖZYONAR, Fuat; KORKMAZ, Mehmet Utku. (2024), obtiveram um efeito do tempo de operação na eficiência de remoção de E. coli. À medida que a quantidade de flocos de hidróxido metálico aumentou durante o tempo de operação da eletrocoagulação (EC), a remoção de E. coli aumentou. A eficiência de remoção de E. coli nos primeiros 15 minutos de operação atingiu 90,6%. Após 20 minutos de operação de EC, a eficiência de remoção de E. coli foi de 97,5%.

SHER et al., (2020), descrevem em seu trabalho que tanto os reatores que utilizavam eletrodos de alumínio como de ferro obtiveram eficiência na remoção de



coliformes superiores a 99%, indicando efeitos de desinfecção significativas em tempos de aplicação de 15 min.

Desempenho na remoção de Turbidez

O desempenho dos reatores eletrolíticos na remoção de turbidez, em todos os artigos analisados atingiram uma média de 89% em um tempo de aplicação da corrente de 15 minutos. Com destaque aos experimentos de MARTINS, (2023) e remoção superior a 95% em um tempo de aplicação da corrente de 10 minutos e utilizando eletrodos de alumínio.

No experimento realizado por MACÉRAK *et al.* (2024), os resultados mostraram que, a aplicação de uma corrente de densidade maiores superiores a 30 mA/cm², se traduziram em nos primeiros 30 minutos de tratamento, após esse tempo a quantidade de coagulantes gerados passaram a elevar o valor da turbidez, sugerindo que essa variável pode ser reduzida de forma rápida, mas se estabiliza após um curto período, dependendo da intensidade da corrente aplicada. Os resultados de Akarsu *et al.*, (2022), descreveram eficiências variando de 82,0% a 75,8% nos tratamentos que empregavam eletrodo de Ferro e ligação Monoplar paralela, e uma eficiência variando de 92,8% a 85,8% nos tratamentos que utilizavam eletrodo de alumínio e ligação bipolar paralela. Resultados semelhantes foram identificados por Neto e Oliveira (2020). Foi observado que o parâmetro de turbidez, inicialmente medido em 10,96 UNT na água bruta, apresentou aumento nos primeiros 6 minutos do experimento. Além disso, constatou-se que a turbidez diminuiu progressivamente ao longo do tempo de experimentação, atingindo o valor mínimo de 3,24 UNT aos 18 minutos e o valor máximo de 15,37 UNT aos 3 minutos de experimento.

Desempenho na remoção de Matéria Orgânica

O desempenho na remoção de matéria orgânica, junto aos experimentos analisados na tabela 01 se apresentaram com uma eficiência média de 82 %, com destaque aos estudos de Ozynar e Korkmaz, (2022) em seus experimentos com eletrodos de alumínio e ligação bipolar paralela alcançando remoções de DQO da ordem de 89 % em um tempo de aplicação da corrente de 30 min.



Segundo GÜERE (2023), a Demanda Química de Oxigênio (DQO) apresenta uma composição complexa devido à presença de contaminantes orgânicos, inorgânicos e microbianos, tornando sua manipulação desafiadora. Sua pesquisa pôde ser observada uma solução com baixa DQO (84 mg/L), durante 60 minutos de eletrooxidação, foi registrada uma remoção de 38,2% da DQO, com uma eficiência de corrente de 0,91%. Por outro lado, no processo de fotoeletrooxidação, a mesma solução alcançou uma remoção de 41,6% da DQO em 60 minutos, com uma eficiência de corrente de 0,99%. Esses contaminantes podem afetar solos e corpos aquáticos, causando contaminação. Entre as diversas abordagens para degradar esses resíduos líquidos, os processos eletroquímicos e térmicos surgem como alternativas promissoras.

Em um estudo realizado por Akarsu *et al.* (2022), foi avaliada a eficácia do tratamento combinado de filtração por membrana e eletrocoagulação no tratamento de águas residuais de produtos cosméticos. Os parâmetros operacionais otimizados foram definidos como pH 4, densidade de corrente de 50 mA m⁻¹ e uma duração de tratamento de 180 minutos para a condutividade elétrica (EC) utilizando eletrodos de aço, com o sistema posteriormente acoplado a um processo de osmose reversa. Sob essas condições, o sistema demonstrou uma eficiência de remoção de DQO de 99,18%, ao mesmo tempo que reduziu a concentração de microplásticos de 1030 partículas L⁻¹ para 80 partículas L⁻¹.

Na aplicação de SHER *et al.* (2020), com a corrente de 3 A, a remoção de DQO foi de 233 a 100 mg/L e com corrente de 4 A a remoção de DQO foi de 250 a 109 mg/L, e usando os eletrodos de alumínio, com a corrente de 1 A, a DQO diminuiu de 121 para 107 mg/L e com a corrente de 2 A, a DQO diminuiu de 105 para 86 mg/L. Ou seja, na utilização dos eletrodos de Fe, foi observada mais de 50% de remoção de DQO, que foi de cerca de 12 a 18% com eletrodos de Al.

Os Estudos realizado por MARTINS (2023), demonstraram vantagens em relação à tratabilidade das variáveis de resposta, alcançando altas taxas de remoção nas condições otimizadas, o efluente examinado no experimento não conseguiu satisfazer os requisitos das normas em vigor. Estes resultados podem ser atribuídos à presença de concentrações significativamente elevadas de poluentes no efluente bruto, as quais excedem os limites regulamentares devido à ausência de um tratamento preliminar na fonte industrial. Isso ressalta a necessidade premente de sistemas de



tratamento eficazes para eliminar os contaminantes presentes nesse tipo de efluente.

Barzegar *et al.* (2019) investigaram a eficácia de um sistema combinado de eletrocoagulação e ozonização para aprimorar o tratamento de águas cinzas. O estudo abordou a influência do tempo de contato, pH, densidade de corrente e dosagem de ozônio. Observou-se remoções de 85% para DQO e 70% para COT após 60 minutos, com pH de 7, densidade de corrente de 15 mA/cm² e dosagem de ozônio de 47,4 mg/L, utilizando eletrodos de ferro. Posteriormente, o sistema foi complementado com uma etapa de irradiação UV, resultando em eficiências de remoção de DQO e COT de 95% e 87%, respectivamente.

Estes resultados indicam que embora a eletrocoagulação seja eficaz na remoção de turbidez, coliformes totais e a demanda química de oxigênio (DQO), a eficácia pode variar significativamente dependendo das condições operacionais, desenho experimental, configuração do eletrodo e tipo de fonte de energia utilizada.

A eletrocoagulação vem emergindo como um dos métodos de tratamento de água mais populares nas últimas décadas, em comparação aos outros sistemas de purificação. Isso ocorre devido à sua acessibilidade em termos de custo e à sua eficácia, tornando-o uma tecnologia que está sendo adotada devido à sua capacidade de remoção eficiente de contaminantes. Contudo, a expansão do uso da EC como método de tratamento de água, faz-se necessário o reconhecimento reconhecer as complexidades que surgem na sua utilização. Um desses desafios corresponde à relação diretamente proporcional entre a presença de matéria orgânica na matéria coletada e ao custo operacional associado. Este custo aumenta de uma forma proporcionalmente com a matéria orgânica, impactando significativo nas operações do tratamento.

Adicionalmente, um dos principais pontos positivos do processo estudado, é a versatilidade e a adaptabilidade com todos os tipos de águas residuais e condições de tratamento. Ela pode ser aplicada em águas residuais, industriais e contaminadas, ademais, a diversidade de mecanismos disponíveis levou ao desenvolvimento de uma vasta variedade de equipamentos de EC, entretanto, muito desses equipamentos foram explorados em estudos laboratoriais, obtendo a necessidade e carência de avaliações em grandes escalas industriais para a validação em condições práticas de aplicação.



Conclusões

Diante do exposto nos resultados e discursões levantados acima, foi possível perceber que os processos realizados pela tecnologia eletrolítica, apresentou potencial no tratamento dos efluentes domésticos em todos os cenários e artigos analisados, atendendo as legislações ambientais de lançamento de efluentes em todos os países onde as pesquisas ocorreram.

Verificou-se que as taxas de eficiência na remoção das variáveis analisadas ocorreram com médias superiores a 99%, 89% e 82 % de coliformes termotolerantes, turbidez e Matéria orgânica respectivamente, abrindo espaço para o aumento da oferta hídrica nas regiões estudadas para o reuso de águas e reinserção dos recursos hídricos nos processos produtivos locais.

Percebeu-se ainda preocupações quanto ao tempo de aplicação da corrente elétrica, o custo do tratamento, eventuais passivos com o lodo, e a transição dos experimentos a nível de bancada para uma escala a nível industrial, como uma preocupação e perspectivas da tecnologia em todos os artigos estudados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Quixadá, e ao Doutor Reinaldo Cavalcante por todo o apoio, incentivo e investimento para o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

AKARSU, Ceyhun et al. **Treatment of wastewater from personal hygiene products for reuse through integrated electrocoagulation and membrane filtration processes.** *Journal of Water Process Engineering*, 2022.

AL-RAAD, Abbas A.; HANAFIAH, Marlia M. **Removal of inorganic pollutants using electrocoagulation technology: A review of emerging applications and mechanisms.** *Revista de gestão ambiental*. 2021.

ALJABERI, Forat Yasir et al. **An electrocoagulation technology be integrated with wastewater treatment systems to improve treatment efficiency?** *Environmental Research*, 2022.



DE QUEIROZ, A. Q. A.; MACIEL, G. S. A.; MELO, B. L.; ALVES, L. B.; CAVALCANTE, R. F. Análise de desempenho do uso de tecnologia eletrolítica no tratamento de efluentes domésticos: Uma revisão sistemática da literatura. *Revista Semiárido De Visu*, V. 12, n. 3, p. 1559-1572, set. 2024. ISSN 2237-1966.

BARZEGAR, Gelavizh; WU, Junxue; GHANBARI, Farshid. **Enhanced treatment of greywater using electrocoagulation/ozonation: investigation of process parameters.** *Process Safety and Environmental Protection*, 2019.

BHARTI, Mukesh; DAS, Pranjal P.; PURKAIT, Mihir K. **A review on the treatment of water and wastewater by electrocoagulation process: Advances and emerging applications.** *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2023.

BOINPALLY, Sriram et al. **A state-of-the-art review of the electrocoagulation technology for wastewater treatment.** *Water Cycle*, 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental -SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011.

CAVALCANTE, Reinaldo Fontes. **Aplicação da tecnologia eletrocoagulação operada por corrente direta pulsada no pré-tratamento de águas eutrofiizadas do sertão central cearense**, 2020.

CHANGMAI, M. et al. **Hybrid electrocoagulation-microfiltration technique for treatment of nanofiltration rejected steel industry effluent.** *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2022.

CHIAVELLI, Henrique Gabriel Rovigatti et al. **Etapas de um sistema de tratamento de efluente e processos convencionais de tratamento: uma revisão de literatura.** In: IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2019.

DE OLIVEIRA CARNEIRO, Marta Camila Mendes et al. **A gestão do saneamento no Brasil e sua relação com a gestão de recursos hídricos.** *INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation*, 2018.

DE SOUSA, Angélica Silva; DE OLIVEIRA, Guilherme Saramago; ALVES, Laís Hilário. **A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos.** *Cadernos da FUCAMP*, v. 20, n. 43, 2021.

DOGGAZ, A. ATTOURA, M.L.P. MOSTEFA, K. CÔME, M. TLILI, F. LAPICQUE, A. **Removal of heavy metals by electrocoagulation from hydrogenocarbonate-containing waters: compared cases of divalent iron and zinc cations.** *Journal of Water Process Engineering*, v.29, p. 100796, 2019.

GOERCK, Janaina et al. **Eletrocoagulação como pós-tratamento do efluente de um wetland construído de escoamento vertical.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2021.

GÜERE, Carlos Dante Gamarra. **Uso de processos eletroquímicos para redução de DQO de mistura de poluentes baseada na composição de fluidos de aterros sanitários.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2023.

HASHIM, Khalid S. et al. **Electrocoagulation as a green technology for phosphate removal from River water.** *Separation and Purification Technology*, 2019.



DE QUEIROZ, A. Q. A.; MACIEL, G. S. A.; MELO, B. L.; ALVES, L. B.; CAVALCANTE, R. F. Análise de desempenho do uso de tecnologia eletrolítica no tratamento de efluentes domésticos: Uma revisão sistemática da literatura. *Revista Semiárido De Visu*, V. 12, n. 3, p. 1559-1572, set. 2024. ISSN 2237-1966.

KS Hashim , R. Al Khaddar , N. Jasim , A. Shaw , D. Phipps , P. Kot ,. **Electrocoagulation as a green technology for phosphate removal from river water. *Separation and Purification Technology*, V. 210 , 2019. Pg 135-144**

LIU, Y. et al. **Study on the treatment of oily wastewater by evaluating the growth process of aggregates in an electrocoagulation reactor. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2024.**

MAĆERAK, Anita Leovac et al. **Electrocoagulation in treatment of municipal wastewater-life cycle impact assessment. *Chemosphere*, v. 355, p. 141701, 2024.**

MARTINS, Renata Welter. **Eletrocoagulação aplicada ao tratamento de águas residuais cosméticas, 2023.**

MOUSSA, D. T. et al. **A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. *Journal of environmental management*, 2017.**

NARIYAN, Elham; SILLANPÄÄ, Mika; WOLKERSDORFER, Christian. **Uranium removal from Pyhäsalmi/Finland mine water by batch electrocoagulation and optimization with the response surface methodology. *Separation and Purification Technology*, 2018.**

NETO, Magalhães; OLIVEIRA, Gerardo. **Eletroflotação, eletrocoagulação e eletro-oxidação aplicada à clarificação de águas urbanas contaminadas, 2020.**

ÖZYONAR, Fuat; KORKMAZ, Mehmet Utku. **Sequential use of the electrocoagulation-electrooxidation processes for domestic wastewater treatment. *Chemosphere*, v. 290, p. 133172, 2022.**

PAPADOPOULOS, Konstantinos P. et al. **Treatment of printing ink wastewater using electrocoagulation. *Journal of environmental management*, 2019.**

REZAIE-BALF, Mohammad et al. **Physicochemical parameters data assimilation for efficient improvement of water quality index prediction: Comparative assessment of a noise suppression hybridization approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 271, p. 122576, 2020.**

SHER, Farooq et al. **Implications of advanced wastewater treatment: Electrocoagulation and electroflocculation of effluent discharged from a wastewater treatment plant. *Journal of Water Process Engineering*, 2020.**

VIEIRA, Maurrem Ramon. **Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. Agência Nacional das Águas-ANA-2015, 2019.**