

AVALIAÇÃO DO TEMPO DE ELETROCOAGULAÇÃO E DA DISTÂNCIA ENTRE ELETRODOS NA EFICIÊNCIA DE REDUÇÃO DE SURFACTANTES ANIÔNICOS DE EFLUENTE DE POSTOS DE LAVAGEM VEICULAR

Marcelo Guerreiro Crizel, UNOCHAPECÓ - marcelo.crizel@unochapeco.edu.br

Tiago Marquardt Barreto, UNOCHAPECÓ - tiagomb2112@gmail.com

Jéssica Dalla Cort, UNOCHAPECÓ - dc.jessica@unochapeco.edu.br

Dr. Márcio Antônio Fiori, UTFPR - fiori@unochapeco.edu.br

Dr Gustavo Lopes Colpani, UNOCHAPECÓ - g_colpani@unochapeco.edu.br

Dra Josiane Maria Muneron De Mello, UNOCHAPECÓ - josimello@unochapeco.edu.br

RESUMO

A descarga de efluentes contendo detergentes residuais em corpos d'água, impacta negativamente a reoxigenação dos ambientes aquáticos. Uma das fontes de geração destes efluentes são os postos de lavagem veicular (EPLV), o quais podem conter quantidades de surfactantes utilizados nos detergentes e que causam a poluição dos corpos hídricos. Nesse sentido torna-se importante a implementação de estratégias tecnológicas que realizem o tratamento adequado destes efluentes lançando-os de forma adequada no meio ambiente. O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência do processo de eletrocoagulação na redução de surfactantes de EPLV, variando a distância entre eletrodos (3,0 e 5,0 cm) e o tempo de processo. O estudo mostrou que a maior redução de MBAS e que permitiu o atendimento da legislação foi obtida utilizando a distância de 3,0 cm para tempos entre 270 e 330 min.

Palavras-chave: Eletroquímica; Eletrofloculação; MBAS; Poluição Ambiental; Tratamento de Efluentes

INTRODUÇÃO

A escassez de água em nível mundial tem sido cada vez mais preocupante e alternativas de tratamento e reuso deste recurso tem se tornado objeto de pesquisas buscando adequar os parâmetros de lançamento perante órgãos ambientais (Uçar, 2017; Emamjomeh et al., 2019; Ghaly et al., 2021). Diversos segmentos industriais demandam de uma grande quantidade de água e conseqüentemente geram elevados volumes de efluentes, e a preocupação está nos efluentes que são descartados indiscriminadamente no meio ambiente sem o devido tratamento. Dentre os efluentes pode-se citar os efluentes gerados em estabelecimentos que realizam a

lavagem de veículos. Após cada veículo lavado, uma considerável quantidade de água limpa é transformada em água poluída (Monney et al. 2020).

A descarga de efluentes contendo detergentes residuais em corpos d'água, promove a formação de espumas que suprimem os níveis de oxigênio da água, o que impacta negativamente a reoxigenação destes corpos receptores. Por consequência disso, ocorre a inibição do crescimento e sobrevivência de plantas comuns a estes locais e também de animais que ali habitam (Yuan et al. 2014; Hashim et al. 2016; Effendi et al. 2017).

Um dos compostos comumente encontrados nesse tipo de efluente são as substâncias ativas em azul de metileno (MBAS), conhecidas por surfactantes aniônicos que fazem parte da composição de produtos desengraxantes e desengordurantes utilizados nos postos de lavagem veicular (Danha et al. 2014; Anyinkeng et al. 2016). A presença dessas substâncias tem sido relatada por diversos autores na faixa de concentração entre 1,0 e 353,0 mg L⁻¹ (Gönder et al. 2017b; Silva et al. 2017; Gönder et al. 2019; Emamjomeh et al. 2019; Sarmadi et al. 2020; Emamjomeh et al. 2020; Tekere et al. 2016; Dadebo et al. 2022). No Brasil, não existe em vigor, até o momento, nenhuma lei federal que regre o parâmetro de lançamento de surfactantes (MBAS), mas no estado de Santa Catarina (SC) existe a Resolução 181/2021 que limita no máximo 2,0 mg L⁻¹ para o lançamento direto ou indireto em corpos de água.

Avaliando sob a ótica do potencial poluidor dos EPLV para o meio ambiente, e observando os aspectos legais devido às legislações ambientais que controlam e orientam sobre o tratamento, condicionamento e lançamento de efluentes, tem se tornado importante a implementação de estratégias tecnológicas que contribuam no estímulo ao tratamento de EPLV e venham a convergir na remoção de seu potencial poluidor, possibilitando a reutilização dos efluentes no mesmo local da lavagem (Etchepare et al. 2015; Ganiyu et al. 2018).

Nesse sentido, tecnologias como a eletrocoagulação (EC) e eletrofloculação (EF) tem sido utilizadas no tratamento de efluentes de diferentes matrizes industriais. Nesse processo, um par ou conjunto de eletrodos, geralmente de alumínio (Al) ou ferro (Fe) são empregados. Com o auxílio de uma fonte de energia, aplica-se um potencial elétrico e a diferença de potencial gerada (ddp) promove a oxidação do material anódico, liberando íons de Al³⁺ ou Fe²⁺/Fe³⁺ em solução, ocorrendo a neutralização de cargas de superfície, enquanto no cátodo ocorre a redução da H₂O em radical H⁺ e OH⁻ e estes íons metálicos formam compostos hidroxipoliméricos que interagem com os poluentes em solução, formando flocos que flutam

para a superfície da solução com o auxílio das bolhas de hidrogênio que emergem as superfície do cátodo metálico (An et al., 2017; Mousazadeh et al. 2021).

O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência do processo de eletrocoagulação utilizando eletrodos de Al para a redução da concentração de MBAS de um EPLV. Os parâmetros do processo avaliados foram a distância entre os eletrodos (DE) e o tempo de EC.

METODOLOGIA

Nos experimentos o pH foi ajustado com H_2SO_4 95% (Vetec) ou NaOH 99% (Dinâmica) nas concentrações 1,0 M. As análises da concentração de MBAS foram realizadas com o uso de 3,0 mL de CHCl_3 99,8% (Synth), 200 μL de solução lavadora ($50,0 \text{ mg L}^{-1}$) preparado a partir do sal $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 99% (Merck) e 750 μL de indicador azul de metileno ($30,0 \text{ mg L}^{-1}$), preparado a partir do sal $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 97% (Dinâmica) misturado com H_2SO_4 6,0 N (Vetec). O ajuste da condutividade elétrica inicial foi realizado com NaCl 99% (Dinâmica) 1,0 M. Para a pesagem e preparo dos reagentes, uma balança analítica (Shimadzu, modelo AY 220) foi utilizada, além de um pHmetro (Hanna, modelo pH 21) e um condutivímetro de bancada (Quimis, modelo Q796A2). Os experimentos de EC/EF, foram realizados em um potenciostato/galvanostato Metrohn Autolab PGSTAT204 (Holanda).

O EPLV foi coletado em um posto de lavagem veicular de Chapecó/SC e os experimentos de EC/EF foram realizados em triplicata utilizando reator contendo 1,6 L do efluente contendo um par de eletrodos de Al de área útil de $30,0 \text{ cm}^2$. O pH do EPLV bruto foi de 7,8 e a concentração de MBAS medida segundo o método 5540C Standard Methods 22a edição de 2012, variou entre $33,0 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$ e $35,3 \pm 1,0 \text{ mg L}^{-1}$. Ajustou-se o pH inicial das amostras brutas para 5,5 e a condutividade elétrica com (NaCl) 1,0 M. A DE foi de 3,0 ou 5,0 cm e aplicou-se o potencial elétrico de 10,0 V.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta o efluente bruto (reator) e tratado (béqueres – não filtrado), onde ficou nítida a clarificação e conseqüentemente a redução da concentração de outros parâmetros como por exemplo cor e turbidez para as DEs iguais a 3,0 e 5,0 cm. Observando o visual do EPLV, percebe-se que partículas pequenas de poluentes, dispersas na solução e logo após os

primeiros 15-30 min, começaram a se agregar e aglomerar, formando flocos conforme as cargas das partículas em suspensão cargas foi ocorrendo.



Figura 1. Aspecto do efluente antes e ao final do processo de EC/EF empregado no tratamento do EPLV com DE igual a 3 e 5 cm

A Figura 2 ilustra o perfil cinético da concentração de MBAS ao longo do processo, para as DE igual a 3,0 e 5,0 cm. Conforme pode-se observar, o tempo mostrou ser um parâmetro que influencia de forma significativa no processo de EC, bem como a DE para a área (A) igual a 30,0 cm².

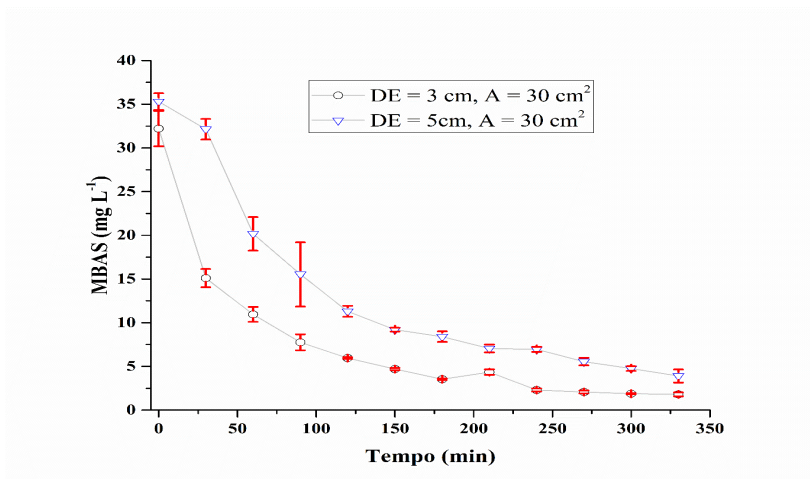


Figura 2 – Perfil de cconcentração de MBAS no EPLV bruto e durante o processo de EC empregando DE igual a 3 e 5 cm

O estudo da EC utilizando um potencial elétrico de 10,0 V variando a DE e o tempo de processo para a área de eletrodo de 30,0 cm² demonstrou que o tratamento proporcionou reduções significativas na concentração do contaminante MBAS. Empregando a maior DE (5,0 cm) a redução da concentração de MBAS no EPLV foi de 84% e 89% nos tempos de processo

de 270 e 330 min, respectivamente. Enquanto para a DE igual a 3,0 cm a redução máxima na concentração de MBAS variou entre 93% e 95% neste mesmo intervalo de tempo.

Os resultados experimentais demonstram que, menores valores de DE promovem maior redução de MBAS, conforme apresentado na Figura 2. Essa taxa de remoção, após 240 min de processo, para a DE igual a 3,0 cm tendeu a zero, visto que a concentração permaneceu praticamente constante. Isso se deve possivelmente a uma menor disponibilidade das espécies contaminantes em solução para formar flocos e serem removidas do EPLV pelo processo EC. Desse modo confirma-se que quanto maior a DE, maior será tempo de EC necessário para se obter eficiência igual ou semelhante a obtida empregando distâncias menores. Essas observações vão ao encontro do que foi relatado em estudos realizados com efluentes industriais de fontes diversas, como os estudos realizados por Verma (2017), Hafez et al. (2018), Gönder et al. (2017;2019), Priya et al., (2019), Anuf et al. (2022). Assim, foi possível atingir o limite da Resolução 181/2021 do CONSEMA/SC somente para os experimentos cuja DE foi de 3,0 cm e a partir de 270 min de EC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que o emprego de EC/EF foi eficiente para a redução da concentração de MBAS. Concentrações entre 1,8 e 2,1 mg L⁻¹ foram obtidas após a EC com DE igual a 3,0 cm, valores estes que atendem o limite requerido pela resolução 181/2021 do CONSEMA/SC. Constatou-se que a DE é um parâmetro que tem efeito sobre a redução dos contaminantes do efluente e, portanto, deve ser um fator de estudo que junto com o tempo do processo de EC sempre deve ser considerado nos planejamentos prévios de experimentos de EC/EF.

REFERÊNCIAS

AN, Chunjiang. *et al.* Emerging usage of electrocoagulation technology for oil removal from wastewater: A review. *Science of The Total Environment*, v. 579, p. 537–556, fev. 2017.

ANUF, Alexander Ronaldo *et al.* Optimization of electrocoagulation process for treatment of rice mill effluent using response surface methodology. *Journal of Water Process Engineering*, v. 49, p. 103074, 1 out. 2022.

ANYINKENG, Neculina *et al.* Phytoplankton diversity and abundance in water bodies as affected by anthropogenic activities within the Buea municipality, Cameroon. *Journal of Ecology and The Natural Environment*, v. 8, n. 7, p. 99–114, 31 jul. 2016.

DADEBO, Derrick. *et al.* Transition towards Sustainable Carwash Wastewater Management: Trends and Enabling Technologies at Global Scale. *Sustainability*, v. 14, n. 9, p. 1–19, 2022.
DANHA, Concilia. *et al.* Potential Impact of Wash Bay Effluent on the Water Quality of a Subtropical River. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 06, n. 11, p. 1045–1050, 2014.

EFFENDI, Irwan. *et al.* Detergent Disposal into Our Environment and Its Impact on Marine Microbes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 97, p. 012030, dez. 2017.

EMAMJOMEH, Mohammad Mahdi *et al.* Carwash wastewater treatment by the application of an environmentally friendly hybrid system: an experimental design approach. *Desalination and Water Treatment*, p. 7, 2019.

EMAMJOMEH, Mohammad Mahdi. *et al.* Simultaneous removal of phenol and linear alkylbenzene sulfonate from automotive service station wastewater: Optimization of coupled electrochemical and physical processes. *Separation Science and Technology*, v. 55, n. 17, p. 3184–3194, 21 nov. 2020.

ETCHEPARE, Ramiro. *et al.* Application of flocculation–flotation followed by ozonation in vehicle wash wastewater treatment/disinfection and water reclamation. *Desalination and Water Treatment*, v. 56, n. 7, p. 1728–1736, 13 nov. 2015.

GANIYU, Soliu Oladejo *et al.* Electrochemical advanced oxidation processes (EAOPs) as alternative treatment techniques for carwash wastewater reclamation. *Chemosphere*, v. 211, p. 998–1006, nov. 2018.

GHALY, Abdel *et al.* Water Use, Wastewater Characteristics, Best Management Practices and Reclaimed Water Criteria in the Carwash Industry: A Review. v. 20, p. 240–261, 2 abr. 2021.

GÖNDER, Zeren Beril *et al.* Electrochemical treatment of carwash wastewater using Fe and Al electrode: Techno-economic analysis and sludge characterization. *Journal of Environmental Management*, v. 200, p. 380–390, set. 2017.

GÖNDER, Zeren Beril *et al.* Treatment of carwash wastewater by electrocoagulation using Ti electrode: optimization of the operating parameters. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 16, n. 12, p. 8041–8052, dez. 2019.

HAFEZ, Omar *et al.* Removal of scale forming species from cooling tower blowdown water by electrocoagulation using different electrodes. *Chemical Engineering Research and Design*, v. 136, p. 347–357, 1 ago. 2018.

HASHIM, Nor Haslina; ZAYADI, Nadzirah. Pollutants Characterization of Car Wash Wastewater. *MATEC Web of Conferences*, v. 47, p. 05008, 2016.

MONNEY, Isaac. Clean vehicles, polluted waters: empirical estimates of water consumption and pollution loads of the carwash industry. p. 9, 2020.

MOUSAZADEH, Milad *et al.* A critical review of state-of-the-art electrocoagulation technique applied to COD-rich industrial wastewaters. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 32, p. 43143–43172, 1 ago. 2021.

PRIYA, Muthu; JEYANTHI, Jeyadharmarajan. Removal of COD, oil and grease from automobile wash water effluent using T electrocoagulation technique. *Microchemical Journal*, p. 8, 2019.

SARMADI, Mohammad *et al.* Efficient technologies for carwash wastewater treatment: a systematic review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 28, p. 34823–34839, 1 out. 2020.

SILVA, Angelita Aparecida Ribeiro *et al.* Otimização dos parâmetros operacionais de eletrocoagulação aplicada à recuperação de efluentes de lavagem de veículos. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 22, n. 1, p. 179–186, fev. 2017.

TEKERE, Memory; SIBANDA, Timothy.; MAPHANGWA, Khumbudzo Walter An assessment of the physicochemical properties and toxicity potential of carwash effluents from professional carwash outlets in Gauteng Province, South Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 12, p. 11876–11884, 1 jun. 2016.

UÇAR, Deniz. Membrane processes for the reuse of car washing wastewater. *Journal of Water Reuse and Desalination*, v. 8, n. 2, p. 169–175, 26 out. 2017.

VERMA, Akshaya Kumar. Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation employing Fe-Al composite electrode. *Journal of Water Process Engineering*, v. 20, p. 168–172, dez. 2017.
YUAN, Chia-liu Luke. *et al.* Study on characteristics and harm of surfactants. v. 6, n. 7, p. 5, 2014.