

Tratamento de efluente por processo de eletrocoagulação utilizando eletrodos de alumínio

Effluent treatment by electrocoagulation process using aluminum electrodes

RESUMO

Milton Manzoni Junior
m.manzonijr@gmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Campo
Mourão, Paraná, Brasil

Natalia Tieko Yamaguti Toldo
nataliatieko@gmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Campo
Mourão, Paraná, Brasil

Paula Cristina de Souza
paulacsouza@uol.com.br
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Campo
Mourão, Paraná, Brasil

O presente trabalho tem como objetivo realizar e verificar o tratamento por eletrocoagulação, realizando a leitura de cor aparente e da turbidez sobre a água bruta em tempos de 15 minutos, 30 minutos e 45 minutos. Além dos tempos fixados, a densidade da corrente elétrica foi de 5 amperes, as placas para ocorrer o processo eletroquímico foram de íon alumínio e o pH inicial da água bruta foi adequado para o valor de 6. Com a realização da adequação e posterior tratamento, foi feito o cálculo de eficiência percentual de remoção dos parâmetros em análise com os seus respectivos desvios padrões. Tendo realizado o método experimental, constatou-se que nos tempos de 30 minutos e de 45 minutos a cor aparente e a turbidez apresentaram uma eficiência em torno de 100%.

PALAVRAS-CHAVE: Água bruta. Cor aparente. Turbidez.

ABSTRACT

The present work aims to perform and verify treatment by electrocoagulation, performing the reading of the apparent color and turbidity on the raw water at times of 15 minutes, 30 minutes and 45 minutes. In addition to the fixed times, the density of the electric current was 5 amps, the plates to occur the electrochemical process were aluminum ion and the initial pH of the raw water was adequate for the value of 6. With the realization of adequacy and subsequent treatment, the percentage efficiency calculation of the removal of the parameters under analysis was made with their respective standard deviations. Having performed the experimental method, it was found that in the times of 30 minutes and 45 minutes apparent color and turbidity presented an efficiency of around 100%.

KEYWORDS: Raw water. Apparent color. Turbidity.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A escassez de água se encontra como um dos principais desafios estabelecidos para o futuro da humanidade. A demanda de recursos hídricos, ligada diretamente à qualidade desses, sofre crescimento contínuo devido ao desenvolvimento urbano. Esse aumento, por sua vez, vai de encontro com o fato de que esses recursos são limitados, já que estes sofrem constantes degradações à custa dos impactos produzidos pela poluição, excesso de captação e a negligência do problema.

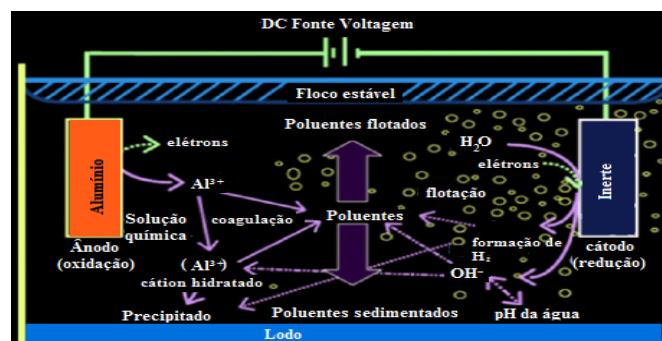
Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), cada pessoa carece de 100 litros de água por dia para atender às demandas necessárias de consumo e higiene. No Brasil, esse consumo pode chegar, em média, a 154 litros de água todos os dias de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2018). Contudo, a ONU estima que um bilhão de pessoas no mundo careça a um abastecimento de água suficiente.

O Brasil não se desvia do cenário mundial. Apesar da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) assegurar, por meio do art. 2 da Lei nº 9433 de 1997, à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados de uso, SNIS (2018) declarou que cerca de 83,6% da população total é atendida pela rede de distribuição desse recurso.

À vista disso, o primeiro passo em direção a um abastecimento de água suficiente é um sistema saneante eficaz e de qualidade. Atualmente, encontram-se diversos processos a serem utilizados nos tratamentos de águas. Nesse âmbito, a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, em seu art. 3º, exige tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável para o tratamento dos efluentes. Por isso, o interesse em torno da utilização da eletrocoagulação como técnica para o tratamento de efluentes vem ocorrendo, pois esse processo traz vantagens, já que apresenta desinfecção mais efetiva, sua instalação, operacionalização e equipamentos são mais simples conforme afirma Nawarkar e Salkar (2019, p. 222-223) além ser mais eco-friendly.

A eletrocoagulação surge como um processo eletroquímico de tratamento de água e de efluentes. É um método que envolve a geração de coagulantes a partir da oxidação de placas metálicas por meio da aplicação de corrente elétrica a esses eletrodos. Os íons liberados reagem com os poluentes, permitindo o início de reações de coagulação, flotação, sedimentação e formação de gases, conforme explica e ilustra Hakizimana *et al.* (2017, p. 3) na Figura 1.

Figura 1 – Interações em decorrência da eletrocoagulação



Fonte: Adaptado de Hakizimana *et al.* (2017).

O processo de eletrofloculação apresenta aspectos positivos de operação, custos, vantagens quanto à utilização de áreas relativamente pequenas e os resíduos gerados são de fácil destinação e pouco impactantes ao meio natural, uma vez que os gases gerados são, em maioria, hidrogênio, oxigênio e cloro. Portanto, o presente trabalho terá como finalidade apresentar análises sobre a eficiência que o tratamento por eletrocoagulação terá sobre a água bruta. Para isso, será averiguada a remoção de cor e de turbidez por meio do uso de placas de íon alumínio.

MATERIAIS E MÉTODOS

O método experimental deste trabalho foi realizado dentro das dependências da Universidade Tecnológica Federal, Campus Campo Mourão, sendo utilizado o Laboratório de Mecânica dos Fluidos e o Laboratório de Saneamento do Núcleo de Pesquisas de Engenharia Ambiental.

A matéria-prima utilizada para as análises foi a água bruta, cedida pela Companhia de Saneamento do Paraná. Todo o material obtido foi armazenado e transportado em embalagens plásticas de 5 litros até a instituição de ensino.

Seguindo a determinação aplicada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017), as embalagens foram armazenadas em temperatura em torno de 4°C e os parâmetros de cor aparente e turbidez foram feitas em duplicatas.

Com relação aos aparelhos de leitura pode-se dizer que foram utilizados o medidor de condutividade elétrica de bancada e o pHmetro (para adequação da água bruta) e o colorímetro e o turbidímetro (para leitura do bruto e do tratado).

Para dar início ao experimento é feito a regulagem de pH (pH = 6) com o uso de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e de hidróxido de sódio (NaOH) e da condutividade elétrica com o cloreto de sódio (NaCl) em 4 litros de água bruta. Com a água presente no reator é empregado um reator da marca FISATON, modelo 711, cod.450-1, 230V.

Inseriu-se, posteriormente, um conjunto de seis placas de alumínio (10 cm de altura x 19,5 cm de largura x 0,3 cm de espessura), separadas entre si por uma distância de 10 mm e interligados, em paralelo, com uma corrente contínua de 5 amperes.

Para os ensaios foram determinados três tempos, sendo eles de 15 minutos, 30 minutos e 45 minutos a fim de determinar a eficiência percentual de remoção (R) dos parâmetros analisados. Para o cálculo foi utilizada a Eq. (1).

$$R = \left(\frac{C_B - C_T}{C_B} \right) \times (100) \quad (1)$$

Em que C_B corresponde à concentração da água bruta e C_T à água tratada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de promover as análises, a Tabela 1 representa os valores médios da água bruta com os seus respectivos desvios padrões dos parâmetros de cor aparente e de turbidez.

Tabela 1 – Valores médios da água bruta

Tempo de ensaio (minutos)	Ensaio	
	Cor (PCU)	Turbidez (NTU)
15	140 (+/- 0,00)	16,9 (+/- 1,30)
30	140 (+/- 0,00)	10,35 (+/- 1,35)
45	140 (+/- 0,00)	10,45 (+/- 0,24)

Fonte: A autoria própria (2020).

Já se fazendo uma primeira análise sobre os resultados dos parâmetros, pode-se notar que os valores estão superiores ao que se pede na Portaria da Consolidação nº 5 de 2017, em que se pede que a água para consumo não ultrapasse 15 PCU e 5 NTU, logo vê-se a necessidade de tratamento.

Com a realização experimental, foram obtidos os valores de cor aparente e de turbidez da água pós-tratamento, sendo os valores colocados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios da água tratada

Tempo de ensaio (minutos)	Ensaio	
	Cor (PCU)	Turbidez (NTU)
15	5 (+/- 5,00)	6,5 (+/- 0,70)
30	0 (+/- 0,00)	0,1 (+/- 0,04)
45	0 (+/- 0,00)	0,12 (+/- 0,02)

Fonte: A autoria própria (2020).

Com todos os valores obtidos de pré e pós-tratamento, pode-se realizar o cálculo de eficiência percentual de remoção, tendo os valores expostos na Tabela 3.

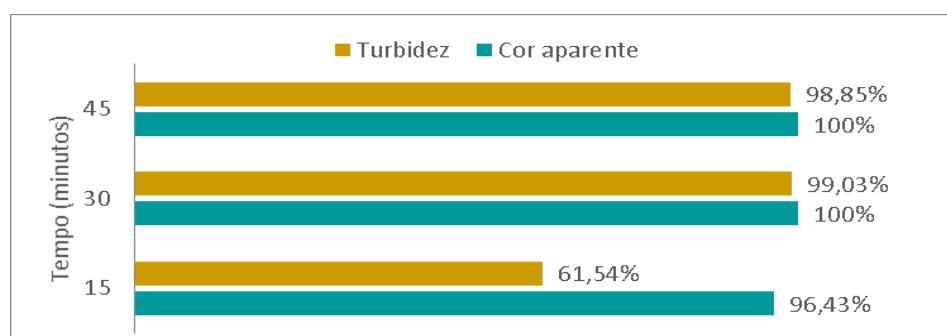
Tabela 3 – Eficiência percentual de remoção

Tempo de ensaio (minutos)	Percentual de remoção	
	Cor	Turbidez
15	96,43 (+/- 3,57)	61,54 (+/- 1,19)
30	100 (+/- 0,00)	99,03 (+/- 0,52)
45	100 (+/- 0,00)	98,85 (+/- 0,16)

Fonte: A autoria própria (2020).

Para uma melhor comparação entre os tempos de experimento, o Gráfico 1 apresenta a eficiência de remoção dos parâmetros analisados.

Gráfico 1 – Percentual de remoção em relação ao tempo



Fonte: A autoria própria (2020).

O melhor resultado de eficiência de remoção de poluentes usando eletrodos de alumínio foi cor aparente em 100% e turbidez em 99,03% nas condições estabelecidas de intensidade de corrente de 5 amperes, tempo de 30 minutos, distância entre eletrodos de 10mm e pH inicial 6.

Nessas mesmas condições experimentais, as análises realizadas com tempo de eletrólise de 45 minutos, também mostram reduções elevadas dos poluentes da água com cor aparente em 100% e turbidez em 98,85%.

Por outro lado, no resultado obtido no tempo de 15 minutos, apresentou valores de 96,43% para cor aparente e 61,54% para turbidez, sendo a de menor eficiência em relação aos outros tempos de ensaio.

CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos pelo processo de eletrocoagulação, pode-se notar que apresenta ótimos resultados na remoção de poluentes dos parâmetros de cor aparente e turbidez, nos tempos de 30 minutos e 45 minutos, do que se aceita pela resolução dada pela Portaria de Consolidação nº 5 de 2017.

Do resultado obtido no ensaio de 15 minutos pode-se considerar que a baixa eficiência, levando-se em consideração os outros tempos, pode ser em decorrência do baixo tempo de operacionalização. Essa suposição é levantada, pois nesse período não houve a oxidação necessária para haver as reações e formarem os corpos flutuantes e sedimentados.

AGRADECIMENTOS

Eu, Milton, agradeço a Fundação de Apoio a Educação, Pesquisa e Desenvolvimento Científico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela bolsa dada a mim. Agradeço a instituição em si e a professora Paula pelo trabalho desenvolvido e, também, a minha parceira Natalia por estar presente na elaboração do trabalho.

REFERÊNCIAS

APHA - American Public Health Association. AWWA - American Water Works Association. WEF Water Environmental Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. APHA/AWWA/WEF: Washington, 2017.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 29 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5 DE 28 DE SETEMBRO DE 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5->

[Portaria-de-Consolida---o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf](#). Acesso em: 29 ago. 2020.

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **Resolução nº 430 de 13 de Maio de 2011**. Brasil: 2011. Disponível em:
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> . Acesso em: 29 ago. 2020.

HAKIZIMANA, J. N.; GOURICH, B.; CHAFI, M.; STIRIBA, Y.; VIAL, C.; DROGUI, P.; NAJA, J. **Electrocoagulation Process in Water Treatment: A Review of electrocoagulation modeling approaches**. Elsevier, fev. 2017, V.404, Desalination, p. 3-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916416315971?via%3Dihub>. Acesso em: 29 ago. 2020.

NAWARKAR, C. J.; SALKAR, V. D. Solar Powered Electrocoagulation System for Municipal Wasterwater Treatment. Elsevier, fev. 2019, V.237, Fuel, p. 223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.09.140>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236118316879>. Acesso em: 29 ago. 2020.

ONU. **O Direito Humano à Água e Saneamento**. Water for Life Decade, p. 8, 2014. Disponível em:
https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf. Acesso em: 29 ago. 2020.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO. **Atendimento com rede Água**. 2018. Disponível em:
<http://www.snis.gov.br/painelinformacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento>. Acesso em: 29 ago. 2020.