



## Redução de turbidez, cor e condutividade elétrica por meio da otimização do processo de eletrocoagulação

**Janaina Goerck<sup>1</sup>, Letícia Flores Portela<sup>2</sup>, Delmira Beatriz Wolff<sup>3</sup>, Milena Caroline Tisoco<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria (janainagoerck@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria (leticiafloresportela@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria (delmirawolff@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Maria (milena-ct@hotmail.com)

### Resumo

O tratamento de águas residuais é imprescindível para preservação do meio ambiente e principalmente dos recursos hídricos. A medida que a população mundial cresce e as fontes de água doce estão poluídas, a demanda por novas tecnologias de tratamento aumenta. Uma técnica promissora é a eletrocoagulação, uma tecnologia oriunda de processos eletroquímicos. A eletrocoagulação (EC) é a geração de coagulante *in situ* a fim de reduzir os poluentes dos efluentes. Este estudo investigou o potencial de redução de turbidez, cor e condutividade elétrica por eletrocoagulação de esgoto doméstico tratado previamente anaerobicamente. Para realização do mesmo, utilizou-se recipiente cilíndrico de vidro, um par de eletrodos de alumínio e um agitador magnético. Ao total foram aplicados quinze tratamentos sendo estes 6,94 mA.cm<sup>-2</sup> em 10, 15, 20, 25 e 30min; 9,26 mA.cm<sup>-2</sup> em 10, 15, 20, 25 e 30min; 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> em 10, 15, 20, 25 e 30min. A menor concentração de turbidez encontrada foi de 6,32 NTU em 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min, a de cor foi de 41,40 uC em 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min e a de condutividade elétrica foi de 539,80 µS·cm<sup>-1</sup> em 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 30 min. Logo, o melhor tratamento foi de 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min.

Palavras-chave: Eletrocoagulação. Esgoto Doméstico. Tratamento.

Área Temática: Águas Residuárias

## Reduction of turbidity, color and electrical conductivity by optimization of the electrocoagulation process

### Abstract

*Wastewater treatment is essential in order to keep the environment preservation, especially water resources. As the world's population grows and freshwater sources are polluted, the demand for new treatment technologies increase. One promising technique is the electrocoagulation, a technology from electrochemical processes. The electrocoagulation (EC) is the *in situ* coagulant generation in order to reduce the effluents pollutants. This study analyzed the turbidity, color, and electrical conductivity potential reduction by electrocoagulation of a wastewater previously treated anaerobically. A cylindrical glass vessel, a pair of aluminum electrodes and a magnetic stirrer were used to perform the same. A total of fifteen treatments were applied which are 6.94 mA.cm<sup>-2</sup> in 10, 15, 20, 25 and 30min; 9.26 mA.cm<sup>-2</sup> in 10, 15, 20, 25 and 30min; 15.6 mA.cm<sup>-2</sup> in 10, 15, 20, 25 and 30min. The lowest turbidity concentration found was 6.32 NTU in 15.6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min, the color was 41.40 uC in 15.6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min, and for electrical conductivity was 539.80 µS·cm<sup>-1</sup> in 15.6 mA.cm<sup>-2</sup> x 30 min. Therefore, the best treatment was 15.6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min.*



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

*Key words: Electrocoagulation. Domestic Sewage. Treatment.*

*Theme Area: Wastewater*

### 1 Introdução

O saneamento básico, considerado como conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais, é um direito de todos os cidadãos brasileiros. Ele abrange o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo de água pluviais (BRASIL, 2007). Além de garantir qualidade de vida e saúde pública, ele também é fator indispensável para o controle da poluição hídrica interligando gestão de recursos hídricos e saneamento. Dados estatísticos ilustram a carência na coleta e tratamento de esgoto doméstico no país e embora o tratamento convencional seja suficiente para alguns municípios, a maior parte da população brasileira está em centros urbanos que demandam solução complementar ou solução conjunta para resolver o problema de esgotamento sanitário (ANA, 2017).

Os tipos de tratamentos mais utilizados são o físico, biológico e o químico, porém durante os últimos anos, o setor ambiental está apresentando interesse no tratamento de diferentes tipos de efluentes pela eletrocoagulação (EC) (KUOKKANEN et al., 2013).

A EC pode ser resumida como a combinação de mecanismos eletroquímicos, coagulação e flotação. Simplificadamente, o reator de eletrocoagulação é constituído por uma célula eletrolítica com eletrodos metálicos conectados a uma fonte de energia. Neste processo ocorre a geração do coagulante *in situ* pela oxidação do ânodo e a remoção dos poluentes dá-se por coagulação, agregação e flotação ou sedimentação. Segundo Mollah et al. (2004), reações eletroquímicas que ocorrem nos eletrodos de metal (M) podem ser resumidas de acordo com as equações 1, 2, 3 e 4:

No ânodo:



No cátodo:



Os eletrodos mais utilizados são o alumínio e o ferro e podem ser arranjados na configuração monopolar ou bipolar. Sua maior aplicação está no tratamento de efluentes industriais mas há um interesse da utilização do mesmo para tratamento de efluentes domésticos (MOUSSA et al., 2017).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a redução de turbidez, condutividade e cor pelo processo de EC em diferentes condições operacionais em um efluente doméstico tratado anaerobicamente a fim de verificar o comportamento deste efluente e subsidiar estudos futuros.

### 2 Metodologia

O efluente doméstico utilizado foi coletado em um tanque séptico em quantidade suficiente para realização dos testes sendo classificada como amostragem simples. Em seguida, realizou-se a caracterização do esgoto no Laboratório de Engenharia e Meio Ambiente – LEMA na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Os parâmetros analisados foram turbidez, cor e condutividade elétrica (CE).



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Para a realização dos testes, utilizou-se uma célula de EC constituída por:

- Reator cilíndrico de vidro (16 x 10 cm) com volume útil de 1L;
- Um par de eletrodos de alumínio (01 ânodo e 01 cátodo);
- Fonte de corrente contínua com alcance de 0 - 2,5 A e 0 – 30 V;
- Agitador magnético.

Os testes foram realizados em três densidades de corrente diferentes - 6,94 mA.cm<sup>-2</sup>, 9,26 mA.cm<sup>-2</sup> e 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> - em 5 tempos - 10, 15 ,20, 25 e 30 min. Cada densidade de corrente x tempo testado, configurou um teste (tratamento). A tabela 1 resume as combinações:

Tabela 1 – Tratamentos e os respectivos valores de corrente x tempo aplicados

Tratamento	Densidade de corrente (mA.cm <sup>-2</sup> )	Tempo (min)
1	6,94	10
2	6,94	15
3	6,94	20
4	6,94	25
5	6,94	30
6	9,26	10
7	9,26	15
8	9,26	20
9	9,26	25
10	9,26	30
11	15,6	10
12	15,6	15
13	15,6	20
14	15,6	25
15	15,6	30

Fonte: Autoras.

A distância entre os eletrodos foi mantida em 1 cm. Durante cada teste, a agitação foi constante durante o tempo de tratamento. Finalizado este, o agitador era desligado e as amostras ficaram em repouso durante 5 min antes de serem coletadas a fim de cessar o processo. Em seguida, as amostras foram coletadas e os parâmetros analisados.

### 3 Resultados e Discussão

O esgoto doméstico tratado previamente anaerobicamente utilizado nos testes de EC apresentava concentrações de turbidez, CE e cor conforme tabela 2:

Tabela 2 – Valores de turbidez, CE e cor no efluente antes do tratamento

Parâmetro	Valor
Turbidez (NTU)	74,40
Conduvidade Elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	840,20
Cor (uC)	500

Fonte: Autoras.

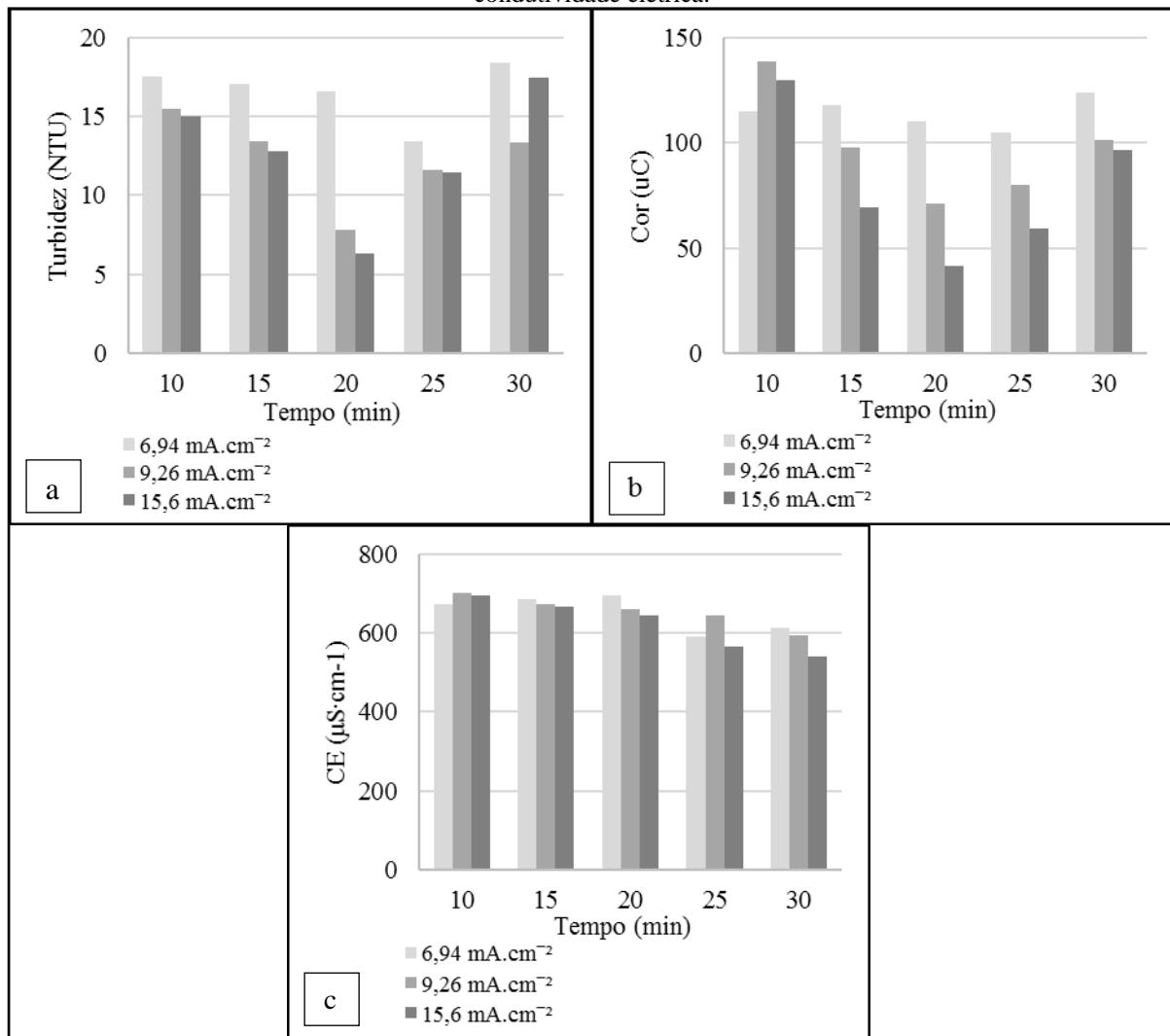
As concentrações de turbidez, CE e cor no efluente após a EC para os diferentes testes aplicados está apresentado na figura 1a., 1b. e 1c. respectivamente.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 1 – Concentrações no efluente após EC para os diferentes testes aplicados, (a) turbidez, (b) cor e (c) condutividade elétrica.



Fonte: Autoras.

Pela figura 1a percebe-se que a maior redução de turbidez ocorreu em  $15,6 \text{ mA.cm}^{-2} \times 20 \text{ min}$  seguido de  $9,26 \text{ mA.cm}^{-2} \times 20 \text{ min}$ . Essas concentrações foram de 6,32 NTU e 7,83 NTU respectivamente.

Em relação as concentrações finais de cor,  $15,6 \text{ mA.cm}^{-2} \times 20 \text{ min}$  também foi o melhor tratamento resultando em 41,40 uC, seguido de  $15,6 \text{ mA.cm}^{-2} \times 25 \text{ min}$  e  $9,26 \text{ mA.cm}^{-2} \times 20 \text{ min}$  (Figura 1b).

No geral, a densidade de corrente de  $6,94 \text{ mA.cm}^{-2}$  não apresentou boas eficiências para a turbidez (Figura 1a), resultando sempre concentrações finais maiores do que as outras duas densidades de correntes aplicadas e pequena variação entre os testes no tempo, sendo esta de 16,63 a 18,40 NTU. Em relação a cor (Figura 1b), também não se obteve grande variação na concentração final ficando entre 105 e 124 uC, para esta densidade de corrente.

Para as correntes de  $9,26$  e  $15,6 \text{ mA.cm}^{-2}$ , as concentrações finais de turbidez e cor (Figura 1a e 1b) decresceram de 0 a 20 min. Densidade de corrente e tempo são variáveis que interferem no processo de EC e quanto maior o valor dessas variáveis, maior a redução dos parâmetros (MAKWANA & AHAMMED, 2016). Segundo Moussa et al. (2017) a quantidade de íons metálicos liberados no meio é determinada pela densidade de corrente, logo quanto



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

maior valor aplicado em maior tempo, maior também a liberação de íons e a remoção dos poluentes. Porém, deve-se ter cuidado com essa relação pois há outros fatores que devem ser levados em conta na otimização do processo uma vez que quando uma corrente muito alta é utilizada pode vir a ocorrer desperdício de energia elétrica e aquecimento o eletrólito.

Em 20 e 25 minutos as concentrações finais voltaram a subir e o efluente apresentou qualidade inferior se comparado com o tempo anterior. Isto pode ter acontecido porque o valor de densidade de corrente crítico foi excedido e como consequência não há melhora significativa (MOUSSA et al., 2017). Tal fato também aconteceu no estudo de Sarala (2012) e o fenômeno pode ser pelo excesso de coagulante, que faz com que as partículas voltem ao meio e fiquem em suspensão causando a perda de qualidade.

Analizando as concentrações remanescentes para CE (Figura 1c), percebe-se que 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 30 min apresentou a concentração mais baixa sendo esta de 539,80 µS·cm<sup>-1</sup>. A variação foi de 589,90 a 695,92 µS·cm<sup>-1</sup>, 593,47 a 702,57 µS·cm<sup>-1</sup> e 539,80 a 694,53 µS·cm<sup>-1</sup> para 6,94 mA.cm<sup>-2</sup>, 9,26 mA.cm<sup>-2</sup> e 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> respectivamente. Na análise geral, o mínimo foi de 539,80 µS·cm<sup>-1</sup> e máximo de 702,57 µS·cm<sup>-1</sup> e os valores não diferiram muito entre si considerando a magnitude do valor da variável.

Gomes et al. (2009) e Den and Wang (2008) também verificaram que a CE da solução não foi significativamente alterada no processo de EC. A CE aparentemente não é fortemente afetada pela EC. Ela é uma variável que interfere no consumo de energia, uma vez que estudos relatam que quanto maior a CE menor o consumo energético (LEE & GAGNON, 2016).

### 4 Considerações Finais

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a redução nas concentrações finais de turbidez e cor aumentaram com a elevação de densidade de corrente e tempo de eletrólise até o valor crítico. A partir desse valor, a eficiência do processo é reduzida. O tratamento que apresentou o melhor resultado foi 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min em relação a turbidez e cor. Em relação a condutividade elétrica, os valores não são fortemente afetados pelo processo e o menor valor encontrado foi em 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 30 min.

O valor de CE no tratamento 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min foi de 643,67 µS·cm<sup>-1</sup>, uma diferença de aproximadamente 104 µS·cm<sup>-1</sup> sendo esta não muito expressiva para este parâmetro. Embora haja essa diferença, percebe-se que para turbidez e cor o tratamento 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min foi mais efetivo e que a diferença entre as concentrações remanescentes em 30 min para estes parâmetros foi mais do que o dobro. Neste contexto poderia ser considerado, em caso de tomada de decisão, que o tratamento 15,6 mA.cm<sup>-2</sup> x 20 min apresentou os melhores resultados.

No geral, a eletrocoagulação mostrou-se uma técnica promissora para remoção de turbidez, cor e condutividade elétrica.

### Referências

ANA. Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: [s.n.], 2017. 88 p. Disponível em: <<http://atlassesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

BRASIL. **Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, p. 1-17, jan. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 18 dez. 2017.

DEN, W., WANG, C. Removal of silica from brackish water by electrocoagulation pretreatment to prevent fouling of reverse osmosis membranes. **Separation and Purification Technology**, v. 59, n. 3, 1 March 2008, p. 318 – 325.

GOMES, J. et al. Treatment of produced water by electrocoagulation. In **EPD Congress 2009: Proceedings of sessions and symposia held during TMS 2009 Annual Meeting & Exhibition**, San Francisco, California, 15–19 February 2009, p. 459–456.

KUOKKANEN, V. et al. Recent Applications of Electrocoagulation in Treatment of Water and Wastewater - A Review. **Green and Sustainable Chemistry**, v. 3, n. 10, Maio de 2013, p. 83-121.

LEE, S.Y., GAGNON, G.A. Review of the factors relevant to the design and operation of an electrocoagulation system for wastewater treatment. **Environmental Reviews**, v. 22, Fevereiro 2014, p. 421- 429.

MAKWANA, A.R.; AHAMMED, M.M, Continuous electrocoagulation process for the post-treatment of anaerobically-treated municipal wastewater. **Process Safety and Environment Protection**, v. 102, 2016, p 724-733.

MOLLAH, M. Y. A. et al. Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. **Journal of Hazardous Materials**, 2004, p. 199–210.

MOUSSA, D. T. et al. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. **Journal of Environmental Management**, v. 186, 2017, p. 24 - 41.

SARALA, C. Domestic Wastewater Treatment by Electrocoagulation with Fe-Fe Electrodes. **International Journal of Engineering Trends and Technology**, v. 3, n. 4, 2012, p. 530-533.