

## APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ELETROFLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL DE PIA DE COZINHA

DINILTON PESSOA DE ALBUQUERQUE NETO<sup>1</sup>, GERÔNIMO BARBOSA ALEXANDRE<sup>2</sup>, MARIANA ANTUNES DA CUNHA PINHEIRO<sup>3</sup>, FELIPE ROQUE DE ALBUQUERQUE NETO<sup>4</sup>, GABRIEL DA SILVA BELÉM<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Estudante e pesquisador em Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns-PE, [dpan@discente.ifpe.edu.br](mailto:dpan@discente.ifpe.edu.br);

<sup>2</sup>Mestre em Engenharia Elétrica, Prof. EBBT, IFPE, Garanhuns-PE, [geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br](mailto:geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br);

<sup>3</sup>Técnica de Laboratório – Área Química, IFPE, Garanhuns-PE, [mariana.pinheiro@garanhuns.ifpe.edu.br](mailto:mariana.pinheiro@garanhuns.ifpe.edu.br);

<sup>4</sup>Estudante e pesquisador em Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns-PE, [fran@discente.ifpe.edu.br](mailto:fran@discente.ifpe.edu.br);

<sup>5</sup>Estudante e pesquisador em Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns-PE, [gsb@discente.ifpe.edu.br](mailto:gsb@discente.ifpe.edu.br).

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

Palmas/TO – Brasil

17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** O objetivo do trabalho é avaliar a aplicação da técnica de eletrofloculação em corrente contínua no tratamento de água cinza, visando o reuso na irrigação do jardim e na lavagem de carros. O reator eletroquímico foi projetado e validado para uma amostra residual de pia de cozinha de 6L, o efluente foi tratado por 60 minutos, com coletas de 05 em 05 minutos. Para cada amostra coletada, incluindo a amostra “zero” foram mensuradas as principais variáveis de decisão: pH, condutividade, turbidez e corrente elétrica. Os eletrodos usados foram de alumínio com medição da massa antes e após o tratamento. A tensão elétrica usada foi de 24 V<sub>CC</sub> durante todos os experimentos realizados. O protótipo de tratamento é inovador onde toda a alimentação elétrica do processo é proveniente de um painel solar de 250 W / 24V<sub>cc</sub>. Os resultados experimentais demonstram a eficácia da técnica, justificada por 95% na turbidez pós tratamento, pH estabilizado próximo a 8,0 e um gasto de R\$ 0,45 para tratar 6L de efluente durante 60 minutos. Um fator importante para o bom desempenho da técnica é a condutividade elétrica dentro do meio reacional, esta deve ser maior que 15 mV, caso contrário é necessário a adição de cloreto de sódio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletrocoagulação, água de pia, tratamento, baixo custo.

### APPLICATION OF THE ELETROFLOCCULATION TECHNIQUE IN THE TREATMENT OF RESIDUAL WATER FROM KITCHEN

**ABSTRACT:** The objective of the paper is to evaluate the application of the electroflocculation technique in direct current in the treatment of gray water, aiming the reuse in the irrigation of the garden and car washing. The electrochemical reactor has been designed and validated for a residual sample kitchen sink 6L, 60 minutes lasted the treatment, with samples every 5 minutes. For each sample collected, after treatment, pH stabilized near 8.0 and a cost of R\$ 0.45 to treat 6L of effluent for 60 minutes, including the "zero" sample, the main decision variables were measured: pH, conductivity, turbidity and electric current. The electrodes used were aluminum with mass measurement before and after treatment. The electrical voltage used was 24 V<sub>DC</sub> during all experiments. The prototype of treatment is innovative where all the electrical power of the process comes from a solar panel of 250 W / 24V<sub>DC</sub>. The experimental results demonstrate the efficacy of the technique, justified by 95% in turbidity. An important factor for the good performance of the technique is the electrical conductivity within the reaction medium, it must be greater than 15 mV, and otherwise it is necessary to add sodium chloride.

**KEYWORDS:** Electrocoagulation, sink water, treatment, low cost.

## INTRODUÇÃO

Dentre as técnicas de separação de misturas, uma utilizada no tratamento de água é a floculação. O processo de floculação é a separação de substâncias sólidas e substâncias líquidas, que se dá através da adição de substâncias na água que propiciam a formação de bolhas. As mesmas, pela densidade, flutuam para cima e conforme se direcionam para a superfície do efluente arrastam consigo sólidos em suspensão e coloides. Dessa maneira, forma-se na superfície do efluente uma espuma descartável, chamada de borra (Mollah, *et al*, 2001).

A eletrofloculação (EC) também causa o processo de aglutinação de impurezas, mas através da oxirredução dos eletrodos utilizados para conduzir a corrente elétrica no meio reacional (Fernandes, *et al*, 2017). Algumas características da eletrofloculação são: (1) não há adição de produtos químicos; (2) as bolhas de gás produzidas facilitam a remoção dos poluentes; (3) a EC é facilmente operada devido a seus equipamentos simples, tornando o processo de automação do sistema possível; (4) é necessário repor os eletrodos, visto que há desgaste durante o processo e os mesmos se dissolvem no efluente (Nascimento, 2011).

O objetivo do trabalho é o projeto e a montagem de uma planta experimental para tratamento de esgoto doméstico utilização a técnica de eletrofloculação, com enfoque na instrumentação e na supervisão das variáveis do processo.

## MATERIAL E MÉTODOS

As principais fontes de referenciais teóricos utilizadas foram artigos publicados em revistas e periódicos internacionais, como Elsevier, Springer e IEEE. Além disso, também foram utilizados sites *online* e livros da área.

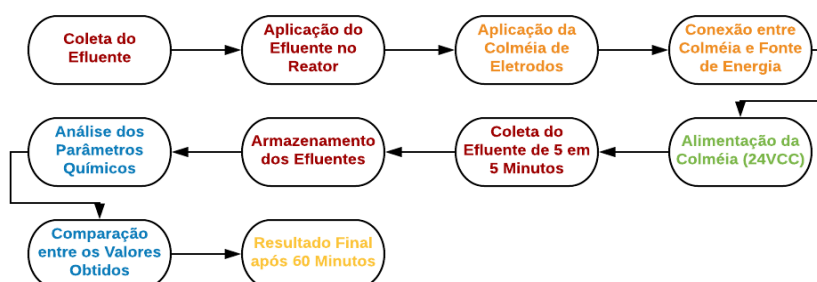
Para avaliação do reator eletroquímico projetado foram realizados dois ensaios com duração de 60 minutos cada e com medições das variáveis de decisão de 5 em 5 minutos. Os materiais utilizados durante os experimentos estão dispostos na Tabela 1. Todos os experimentos foram conduzidos na Laboratório de Microbiologia do IFPE Campus Garanhuns.

Tabela 1. Materiais utilizados nos experimentos I e II.

Material	Custo
13 Becker de 100 ml	Disponíveis no IFPE
Eletrodos de alumínio	R\$ 20,00
Fonte DC 32V 6A	Disponível no IFPE
Reator eletroquímico 3,6L	R\$ 15,00
Termômetro digital	Disponível no IFPE
Turbidímetro	Disponível no IFPE
Medidor de pH e condutividade elétrica	Disponível no IFPE

Os experimentos realizados (duas repetições) consistiram no tratamento de uma amostra de água cinza, coletada de uma pia de cozinha residencial. Este efluente contém, em suma, detergente (sabão), gorduras, óleos e partículas sólidas residuais. O processo metodológico consistiu como mostrado na Figura 1.

Figura 1. Metodologia utilizada para o tratamento de 3,6L de efluente doméstico.



O procedimento experimental foi realizado da seguinte maneira: o efluente foi depositado no interior do reator eletroquímico de 3,6 L e após isso foi colocada no reator a chicana (associação em

série) de eletrodos, os fios da colmeia foram ligados à fonte DC ajustada para 24 VCC e foi dado início ao experimento. A cada 5 minutos, foi coletada uma amostra de 100 ml para posterior avaliação química. Os parâmetros químicos analisados foram: pH, condutividade elétrica, turbidez, corrente elétrica e temperatura. Além dessas amostras, foi coletada uma amostra antes do tratamento (amostra “0”) para fins de comparação inicial e final.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 ilustra os equipamentos utilizados para eletrofloculação, com destaque para o reator eletroquímico e a chicana de eletrodos. A tensão foi monitorada e mantida em 24 V<sub>CC</sub> durante os dois experimentos (duas repetições). A corrente elétrica (A) demandada pela associação dos eletrodos, teve como limite máximo 6 A. A cada cinco minutos, uma amostra de 100 ml foi retirada de dentro do reator. No total, foram obtidas 13 amostras, sendo a primeira o efluente original. A amostra “0” é a caracterização do efluente doméstico antes da aplicação da eletrofloculação.

Figura 2. Vista frontal dos equipamentos utilizados para o tratamento de 3,6L de efluente doméstico.



Os resultados experimentais estão dispostos nas Tabelas 2 e 3. Analisando os dados experimentais é possível analisar a tendência a basificação do efluente, tendendo a valores entre 7 e 8 para o pH. A condutividade elétrica no experimento I aumentou de forma considerável, resultando em valores finais de corrente maiores que no Experimento II. A turbidez teve um decréscimo relevante, sendo os valores destoantes justificáveis pela não filtração do efluente, resultando em resíduos sólidos nas amostras extraídas que influenciaram na leitura da turbidez.

Tabela 2. Medições realizadas durante o Experimento I.

	Núm. da Amostra	pH	C. (mV)	Turbidez	Corrente	Temp.
Experimento 1	0	6,48	35	259	1,65	25,6
	1	6,47	33,2	256	1,62	22
	2	6,9	20	189	1,57	25
	3	6,6	33	109	1,48	26
	4	6,7	28	68	1,42	28
	5	6,6	15	45	1,4	29
	6	6,9	31	46	1,35	30
	7	7,7	37,2	42	1,11	30
	8	8,1	60	48	1,02	31
	9	8,2	67	38	0,95	32
	10	8,5	77	80	0,87	33
	11	8,4	79	51	0,86	33
	12	8,4	78	107	0,8	35

Fonte: Autor. Onde - C. é a condutividade elétrica (mV), temp. é a temperatura medida (°C).

Tabela 3. Medições realizadas durante o Experimento II.

Experimento 2	Núm. da Amostra	pH	C. (mV)	Turbidez	Corrente	Temp.
	0	7,1	26	258	1,44	21
	1	6,6	38,6	267	1,46	22
	2	6,4	40	225	1,44	24
	3	6,6	46	198	1,38	23
	4	6,4	44,7	172	1,33	24
	5	6,4	45	149	1,22	25
	6	6,3	46	165	1,11	25
	7	6,7	33	106	0,5	26
	8	7,3	27,7	85	0,41	27
	9	7,5	18,1	95	0,3	27
	10	7,4	35,7	77	0,25	28
	11	7,5	32,4	80	0,18	28
12	7,7	49	66	0,68	28	

A corrente elétrica (A), por sua vez, em ambos os experimentos caiu. Isso se deve ao fato do efluente, ao ser extraído do reator, diminuir de volume fazendo com que a borra dificulte a condução da corrente elétrica no meio reacional. Os valores de temperatura, diretamente relacionados aos valores de corrente elétrica, no experimento 1 foram maiores.

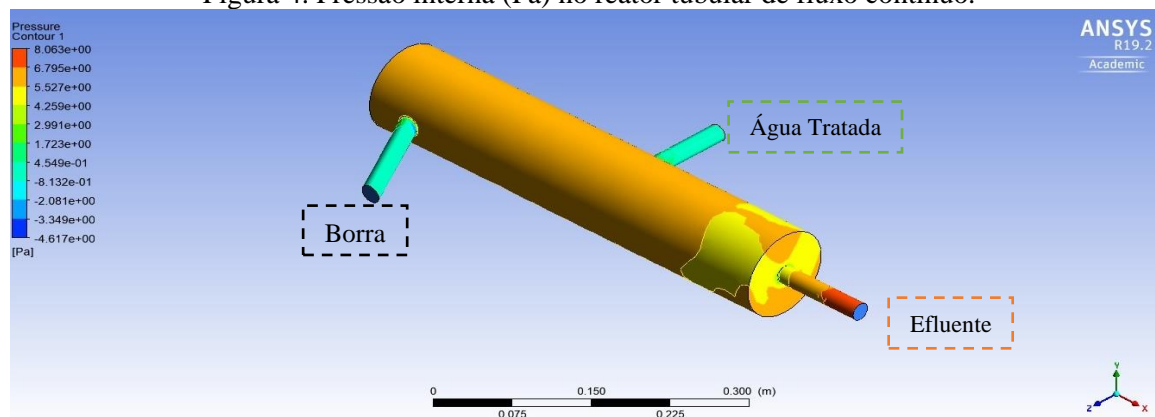
Na Figura 3 é ilustrado as 13 amostras coletadas ao longo do experimento, amostra “0” é o efluente coletado e a amostra “13” o efluente tratado após 60 minutos de operação. É notável a eficácia do tratamento na amostra “13” pela transparência do efluente doméstico tratado, sendo possível observar a evolução ao longo da operação.

Figura 3. Comportamento da turbidez durante a aplicação do tratamento por eletrofloculação.



Foram encontradas dificuldades com relação aos reatores eletroquímicos e aos eletrodos de alumínio. O reator, improvisado, é um pequeno reservatório de água feito de plástico. Os eletrodos, para associação e inserção no interior do reator, foram colados à uma régua, para que pudessem ficar com o espaçamento adequado e juntos. Para melhoria, são sugeridos a fabricação de um reator eletroquímico com especificações similares ao utilizado feito de vidro. A chicana de eletrodos deve ser anexada de forma mais apropriada, para que os eletrodos não desprendam, impossibilitando a formação de bolhas.

Figura 4. Pressão interna (Pa) no reator tubular de fluxo contínuo.

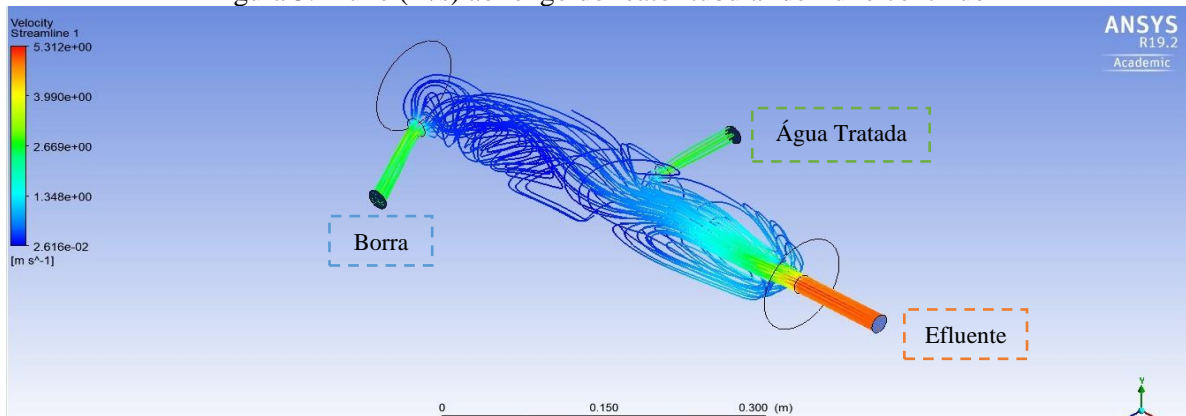


Além do tratamento experimental foram feitos estudos de fluidodinâmica usando a ferramenta ANSYS versão estudante com a finalidade de minimizar zonas mortas no interior do reator eletroquímico, desta forma várias formas geométricas foram avaliadas. A melhor geometria para o

reator eletroquímica é a geometria cilíndrica com divisões internas e dispostos de várias válvulas ao longo do reator para coleta das diversas fases resultantes durante o tratamento do efluente.

Entre a configuração em batelada e fluxo contínuo, o reator deve ser alimentado sob fluxo contínuo. Desta forma a geometria proposta mostra-se mais eficiente, pois o processo de formação de bolhas será mais intenso, de tal forma que o fluxo ascendente de impurezas é contínuo e maior. Nas Figuras 4 e 5 é ilustrado o comportamento da pressão e da velocidade de escoamento dentro do reator eletroquímico de fluxo contínuo com uma entrada e duas saídas (borra e água tratada).

Figura 5. Fluxo (m/s) ao longo do reator tubular de fluxo contínuo



Durante tratamento o efluente é aquecido, por conta da corrente elétrica que circula no meio reacional. Por este motivo, será instalado um sensor de temperatura associado a um microcontrolador, para que a temperatura seja monitorada e não atinja valores altos. Além do sensor de temperatura, também serão instalados sensores de pH, turbidez, corrente elétrica e tensão para monitoramento automático e remoto da planta experimental.

## CONCLUSÃO

A partir da confecção do reator tubular, da realização dos experimentos e do tratamento estatístico dos dados experimentais, pode-se concluir:

1 - A eletrofloculação para um reator tubular utilizando-se eletrodos de alumínio mostra-se uma alternativa viável para o tratamento de efluentes domésticos, cuja observação foi feita na taxa de remoção de turbidez.

2 - Os valores de pH inicial, da tensão aplicada e da vazão volumétrica que apresentaram os resultados mais estatisticamente significativos para uma melhor influência nas variáveis estudadas sobre o processo foram, respectivamente, em torno de 8; 24 Volts e  $0,8 \times 10^{-3} \text{ dm}^3/\text{s}$ .

3 - O consumo energético do processo de eletrofloculação seria de R\$ 0,45064 para um tempo de 60min de operação, mostrando que o processo a fluxo contínuo se torna bem mais econômico quando se compara com o processo em batelada.

4 - O projeto do reator tubular mostrou-se viável do ponto de vista econômico e da qualidade do efluente tratado, sendo assim, interessante o estudo desse sistema para o tratamento de outros efluentes que não seja somente o efluente doméstico e, sob uma visão macro industrial.

## AGRADECIMENTOS

Ao IFPE pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fernandes, T. F., Alexandre, G. B., Silva, J. N. A Eletrofloculação como Tecnologia para o Tratamento de Efluentes: Soluções para Tratamento de Efluentes Industriais. Editora: Nova Edições Acadêmicas, 2017, pp. 96, ISBN-13 978-6202031110.
- Mollah, M. Y. A.; Schennach, R.; Parga, J.; Cocke, D. I. Electro-coagulation (EC): Science and Applications. Journal of Hazard Materials, v. 84, n. 1, p. 29-41, Jun. 2001.
- Nascimento, M. R. Revisão: A sinergia das técnicas eletrofloculação-eletrocoagulação para a desestabilização de emulsões tipo óleo-água. Revista Principia, João Pessoa, nº 19, p. 26-34, 2011.