

# REVISTA afluente

A REVISTA DO JPS  
VINCULADA A ABES-RS

Ano V / Nº 10 – dezembro/2021

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
DE UM SISTEMA  
ELETROQUÍMICO  
NA REMOÇÃO DE  
MICROPLÁSTICOS  
DE EFLUENTES**

**APLICAÇÃO DE  
ELETROCOAGULAÇÃO-  
FLOTAÇÃO PARA O  
TRATAMENTO DE ÁGUA  
DE ABASTECIMENTO  
PÚBLICO**

**DEPOIMENTOS - JOVENS PROFISSIONAIS DO SANEAMENTO**



# FICHA TÉCNICA

Autor:

**ABES-RS**

Título:

**Revista Afluente - A revista do JPS**

Conselho Editorial:

**Roberta Arlêu Teixeira**

**Renata Oliveira**

**Kely Boscato**

**Jussara Kalil Pires**

Edição:

**Ano V / Nº 10 – DEZEMBRO/2021**

Local:

**Porto Alegre - RS**

Ano da publicação:

**2021**

Diretor responsável:

**Jussara Kalil Pires**

Editor:

**ABES-RS**

ISSN 2594-732X

<https://www.abes-rs.org.br/site/jps.php>

O conteúdo dos artigos e resumos de TCC é de responsabilidade dos autores.

REVISTA  
**afluente**

A REVISTA DO JPS  
VINCULADA À ABES-RS

Projeto gráfico e editoração:



**Eduardo Riter - ER Design**

Sobre o JPS:



**Jovens Profissionais do Saneamento**

<https://www.abes-rs.org.br/site/jps.php>

Sobre a ABES-RS:



**Associação Brasileira de Engenharia  
Sanitária e Ambiental - Seção RS**

[www.abes-rs.org.br](http://www.abes-rs.org.br)

# CONTEÚDO

<b>EDITORIAL</b>	<i>04</i>
<b>PALAVRA DA PRESIDENTE</b>	<i>05</i>
<b>ARTIGOS</b>	
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA ELETROQUÍMICO NA REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS DE EFLUENTES	<i>06</i>
APLICAÇÃO DE ELETROCOAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO	<i>13</i>
<b>RESUMO DE TCC</b>	
ESTUDO INVESTIGATIVO DAS RELAÇÕES DO NDVI E NDWI COM AS VARIÁVEIS HIDROCLIMATOLÓGICAS NA BACIA DO RIO PIRATINIM-RS	<i>20</i>
<b>DEPOIMENTOS JPS</b>	<i>21</i>
<b>INFORMES</b>	<i>24</i>

# EDITORIAL

**O ANO DE 2021 ESTÁ CHEGANDO AO FIM** e mesmo com todas as dificuldades, nós da ABES-RS e do JPS-RS temos muita coisa para comemorar. Este ano realizamos o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, que foi o primeiro evento híbrido realizado na área de Engenharia Sanitária e Ambiental no país. Com o tema “Cidades Inteligentes conectadas com o saneamento e o meio ambiente: desafio dos novos tempos”, o congresso propiciou várias reflexões sobre como nós, profissionais de saneamento e meio ambiente, podemos atuar na promoção das cidades inteligentes. Foi um evento de muita discussão e troca de experiências e que, apesar dos desafios impostos pela pandemia de COVID-19, possibilitou o contato, com as devidas precauções, entre profissionais de todo país. Nós do JPS-RS tivemos a oportunidade de auxiliar na organização do concurso de vídeos e nas oficinas de educação ambiental e participamos das relatorias do congresso. Muitos de nossos associados também apresentaram trabalhos nesta edição, compartilhando o conhecimento desenvolvido em nosso estado com todo o país.

Como forma de relembrar a edição de 2021 do CBESA, nesta décima edição da revista Afluente, trazemos depoimentos de Jovens Profissionais do Saneamento participantes do congresso.

Finalizamos o ano trazendo dois artigos desenvolvidos por pesquisadores da Universidade Federal de Santa Maria, sobre tratamento avançado de água e efluentes com o uso da Eletrocoagulação-floculação (ECF). O primeiro artigo avalia a remoção de microplásticos pela ECF e sua demanda de energia. Já o segundo artigo, utiliza a ECF no tratamento de água, tendo em vista remoção de cor aparente e turbidez. Ainda apresentamos o resumo de um Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido na PUC-RS, que objetivou relacionar a análise multi temporal dos índices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e NDWI (Normalized Difference Water Index), através do uso de sensoriamento remoto, com dados hidroclimatológicos na bacia hidrográfica do rio Piratinim (sub-bacia do rio Uruguai) no Rio Grande do Sul.

Desejamos boas festas a todos e uma excelente leitura!

**EDITORIAL | REVISTA AFLUENTE**

## PALAVRA DA PRESIDENTE

**É COM GRANDE SATISFAÇÃO QUE PARTICIPO DA 10ª EDIÇÃO DA REVISTA AFLUENTE,** agora como Presidente da ABES RS. Sócia há mais de 10 anos, integrando Câmaras Temáticas, Diretorias e Conselhos da Associação, acompanhei seu nascimento. O sucesso deste empreendimento iniciou na idealização e criação do Programa Jovens Profissionais do Saneamento – JPS. Na seção do RS, sob a coordenação da ex-Presidente e atual Vice-Presidente Jussara Kalil Pires, o trabalho começou com o projeto do curso de imersão em gestão ambiental “Construindo Profissionais do Futuro” e se consolidou com a primeira edição da Revista Afluente em 2017.

Assumimos a responsabilidade junto aos associados para a gestão da ABES RS 2021/2023 em meio a muitas incertezas e receios frente ao distanciamento que a pandemia do Covid 19 nos impôs. Ao mesmo tempo, vislumbramos e vivenciamos o desafio de integrarmos a tecnologia digital para a comunicação, com novas bases e formatos para os eventos com mais interação entre as Câmaras Temáticas e com as seções da ABES nos diferentes estados.

A presente edição encerra mais um ano de muitas atividades realizadas pelas Câmaras Temáticas, com as outras seções estaduais e com a Direção Nacional através do “ABES Conecta” e com parceiros como empresas, instituições públicas e privadas e universidades. Foram eventos técnico-científicos como Diálogos do Saneamento, Seminário Água e Saúde, Encontros Temáticos, Encontros à Distância e Seminário sobre Tecnologias Limpas e atividades de mobilização social como a 28ª Semana Interamericana e 21ª Semana Estadual da Água do RS, que vem crescendo em eventos e participantes ano a ano. Muitos dos webinars permanecem elencados e disponíveis pelo canal do YouTube assim como no site da ABES RS.

Ficamos felizes de ver os JPS integrando-se no planejamento e execução de muitas dessas atividades. Muito ainda temos a avançar nesse sentido, garantindo a formação de novas lideranças e a qualificação da atuação de jovens profissionais. Destacamos, em especial, a participação do JPS no 31º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Mas 2021 exigiu a participação e o envolvimento da ABES, e de sua seção Rio Grande do Sul, em muitos momentos de discussão e luta



Ana Elizabeth Carara,  
Presidente ABES-RS

pela qualificação do saneamento no Brasil, no Estado e nos municípios. São as repercussões da implantação da Lei 14.026/20 e o impacto da realização da COP 26.

Confiamos que a atuação dos Jovens Profissionais do Saneamento - JPS RS nos trará renovação, participação multidisciplinar e troca de experiências e vivências, aproximando as gerações de profissionais para contribuir para a construção de um ambiente fluído com muita saúde ambiental. Confiamos em vocês para dar continuidade e ampliar a atuação da ABES.

Aproveitem esse veículo de informação, que é de vocês e boa leitura!

**ANA ELIZABETH CARARA**

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA ELETROQUÍMICO NA REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS DE EFLUENTES

Gustavo Holz Bracher - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSM, gustavohbracher@gmail.com, 53 984344220

Cristiane Graepin - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSM, crisgraepin@gmail.com, 54991636920

Luciane Marchesan - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSM, luciane\_marchesan@hotmail.com, 55 999196606

Raphael Braibante Flores - Departamento de Engenharia Química-UFSM, raphael.braibante@gmail.com, 55 996185186

Elvis Carissimi - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSM, elvis.carissimi@ufsm.br, 55 996854999

## RESUMO

Os microplásticos (MP) são encontrados crescentemente em ambientes marinhos e de água doce, sendo um dos maiores poluentes aquáticos. Com isso, há uma grande preocupação com sistemas de tratamento de águas residuais que removam os MP e garantam uma boa qualidade dessas. Uma tecnologia utilizada é a Eletrocoagulação-flotação (ECF), a qual foi descrita por diversos autores como uma técnica eficaz de tratamento de diferentes tipos de águas residuárias. Este estudo teve como objetivo avaliar a melhor condição de corrente elétrica em um sistema contínuo de ECF para o tratamento de efluentes, considerando a remoção de MP e o consumo de energia elétrica nas diferentes condições estudadas. O efluente municipal sintético utilizado para o estudo foi preparado com brilho de poliéster comercial (909 RB – M-F Company) em uma concentração de 25 mg/L. Utilizou-se um reator de configurações de fluxo serpentinado, corrente contínua e com uma vazão de 0,9 L/min. Os experimentos foram realizados com correntes elétricas de 0,02, 0,24 e 0,45 A, no qual a remoção de MP (%) foi de 72,9 ( $\pm 2,2$ ), 94,4 ( $\pm 0,4$ ) e 96,2 ( $\pm 0,3$ ). Apesar da maior eficiência nos maiores valores de corrente elétrica, há um aumento expressivo no dispêndio energético, o que favorece o emprego da corrente de 0,24 A em comparação com as demais. O consumo médio de energia foi de 0,35 kWh/m<sup>3</sup>, nessa condição, cerca de 2,7 vezes menor que o observado com o emprego de 0,45 A.

Palavras-Chave – microplásticos, eletrocoagulação-flotação, consumo de energia.

## INTRODUÇÃO

O uso de plásticos na sociedade atual vem aumentando exponencialmente nos últimos anos, a sua baixa capacidade de degradação, aliada

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA ELETROQUÍMICO NA REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS DE EFLUENTES

Gustavo Holz Bracher  
Cristiane Graepin  
Luciane Marchesan  
Raphael Braibante  
Flores Elvis Carissimi

ao seu descarte incorreto, gera como consequência um acúmulo deste resíduo no meio ambiente, sendo considerado um problema ambiental (UNEP, 2016).

Além dos resíduos plásticos maiores, há uma preocupação com os microplásticos (MP) que são os resíduos menores de 5 mm, no qual podem ser gerados da quebra de partículas maiores de plástico e são originados de diversos produtos, como os de higiene pessoal (OLIVEIRA; CORRÊA; SMITH, 2020). Ainda, segundo Oliveira, Corrêa e Smith (2020), os MP têm sido identificados crescentemente em ambientes marinhos e de água doce, sendo um dos maiores poluentes aquáticos.

A poluição de recursos hídricos por MP atinge o mundo todo (GRAY et al., 2018), com isso, há uma crescente preocupação com que os sistemas de tratamento de efluentes removam os MPs e garantam uma boa qualidade das águas residuais antes de serem lançadas nos mananciais. A eletrocoagulação-flotação (ECF) pode ser adotada como uma tecnologia de tratamento para a remoção de MP, sendo proposta por diversos autores como um método eficaz de tratamento de diferentes tipos de águas residuárias (ELAZZOUI; HABOUBI; ELYOUBI, 2017).

A técnica ECF consiste em um processo eletroquímico baseado na geração de agentes coagulantes *in situ* por meio de reações que ocorrem no ânodo e no cátodo, com eletrodos submetidos à corrente elétrica (BUKHARI, 2008). Segundo Bukhari (2008), na ECF há a existência de um estágio latente, em que ocorre dissolução anódica e formação dos coagulantes, uma fase reativa, em que há a neutralização das cargas das partículas e onde a maior parte da turbidez é removida, e uma fase estável, onde as partículas neutras se agregam, formando os flocos e ocorrendo a flotação.

Estudos sobre o potencial de uso da técnica ECF na remoção de MP foram realizados por Perren, Wojtasik e Cai (2018), porém pesquisas com

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA ELETROQUÍMICO NA REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS DE EFLUENTES

Gustavo Holz Bracher  
Cristiane Graepin  
Luciane Marchesan  
Raphael Braibante  
Flores Elvis Carissimi

sistemas de ECF contínuos para remoção de MPs ainda são incipientes.

### OBJETIVOS

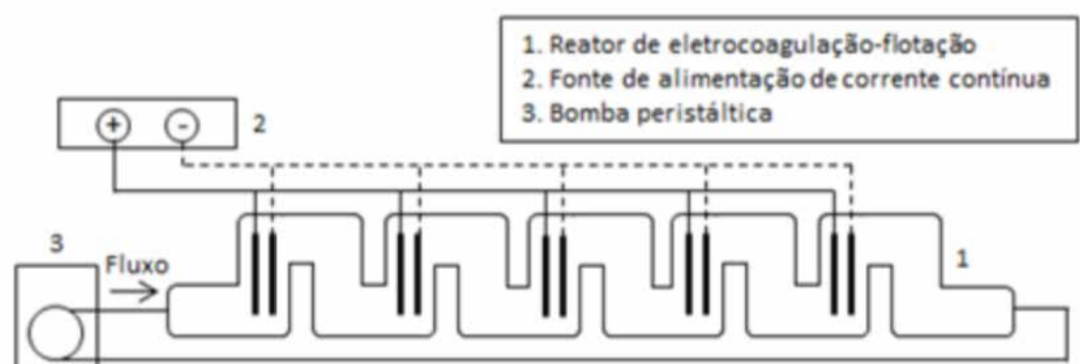
O objetivo do presente estudo foi avaliar a melhor condição de corrente elétrica em um sistema contínuo de ECF para o tratamento de efluentes, considerando a eficiência de remoção de MP e o consumo de energia elétrica nas diferentes condições estudadas.

### METODOLOGIA

Para a realização dos experimentos de ECF foi utilizado um efluente sintético, preparado com brilho de poliéster comercial (909 RB – M-F Company) com partículas entre 60 e 125  $\mu\text{m}$ , no qual a concentração de MP no efluente foi de 25 mg/L. O efluente apresentou turbidez inicial de 111,3 NTU, pH 7 e condutividade de 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

O sistema de ECF utilizado foi composto por uma bomba peristáltica, uma fonte de alimentação de corrente contínua e um reator com configurações de fluxo serpentinado, composto por cinco pares de eletrodos de alumínio (1,4 x 5 cm) espaçados 0,3 cm e com um volume de trabalho de 0,7 L (Figura 1).

Figura 1 - Reator de eletrocoagulação-flotação.





## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA ELETROQUÍMICO NA REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS DE EFLUENTES

Gustavo Holz Bracher  
Cristiane Graepin  
Luciane Marchesan  
Raphael Braibante  
Flores Elvis Carissimi

Para a realização dos experimentos, a vazão foi fixada em 0,9 L/min, o tempo de detenção hidráulica em 22,50 min e o tempo de eletrólise em 11,75 min. O sistema operou com recirculação para que atingisse o tempo de detenção hidráulica. Após o tratamento no reator, as amostras eram transferidas para um béquer, ficando em repouso por 15 min para ocorrer a flotação dos flocos formados e posteriormente a coleta da água tratada na parte inferior do béquer. Os experimentos foram realizados com correntes elétricas de 0,02, 0,24 e 0,45 A. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

A remoção de MP foi estimada através da medição da turbidez antes e depois de cada experimento (Equação 1). As medições de turbidez foram realizadas, com um turbidímetro Orion AQ4500, conforme protocolo 2130 B do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

### Equação 1

$$MP_{Removido} = (Ti - Tf) / Tf$$

Onde:

$MP_{Removido}$ : Remoção de microplásticos (%);

$Ti$ : Turbidez inicial (NTU); e

$Tf$ : Turbidez final (NTU).

### Equação 2

O consumo de energia foi determinado através do controle da tensão elétrica, corrente elétrica e tempo de eletrólise de cada ensaio (Equação 2) (CERQUEIRA; SOUZA; MARQUES, 2014).

$$C_{energia} = (U \cdot i \cdot t) / V$$

Onde:

$C_{energia}$ : Consumo de energia (Wh/m<sup>3</sup>);

$U$ : Tensão elétrica (V);

$i$ : Corrente elétrica (A);

$t$ : Tempo de eletrólise (h); e

$V$ : Volume do efluente tratado (m<sup>3</sup>).

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA ELETROQUÍMICO NA REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS DE EFLUENTES

Gustavo Holz Bracher  
Cristiane Graepin  
Luciane Marchesan  
Raphael Braibante  
Flores Elvis Carissimi

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos no estudo podem ser observados na Tabela 1, que apresenta os valores de turbidez final, remoção de MP e consumo de energia.

Tabela 1 - Remoção de microplásticos e consumo de energia em diferentes condições de corrente elétrica

Corrente Elétrica (A)	Turbidez Final [Tf] (NTU)	Remoção de MP (%)	Consumo de Energia (kWh/m <sup>3</sup> )
0,02	30,2 (± 2,4)	72,9 (± 2,2)	0,00833 (± 0,00047)
0,24	6,3 (± 0,5)	94,4 (± 0,4)	0,34367 (± 0,00896)
0,45	4,2 (± 0,3)	96,2 (± 0,3)	0,96367 (± 0,02490)

A partir dos resultados, foi possível observar que o sistema de ECF apresentou eficiências de remoção de MP, com valores superiores a 70% em todas as condições estudadas. Perren, Wojtasik e Cai (2018), em sua investigação acerca da remoção de MPs utilizando um sistema descontínuo de ECF, obtiveram eficiências ainda maiores, acima de 90% em todos os experimentos. Este fato corrobora para a efetividade de sistemas eletroquímicos de tratamento frente a problemática dos MPs.

A maioria das remoções de MP se deram no maior valor de corrente elétrica. De acordo com Bracher et al. (2018), tal fato pode ser atribuído ao aumento das reações de oxirredução e, conseqüentemente, da quantidade de agente coagulante e microbolhas de hidrogênio liberados na célula eletroquímica, promovidos por uma maior intensidade de corrente.

Em contrapartida, ao se estabelecer uma corrente elétrica maior, há um aumento muito expressivo no dispêndio energético. Comparando-se os ensaios referentes aos dois maiores valores de corrente elétrica, vê-se que, o consumo médio de energia para uma corrente de 0,45 A é 2,8 vezes maior do que o consumo médio de energia necessário para alcançar uma corrente de 0,24 A. O aumento no percentual de remoção de

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA ELETROQUÍMICO NA REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS DE EFLUENTES

Gustavo Holz Bracher  
Cristiane Graepin  
Luciane Marchesan  
Raphael Braibante  
Flores Elvis Carissimi

MP, porém, não chega a 1,8% nessa mesma comparação. Essa constatação indica que há uma diminuição na eficiência energética do sistema de um ensaio para o outro, o que favorece o emprego da corrente de 0,24 A, em detrimento as demais.

Uma possível explicação pra essa restringência na eficiência energética foi proposta por Deshpande, Satyanarayan e Ramakant(2010) no estudo sobre o tratamento de efluentes farmacêuticos por eletrocoagulação seguido de processos anaeróbios. Segundo eles, ao se aumentar a densidade de corrente elétrica (razão entre a quantidade de corrente e a área ativa dos eletrodos) a perda de energia devido às reações de hidrólise e ao aquecimento da célula eletroquímica (efeito Joule) se tornam também maiores.

Ademais, ainda que cada sistema tenha as suas peculiaridades, o consumo médio de energia elétrica e por consequência, o custo de operação, foi menor do que outros estudos utilizando ECF. Sandoval et al. (2014) observou um consumo médio de energia elétrica de 0,53 kWh/m<sup>3</sup> para uma densidade de corrente de 6 mA/cm<sup>2</sup>, enquanto isso, a melhor condição de corrente elétrica do presente estudo, correspondente a uma densidade de corrente de 6,86 mA/cm<sup>2</sup>, apresentou um consumo médio de energia de 0,35 kWh/m<sup>3</sup>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo revelou um design inovador e eficiente da técnica de ECF na remoção de MP. As maiores remoções de MP ocorreram na corrente de 0,45 A. Apesar disso, a condição de corrente elétrica que proporcionou uma maior eficiência energética do sistema foi a de 0,24 A, com uma remoção média de MP de 94,4% e um consumo médio de energia de 0,35 kWh/m<sup>3</sup>. O consumo de energia observado foi relativamente baixo, em comparação a outros estudos, indicando uma possível atratividade econômica desta configuração.

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA ELETROQUÍMICO NA REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS DE EFLUENTES

Gustavo Holz Bracher  
Cristiane Graepin  
Luciane Marchesan  
Raphael Braibante  
Flores Elvis Carissimi

Eficiências energéticas ainda maiores podem ser alcançadas a partir da investigação de densidades de correntes menores do que as desse estudo. Isso poderia ser feito através do aumento do número de placas e consequentemente da área efetiva, ou da diminuição da corrente elétrica aliada ao aumentado tempo de eletrólise, de forma a não comprometer a dose de coagulante liberada no processo.

### REFERÊNCIAS

- APHA: "Standard methods for examination of water and wastewater". Washington, 2012.
- BRACHER, G. H. et al. "Efeito de diferentes parâmetros operacionais na remoção de turbidez de esgoto doméstico por eletrocoagulação-flotação". In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 11., 2018. Anais... Porto Alegre: ABES-RS, 2018.
- BUKHARI, A. A. "Investigation of the electro-coagulation treatment process for the removal of total suspended solids and turbidity from municipal wastewater". *Bioresour. Technol.*, v. 99, n. 5, p. 914-921, 2008.
- CERQUEIRA, A. A.; SOUZA, P. S. A.; MARQUES, M. R. C. "Effects of direct and Alternating current on the treatment of oily water in an electroflocculation process". *Braz. J. Chem. Eng.*, v. 31, n. 3, p. 693-701, 2014.
- DESHPANDE, A. M.; SATYANARAYAN. S.; RAMAKANT, S. "Treatment of high-strength pharmaceutical wastewater by electrocoagulation combined with anaerobic process". *Water Sci. Technol.* v. 61, n. 2, p. 463-472, 2010.
- ELAZZOUI, M.; HABOUBI, K.; ELYOUBI, M. S. "Electrocoagulation-flocculation as a low-cost process for pollutants removal from urban wastewater". *Chem. Eng. Res. Des.* v. 117, p. 614-626, 2017.
- GRAY, A. D. et al. "Microplastic in two South Carolina Estuaries: Occurrence, distribution, and composition". *Mar. Pollut. Bull.*, v. 126, p. 223-233, 2018.
- OLIVEIRA, C. W. S.; CORRÊA, C. S.; SMITH, W. S. "Ecologia alimentar e presença de microplástico no conteúdo estomacal de peixes neotrópicos em um rio urbano da bacia do alto rio Paraná". *Rev. Ambient. e Água*, v. 15, n. 4, p. 1-11, 2020.
- PERREN, W.; WOJTASIK, A.; CAI, Q. "Removal of microbeads from wastewater using electrocoagulation". *ACS Omega*, v. 3, p. 3357-3364, 2018.
- SANDOVAL, A. M. et al. "Fluoride removal from drinking water by electrocoagulation in a continuous filter press reactor coupled to a flocculator and clarifier". *Sep. Purif. Technol.* v. 134. p. 163-170, 2014.
- UNEP. "Marine plastic debris & microplastics: Global lessons and research to inspire action and guide policy change". Nairobi, 2016. ●

# APLICAÇÃO DE ELETROCOAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Cristiane Graepin - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSM, crisgraepin@gmail.com, 54 991636920

Gustavo Holz Bracher - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSM, gustavohbracher@gmail.com, 53 984344220

Fernanda da Silva Pes - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSM, fernanda.pes@acad.ufsm.br, 55 996041176

Ingrid Souza Brikalski - Departamento de Engenharia Química-UFSM, ingrid.brikalski@acad.ufsm.br, 55 99795131

Jean Vitor Coradini - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSM, jeanvitorcoradini@gmail.com, 55 996154941

Elvis Carissimi - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSM, elvis.carissimi@ufsm.br, 55 32208000

## RESUMO

Antes de ser fornecida à população, a água deve ser tratada para atender aos parâmetros estabelecidos e regulamentados. Nesse sentido, existem diversas técnicas aplicadas para obtenção de água potável. Para realização do estudo, foi aplicada a eletrocoagulação-flotação (ECF), que consiste em um processo eletroquímico ocorrido em eletrodos metálicos. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da água tratada por ECF, bem como os parâmetros operacionais da técnica. O sistema ECF empregado foi composto por um reator cúbico de acrílico, em modo batelada, sendo que na célula do reator foram utilizados 3 eletrodos de alumínio. A potabilidade da água foi analisada através dos parâmetros de cor aparente e turbidez. Os parâmetros operacionais analisados foram consumo energético, consumo de massa dos eletrodos e produção de lodo. Os dados obtidos demonstraram que o sistema ECF foi eficiente para remoção de cor aparente e turbidez da água. Além disso, os resultados observados para os parâmetros operacionais foram adequados. Sendo assim, o trabalho mostrou que a técnica de ECF é promissora para ser aplicada no tratamento de água de abastecimento público.

Palavras-Chave – tratamento de água, eletrocoagulação, flotação, qualidade da água, abastecimento público.

## INTRODUÇÃO

O fornecimento de água potável com condições físicas, químicas e microbiológicas adequadas é essencial para a manutenção da sociedade, por ser um recurso indispensável para a sobrevivência humana. Para chegar-se a uma condição de água potável, deve-se atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888 de 2021 (BRASIL, 2021) que define um conjunto de parâmetros a serem analisados, com valores máximos permitidos, para fornecimento de uma água segura à saúde, que pode ser utilizada para o consumo humano.

No processo de tratamento de água de manancial, na entrada de água

## APLICAÇÃO DE ELETROCOAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Cristiane Graepin  
Gustavo Holz Bracher  
Fernanda da Silva Pes  
Ingrid Souza Brikalski  
Jean Vitor Coradini  
Elvis Carissimi6

bruta de uma Estação de Tratamento de Água (ETA), a coagulação química é uma das primeiras etapas do tratamento. Normalmente, são aplicados coagulantes inorgânicos constituídos por sais de ferro e alumínio, como o sulfato de alumínio, o sulfato férrico e o cloreto férrico (BRATBY, 1980; CORAL et al., 2009; FEDALA et al., 2015). No entanto, as estações de tratamento de água apresentam algumas desvantagens, como a necessidade de grande área para a sua instalação, necessitarem de grandes estruturas físicas e não serem móveis. Diante disso, há a necessidade de se estudar a aplicação de novas tecnologias de tratamento, que sejam eficientes e inovadoras, como os processos eletroquímicos.

No processo de eletrocoagulação-flotação (ECF), íons são produzidos in situ, havendo a formação do coagulante pela oxidação eletrolítica do eletrodo de sacrifício, com posterior desestabilização dos contaminantes, suspensão das partículas e agregação das fases desestabilizadas para formar flocos. A água também é eletrolisada em uma reação paralela, produzindo pequenas bolhas de oxigênio no ânodo e hidrogênio no cátodo. Essas bolhas atraem as partículas floculadas e, por meio da flotação natural, os contaminantes floculados flutam até a superfície (MOLLAH et al., 2004 apud MENESES et al., 2012; ELKHATIB, CRAVER E CARISSIMI, 2021).

Conforme João et al. (2017), o processo de ECF apresenta algumas vantagens quando comparado aos processos convencionais, como o menor tempo de retenção, menor área de instalação e ainda uma menor produção de lodo no final do tratamento de água de abastecimento público, sendo avaliados parâmetros de qualidade da água tratada e operacionais.

### OBJETIVO

Considerando a eficiência da técnica de ECF na remoção dos contaminantes da água e suas vantagens operacionais, o principal objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água tratada, a partir dos parâ-

## APLICAÇÃO DE ELETROCOAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Cristiane Graepin  
Gustavo Holz Bracher  
Fernanda da Silva Pes  
Ingrid Souza Brikalski  
Jean Vitor Coradini  
Elvis Carissimi6

metros cor aparente e turbidez, além de parâmetros operacionais, como consumo energético, consumo de massa dos eletrodos e produção de lodo, em um tratamento de água por ECF.

### MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra de água utilizada no estudo foi coletada dos mananciais do Rio Ibicuí-Mirim e do Rio Vacacaí-Mirim, que abastecem o município de Santa Maria-RS. A amostra bruta apresentou como características: cor aparente de 74,5 uC, turbidez 6,4 NTU, pH 6,80 e condutividade elétrica 70  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Devido a amostra de água apresentar um baixo valor de condutividade elétrica, foram adicionados 0,3 g de cloreto de sódio (NaCl) em 1,5 L de amostra, para aumentar a condutividade elétrica, passando a ser 430,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

O sistema de ECF foi composto por um reator cúbico de acrílico, com volume útil de 1,5 L, em modo batelada. Na célula do reator foram utilizados 3 eletrodos de alumínio com dimensões de 6,0 cm de altura, 10,5 cm de largura e 0,05 cm de espessura, conectados a uma fonte de energia de corrente contínua. Os ensaios foram realizados em triplicata, com tempo de eletrólise de 27,5 min, corrente elétrica de 0,25 A e pH inicial de 8,5.

Na determinação de cor aparente, turbidez e pH, foi utilizado um colorímetro (Quimis Q406COR), um turbidímetro (Orion AQ4500) e um medidor de pH (Tecnopon AC 200), respectivamente. O consumo de massa dos eletrodos foi determinado de forma experimental, sendo realizada a limpeza dos eletrodos com água destilada, secagem em estufa (105°C) e pesagem em balança analítica, antes e após cada ensaio (CERQUEIRA et al., 2014).

A produção de lodo foi determinada por meio da metodologia de determinação de sólidos totais secos (APHA, 2012). Enquanto o consumo de

## APLICAÇÃO DE ELETROCOAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Cristiane Graepin  
Gustavo Holz Bracher  
Fernanda da Silva Pes  
Ingrid Souza Brikalski  
Jean Vitor Coradini  
Elvis Carissimi6

energia foi determinado através da Equação 1 (CERQUEIRA et al., 2014):

Equação 1

$$Ce (Wh/m^3) = (V.i.t) / (v)$$

Sendo:

*Ce*: o consumo de energia ( $Wh/m^3$ );

*V*: a tensão de operação ( $V$ );

*i*: a corrente elétrica ( $A$ );

*t*: o tempo de aplicação da corrente ( $h$ );

*v*: o volume de água ( $m^3$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros analisados da amostra de água tratada em cada tratamento eletroquímico realizado, com corrente elétrica de 0,24 A, tempo de hidrólise de 27,5 minutos e pH 8,5. Na tabela são apresentados os valores das análises de cor aparente, turbidez, consumo de energia, consumo de massa e produção de lodo.

Tabela 1: Resultados obtidos nos ensaios de tratamento de água por ECF. Fonte: Os autores.

Ensaio	Cor (uC)	Turbidez (NTU)	Consumo de energia (kwh m-3)	Produção de lodo (kg m-3)
1	6,60	1,60	0,44	0,187
2	8,92	1,83	0,47	0,217
3	4,28	1,37	0,41	0,157

Os valores obtidos nos ensaios para cor aparente foram  $\leq 8,92$  uC e para turbidez  $\leq 1,83$  NTU. O anexo XX da Portaria de Consolidação n. 5/2017 do Ministério da Saúde (Padrões de Potabilidade da Água para Consumo Humano), alterada pela Portaria GM/MS 888/2021 e Portaria GM/MS 2472/2021, dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. De acordo com esta Portaria, o valor máximo permitido de turbidez após a filtração lenta é de 1,0 uT. A água tratada nos ensaios de ECF não foi submetida a etapa de filtração, no entanto, os valores obtidos estão próximos ao valor



## APLICAÇÃO DE ELETROCOAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Cristiane Graepin  
Gustavo Holz Bracher  
Fernanda da Silva Pes  
Ingrid Souza Brikalski  
Jean Vitor Coradini  
Elvis Carissimi6

máximo permitido de 1,0 uT, podendo-se afirmar que possivelmente estariam próximos ou de acordo com as exigências da portaria, se a água tivesse sido submetida a filtração. Portanto, o tratamento foi satisfatório quanto à qualidade da água tratada.

Os resultados obtidos para o consumo energético nos ensaios foram  $\leq 0,47$  kWh m<sup>-3</sup>. Para a remoção de arsênio de água sintética por eletrocoagulação, Wan et al. (2011) operaram com uma corrente elétrica de 0,022A e obtiveram um consumo energético de 0,5 kWh m<sup>-3</sup>. Apesar da diferença na corrente elétrica aplicada, o consumo energético obtido nos trabalhos foi semelhante, devido ao tempo de batelada de Wan et al. (2011) ser três vezes maior do que o tempo de eletrocoagulação empregado nesse estudo.

Os valores de consumo de massa dos eletrodos obtidos nos ensaios foram  $\leq 0,064$  kg m<sup>-3</sup>. Sandoval et al. (2014) aplicaram a técnica de eletrocoagulação com corrente elétrica de 0,12A, para a remoção de fluoreto em água sintética. Os autores obtiveram consumo de massa dos eletrodos de 0,019 kg m<sup>-3</sup>. Ao comparar os resultados obtidos com os de Sandoval et al. (2014) observa-se que houve maior consumo de massa dos eletrodos. Esse aumento justifica-se devido ao valor de corrente elétrica aplicado nesse estudo ser aproximadamente duas vezes maior ao aplicado por Sandoval et al. (2014).

A produção de lodo no tratamento foi  $\leq 0,217$  kg m<sup>-3</sup>, abaixo do resultado obtido em outros trabalhos (ESSADKI et al. 2009; BABU e GOEL,2013). Na remoção de fluoreto em água sintética através de ECF realizada por Essadki et al. (2009), a produção de lodo foi de, aproximadamente, 0,6 kg m<sup>-3</sup>, aplicando uma corrente elétrica de 3A durante 18 minutos. De maneira semelhante, Babu e Goel (2013) produziram 0,34 kg m<sup>-3</sup> de lodo. Contudo, o tratamento realizado neste trabalho teve baixo

## APLICAÇÃO DE ELETROCOAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Cristiane Graepin  
Gustavo Holz Bracher  
Fernanda da Silva Pes  
Ingrid Souza Brikalski  
Jean Vitor Coradini  
Elvis Carissimi6

gasto de energia, baixa produção de lodo e resultados satisfatórios para cor aparente e de turbidez da água tratada.

### CONCLUSÕES

A aplicação da técnica de ECF para o tratamento de água foi eficiente, tendo em vista que apresentou uma boa qualidade da água tratada, com resultados de turbidez próximos aos padrões de potabilidade exigidos pela legislação.

Os resultados dos parâmetros operacionais consumo de energia, consumo de massa dos eletrodos e produção de lodo foram baixos quando comparados com estudos com outras aplicações da técnica. Portanto, a técnica de ECF é promissora para ser aplicada no tratamento de água de abastecimento público, uma vez que produz uma água com boa qualidade e parâmetros operacionais adequados.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – American Public Health Association. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: Method 2540 D. 22nd.ed. Washington: APHA-AWWA-WEF, USA.

BABU, J.; GOEL, Sudha. Defluoridation of drinking water in batch and continuous-flow electrocoagulation systems. *Pollution Research*, v. 32, p. 29-38, 2013.

BRASIL, Portaria de GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 07 mai. 2021. D.O.U. Edição 85, Seção 1, p. 127.

BRATBY, J. Coagulation and flocculation with an emphasis on water and wastewater treatment. 1ed. Ed. Uplands Press LTD, 376 p, 1980.

CERQUEIRA, A. A., SOUZA, P. S. A., MARQUES, M. R. C. (2014). Effects of direct and Alternating current on the treatment of oily water in an electroflocculation process. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 31, 693-701.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R.; BASSETTI, F. J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. *International Workshop Advances In Cleaner Production*. São Paulo, 2009.

## APLICAÇÃO DE ELETROCOAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Cristiane Graepin  
Gustavo Holz Bracher  
Fernanda da Silva Pes  
Ingrid Souza Brikalski  
Jean Vitor Coradini  
Elvis Carissimi6

ELKHATIB, D.; CRAVER, V. O.; CARISSIMI, E. Electrocoagulation applied for the removal of microplastics from wastewater treatment facilities. *Sep Purif Technol.* v. 276, 118877, 2021.

ESSADKI, A.H.; GOURICH, B.; VIAL, Ch.; DELMAS, H.; BENNAJAH, M.; Defluoridation of drinking water by electrocoagulation/electroflotation in a stirred tank reactor with a comparative performance to an external-loop airlift reactor. *Journal of Hazardous Materials*, v. 168, p. 1325-1333, 2009.

FEDALA, N. et al. Physical parameters affecting coagulation of turbid water with *Opuntia ficus-indica* cactus. *Ecological engineering*, v. 77, p. 33-36, jan. 2015.

JOÃO, J. et al. Processo de eletrocoagulação-flotação: investigação dos parâmetros operacionais para o tratamento de águas residuais da indústria de pescados. *Química Nova*, v. 41, n. 2, p. 163-168, 2017.

MENESES, J. M. et al. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação: investigação dos parâmetros operacionais. *Química Nova, São Paulo*, v. 35, n. 2, p. 245-240, 2012.

SANDOVAL, M. A. et al. Fluoride removal from drinking water by electrocoagulation in a continuous filter press reactor coupled to a flocculator na clarifier. *Separation and Purification Technology*, v. 134, p. 163-170, 2014.

WAN, W. et al. Effects of water chemistry on arsenic removal from drinking water by electrocoagulation. *Water Research*, v. 45, n. 1, p. 384-392, 2011. ●

# ESTUDO INVESTIGATIVO DAS RELAÇÕES DO NDVI E NDWI COM AS VARIÁVEIS HIDROCLIMATOLÓGICAS NA BACIA DO RIO PIRATINIM -RS

Autor: Carolina Câmara Neto (carolinacamaraneto@gmail.com)

Orientador: Prof. Dr. Jaime Federici Gomes (jaime.gomes@pucri.br)

## RESUMO

Este estudo objetivou relacionar a análise multi - temporal dos índices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e o índice NDWI (Normalized Difference Water Index), através do uso de sensoriamento remoto, com dados hidroclimáticos. A região selecionada foi a bacia hidrográfica do rio Piratinim (sub-bacia do rio Uruguai), onde existe uma agressiva ocupação da agricultura irrigada do arroz. Os índices foram obtidos através das imagens da série de satélite LANDSAT, para anos de 1994, 1999, 2004, 2008, 2012, 2016 e 2020, nos meses de verão e inverno.

Notou-se que o comportamento das áreas das classes de valores de NDVI e NDWI se acompanham, demonstrando relação entre umidade e vegetação. Os índices demonstraram pouca correlação estatística com os dados hidroclimáticos, visto que a região estudada possui um balanço hídrico favorável praticamente todo o ano. As variações estão, possivelmente, mais correlacionadas com o calendário agrícola, condições de irrigação e sazonalidade da evapotranspiração. O uso do NDVI e NDWI em bacias no sul do país sob efeito da irrigação possui dificuldade de interpretações.

Palavras-chave: NDVI, NDWI, LANDSAT, Variáveis Hidroclimáticas. ●

# DEPOIMENTOS JPS

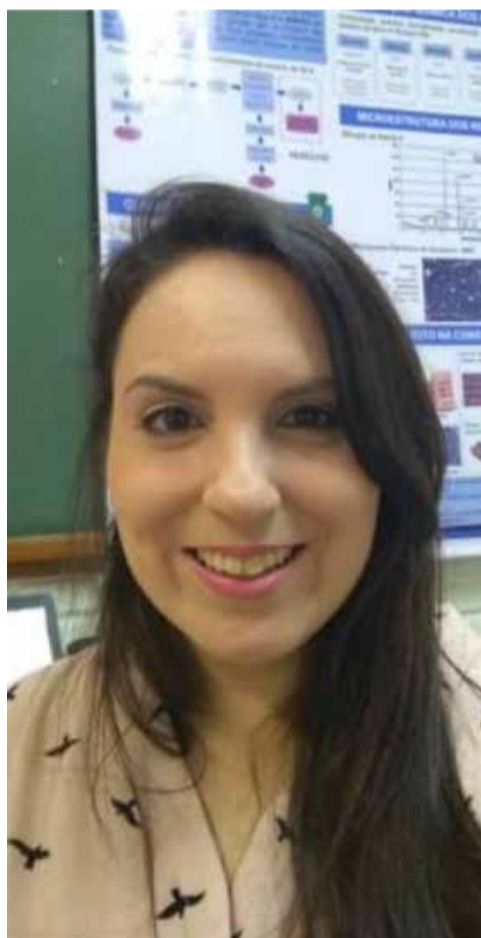
## SAIBA O QUE PENSAM ALGUNS JPS QUE PARTICIPARAM DO 31º CBESA

### KELY BOSCATO PEREIRA

Engenheira Sanitarista e Ambiental

Coordenadora JPS/RS

Participar do 31º CBESA, foi enriquecedor, tive a oportunidade de participar de maneira presencial desta edição, que contou com um formato híbrido, com uma estrutura surpreendente, possibilitando a troca e interação com profissionais de várias regiões do Brasil. Sem dúvidas fazer parte de um dos eventos mais importantes de saneamento e meio ambiente do Brasil, compartilhando e aprendendo, interagindo com grandes especialistas do setor é uma experiência ímpar.



### ROBERTA ARLÊU TEIXEIRA

Engenheira Sanitarista e Ambiental. Mestra em Eng. Civil e em Tecnologias Sustentáveis. Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (UFRGS). Coordenadora Adjunta JPS ABES-RS.

Neste ano tive a oportunidade de participar da 31ª edição do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental de uma forma diferente. Além de ouvinte e apresentadora de trabalhos técnicos, pude atuar como Coordenadora Adjunta do JPS ABES-RS, participando do backstage do maior evento da área de saneamento e meio ambiente realizado de forma híbrida no Brasil. Foi uma experiência incrível, que recomendo a todos, tanto jovens profissionais como sêniores. Todas as palestras e painéis foram pensados com muito esmero para que se desenvolvessem discussões sobre temas de extrema relevância para a área, contribuindo para disseminação de conhecimento e troca de ideias. A ABES novamente mostrou seu protagonismo, junto com seus membros, e mostramos que podemos fazer a diferença. Que venha o próximo CBESA!

## DEPOIMENTOS JPS

**WITAN SILVA**

Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Coordenador JPS Nacional

O 31º CBESA fez história demonstrando a capacidade de adaptabilidade e inovação da ABES frente a tantos desafios e incertezas de um cenário pandêmico. A experiência de ter participado do maior evento híbrido do país interagindo com pessoas de todas as regiões do Brasil, foi única! Me sinto orgulhoso e parte integrante dessa vitória como associado e responsável pelo Programa de Jovens Profissionais. Nessa edição do congresso estivemos a frente de 4 painéis, coordenamos as relatorias e promovemos a interação intergeracional dos profissionais do setor. O maior legado do congresso são as conexões, a amizade e os laços que construímos em prol da construção de um setor mais unido, amigável e engajado na luta pela universalização do saneamento.

**RAFAEL DE FREITAS OLIVEIRA**

Engenheiro civil

Membro sócio do JPS ABES-RS

Esta edição foi minha primeira participação no Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – CBESA. Afirmando que foram extremamente enriquecedores os conhecimentos adquiridos. No meu ponto de vista, o evento propiciou a troca de conhecimento entre as profissionais e estudantes da área, oportunizando uma interação entre as ocorrências e problemas enfrentados diariamente e as frentes de pesquisas da academia. O debate em torno dos desafios dos novos tempos conseguiu abordar aspectos de desenvolvimento científico, pesquisa e inovação de maneira eficaz.



## DEPOIMENTOS JPS

**RAYSSA JACOB**

Engenheira Sanitarista e Ambiental. Mestranda em Engenharia Ambiental e Coordenadora do JPS ABES-Rio

O 31º Congresso da ABES foi uma oportunidade única, foram 4 dias de muita troca, crescimento e aprendizados! Mesmo com tantas incertezas por conta da pandemia, a ABES se reinventou e ofereceu um encontro surpreendente. Cada mesa redonda, cada painel foi pensado com excelência e pude aprender muito com cada profissional que esteve ministrando esses momentos. Sem contar na chance única de poder conhecer pessoalmente tantos colegas do JPS de outras seções, que antes só tinha encontrado por meio virtual. O contato presencial estreitou os nossos laços e me fez ficar ainda mais apaixonada por esse programa!!! Sai com a energia renovada, tendo a certeza que no setor de saneamento e meio ambiente tem muita gente com propósito e disposição para fazer a diferença!

**Informe-se e faça parte da construção de um futuro com mais  
responsabilidade ambiental.**

**Torne-se um membro dos JOVENS PROFISSIONAIS DO SANEAMENTO - JPS**



**PARTICIPE. ASSOCIE-SE NA ABES E/OU TORNE-SE MEMBRO DOS JPS**

Em 2022, participe das discussões das Câmaras Técnicas da ABES/RS. Converse com as coordenadoras do JPS e envolva-se na criação e realização de projetos. Encaminhe seus trabalhos e suas opiniões: ajude a fazer a Revista Afluente.

A ABES é uma associação nacional de profissionais e empresas dedicada a qualificar o setor de saneamento e meio ambiente no Brasil. Envolve-se você também nas Câmaras Temáticas. Participe dos cursos, encontros, simpósios e congressos. Envie artigos para as revistas. Conviva com os melhores profissionais da área. Desfrute de descontos em eventos, cursos e na livraria virtual da ABES. O programa Jovens Profissionais do Saneamento (JPS) garante uma atenção especial da Diretoria Nacional e das Seccionais para as necessidades dos novos profissionais que ingressam no mercado. Desde a recente reformulação do Estatuto, a ABES garante anuidade diferenciada para os profissionais com até 35 anos. Informe-se.

Encaminhe seu artigo de opinião, estudo de caso ou artigo técnico para a revista Afluente, uma realização do núcleo gaúcho do programa JPS. Visite os sites da ABES/RS e da Diretoria Nacional

[www.abes-rs.org.br](http://www.abes-rs.org.br)

[www.abes-dn.org.br](http://www.abes-dn.org.br)

Visite também a página do programa Jovens Profissionais do Saneamento, onde você encontra todas as edições da Revista Afluente e fique por dentro das atividades promovidas especialmente para os profissionais em início de carreira.

<https://www.abes-rs.org.br/site/jps.php>

Acompanhe também pelo Facebook:

[www.facebook.com/abesdn](http://www.facebook.com/abesdn)

E siga a ABES-RS no Instagram:

[www.instagram.com/abes\\_rs](http://www.instagram.com/abes_rs)

Realização:



Parceria institucional:



**NOVAS FAÇANHAS**

NO MEIO AMBIENTE  
E INFRAESTRUTURA