

**(X) Graduação ( ) Pós-Graduação**

**ENSAIOS PRELIMINARES DE ADSORÇÃO VIA FUSÃO DE ÓXIDO DE TITÂNIO  
PARA REMOÇÃO DE ÍONS FLUORETO PRESENTES EM ÁGUA**

**Bruno Christiano Leal Lima**  
Universidade Federal de Santa Maria  
bruno.leal@acad.ufsm.br

**Rafaela Roberta Morelato**  
Universidade Federal de Santa Maria  
rafaelarobertamorellato@hotmail.com

**João Gabriel Munareto do Amaral**  
Universidade Federal de Santa Maria  
joão\_gabrielbiel@hotmail.com

**Angélica Arndt Scalabrin**  
Universidade Federal de Santa Maria  
angelicaascalabrin@gmail.com

**Nátalie de Paula**  
Universidade Federal de Santa Maria  
eng.nataliedepaula@gmail.com

**Elvis Carissimi**  
Universidade Federal de Santa Maria  
elvis.carissimi@ufsm.br

**RESUMO**

A presença de íons fluoreto nas águas utilizadas para abastecimento, quando em baixas concentrações (entre 0,5 e 1,5 mg/L), é uma importante ferramenta para a manutenção da saúde bucal. Porém, quando em concentrações acima de 1,5 mg/L, pode causar sérios danos à saúde da população, acarretando na fluorose dental e óssea. Atualmente, os materiais viáveis economicamente e comumente empregados na adsorção de íons fluoreto, como a alumina ativada (AA), não apresentam índices satisfatórios de remoção. Nesse contexto, este estudo realizou testes preliminares de adsorção utilizando a fusão de óxido de titânio para a remoção de íons fluoreto em amostras de água contaminada. Para realização do ensaio, produziu-se uma solução para simular amostras, contendo fluoreto em concentração de 5 mg/L, em pH 5. Em seguida, submeteu-se 20 mL da solução, combinado com 0,1 g do material adsorvente, por 1h em agitação ao banho maria a 25°C, em 150 rpm. O estudo obteve resultado satisfatório, onde o material atingiu eficácia de remoção de 44,49% e capacidade adsorptiva de 0,482 mg/g. Logo, fica evidente o potencial do material na remoção dos fluoretos e, também, a necessidade de ampliar os estudos com o mesmo, visando potencializar sua eficiência para aplicação em escala na indústria.

**Palavras-chave:** Adsorção; Água subterrânea; Íons fluoreto; TiO<sub>2</sub>.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao fato de ser o mais eletronegativo e reativo dos elementos químicos, o flúor só é encontrado na natureza na forma iônica de fluoretos, geralmente combinado com metais ou hidrogênio (CETESB, 2014). As fontes de emissão naturais da substância estão ligadas, principalmente à sua presença na composição química de diversas rochas, as quais libertam compostos fluoretados para o meio ambiente durante o seu processo de meteorização e dissolução (Balouch *et al.*, *apud* Ribeiro, 2018). Assim, devido à atuação de vários processos de transporte, como o escoamento superficial, lixiviação e infiltração, os fluoretos são levados ao solo e, subsequentemente, às águas subterrâneas (Ribeiro, 2018).

De acordo com Sharma *et al.*, (2017 *apud* Ribeiro 2018), o fluoreto é o poluente inorgânico, de origem natural, mais importante atualmente, e mais de 20 países no mundo são afetados pelas elevadas concentrações dessa substância nas águas subterrâneas, como a Índia, o Quênia, o Senegal e a Tanzânia. Ademais, essa temática, é de suma importância, visto que as maiores fontes de recursos hídricos são, justamente, os aquíferos (Ribeiro, 2018).

Contudo, a ingestão prolongada de água com níveis elevados de fluoreto (superiores a 1,5 mg/L), especialmente durante os estágios iniciais do desenvolvimento humano e animal, pode causar fluorose dentária e óssea, além de aumentar o risco de osteoporose e afetar outros órgãos (Yadav *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2017 *apud* Paula, 2021). A Figura 1 apresenta casos de fluorose dental em estágios avançados.

Figura 1: Fluorose dental em estágios avançados



Fonte: Núñez, (2023).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) preconiza que a concentração máxima de íons fluoreto nas águas destinadas ao abastecimento não ultrapasse 1,5 mg/L. (WHO, 2004 *apud* Paula, 2021). Em concordância com a recomendação, no Brasil, a Portaria N°888, de 4 de maio de 2021, define que a concentração máxima de íons fluoreto em águas utilizadas para abastecimento seja de 1,5 mg/L (BRASIL, 2021).

No Rio Grande do Sul (RS), a Portaria Nº 10 de 1999 estabelece que o teor de concentração ideal de fluoreto nas águas destinadas ao consumo humano seja de 0,8 mg/L, e são considerados valores dentro do Padrão de Potabilidade, a faixa entre 0,6 e 0,9 mg/L (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1999). Porém, conforme dados obtidos através do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA, 2018), foram constatadas concentrações de até 58 mg/L de fluoreto em amostras de água no estado.

A região alvo do estudo é um dos locais de impacto no RS, denominada Quarta Colônia. Localizada na Mesorregião do Centro Oriental Riograndense, ela é composta pelos municípios: Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Ivorá, Nova Palma, Pinhal Grande, Restinga Seca, São João do Polêsine e Silveira Martins.

Nesse sentido, o propósito deste estudo foi conduzir testes preliminares de adsorção empregando a fusão do óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), com o intuito de remover íons fluoreto contidos em soluções aquosas. Sua capacidade de evitar incrustações e impedir a passagem de diversos contaminantes o torna uma opção valiosa para purificação de água. Além disso, o material em questão apresenta “[...] elevada reatividade fotoquímica, estabilidade em sistemas aquosos, baixa toxicidade ambiental e baixo custo” (Cervantes; Zaia; Santana, 2009; Liu *et al.*, 2019; Nossol *et al.*, 2016 *apud* Pavani, 2022).

Quanto à abordagem dos testes preliminares, para simular amostras de água subterrânea com elevada concentração de íons fluoreto, uma solução é preparada utilizando um balão volumétrico de 1 L, contendo 0,221 g de fluoreto, que é, então, dissolvido em água destilada, resultando em uma concentração inicial de 100 mg/L. Dessa solução, 50 mL são retirados e transferidos para outro balão de 1 L, onde são novamente diluídos para alcançar uma concentração de 5 mg/L. Em seguida, o pH da solução é ajustado para 5,0 e esta segue para o ensaio de adsorção.

Em seguida, 20 mL da solução é transferida para frascos Erlenmeyer de polipropileno contendo 0,10g da fusão do  $\text{TiO}_2$ . Então, os frascos são agitados por 1h em banho-maria a 25°C, na velocidade de 150 rpm. Posteriormente, a amostra é filtrada utilizando uma seringa e um filtro de nylon com diâmetro de 13 mm e poros de 0,45  $\mu\text{m}$ . Os resultados contendo as concentrações finais dos íons fluoreto são determinadas por meio de cromatografia iônica.

## 2 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Quando comparada a outros métodos, como precipitação/coagulação, eletrodialise e nanofiltração, a adsorção é vista como a alternativa mais promissora para a remoção de fluoreto da água, devido à sua simplicidade, eficácia elevada e custo reduzido (Craig; Stillings; Decker, 2017; Kumari; Behera; Meikap, 2019 *apud* Paula, 2021).

O material frequentemente empregado na adsorção dos íons fluoreto encontrados em águas subterrâneas é a Alumina Ativada e sua eficiência de remoção é de apenas 30%, com uma capacidade de adsorção de 0,27 mg/g (Morelato *et al.*, 2023). Os resultados do presente estudo revelaram que a fusão de TiO<sub>2</sub> alcançou uma eficácia de remoção de 44,49% e uma capacidade de adsorção de 0,482 mg/g. Considerados satisfatórios, esses resultados evidenciam a capacidade do material testado na remoção dos íons fluoreto.

### 3 CONCLUSÕES

Contudo, de acordo com os resultados de ensaios realizados por Morelato *et al.* (2023), foi constatado que o TiO<sub>2</sub>, em outras condições obteve eficiência de remoção de 92%, bem como, capacidade de adsorção de 0,93 mg/g. Visto isso, fica evidente que o material testado efetivamente possui capacidade de adsorção satisfatória em relação aos materiais geralmente empregados, como a AA. Porém, se comparado a testes de adsorção que utilizam TiO<sub>2</sub> em outras condições, o material testado obteve desempenho significativamente inferior. Dessa forma, fica evidente a necessidade da perpetuação do presente estudo e a realização de novas modificações no material, visando incrementar a sua eficiência, para que então possa ser utilizado em escala na indústria.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao EDITAL FIEIX PRE/UFSM N.083/2022, pelo investimento nesta pesquisa.

### REFERÊNCIAS

BRASIL, **PORTARIA GM/MS Nº888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Ministério da Saúde. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 14 fev. 2024.

CETESB. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde ambiental. **Ficha de informação toxicológica flúor e fluoretos**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2014/12/fluor-fluoretos.pdf>> Acesso em: 28 mar. 2024.

MORELATO *et al.* **Ensaio Preliminares de Adsorção Utilizando Óxido de Titânio II para remoção de Íons Fluoreto presentes em Matriz de Água Subterrânea**. In: 38ª Jornada

Acadêmica Integrada – JAI. Universidade Federal de Santa Maria, 2023.

PAULA, N. de. Alumina ativada modificada por ozonização: preparação, caracterização e aplicação na remoção de íons fluoreto presentes em água subterrânea. **Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

PAVANI, Naiara Maria. Nanopartículas de óxido de titânio e óxido de zinco: síntese, caracterização e ação fotocatalítica em efluentes industriais. **Universidade do Oeste Paulista.** Disponível em: <<https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/4523/3474>>. Acesso em: 12 fev. 2024

RIBEIRO, A. C. Avaliação da capacidade de remoção de fluoretos da água através da adsorção em mica. **Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.** Instituto Superior de Agronomia. Universidade de Lisboa, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. **PORTARIA N.º 10/99**, de 16 de agosto de 1999. Define teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano fornecidas por Sistemas Públicos de Abastecimento. Disponível em: <<https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201705/11120018-portaria-n-10-99-de-16-de-agosto-de-1999.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2024.