

## AVALIAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMO ADSORVENTE DE CONTAMINANTES

---

*Data de submissão: 09/05/2023*

*Data de aceite: 03/07/2023*

### **Lara Alves Gullo do Carmo**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/7834385871356318>

### **Luiza Beatriz Gamboa Araújo Morselli**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Desenvolvimento Tecnológico  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/2217724221930510>

### **Caroline Menezes Pinheiro**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/5984557031030431>

### **Julia Kaiane Prates da Silva**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/8043172936883765>

### **Jessica Torres dos Santos**

Universidade de Lisboa  
Lisboa - Portugal  
<http://lattes.cnpq.br/8535897129145784>

### **Josiane Pinheiro Farias**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Desenvolvimento Tecnológico  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/9548569790288183>

### **Luisa Angelo dos Anjos**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/4577027175697472>

### **Julia Mendes**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/1280242396515862>

### **Mariela Vieira Peixoto da Silva**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/7341626184906896>

### **Luísa Andina**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/9587506623893946>

### **Robson Andreazza**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Desenvolvimento Tecnológico  
Pelotas - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/5706766977817721>

**RESUMO:** O Brasil tem enfrentado um desafio cada vez maior para garantir o acesso à água potável para a população. Com a exigência de fornecimento de água potável de qualidade é necessário a utilização de coagulantes ricos em alumínio que geram grande quantidade de subprodutos denominados de lodo de estação de tratamento de água (LETA). Este resíduo tem alta capacidade de adsorção de compostos químicos catiônicos e pode ser utilizado como adsorvente no tratamento de efluentes. Além disso, o lodo pode ser reciclado no solo aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas ou para recuperação de áreas degradadas. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial de adsorção do corante catiônico, Azul de Metileno Hidratado (AM) através do contato com o LETA. Os ensaios foram realizados em aparelho Jar Test onde empregou-se 1L de AM com concentração de 20 mgL<sup>-1</sup> e 1g L<sup>-1</sup> de LETA em pó sob agitação de 120 rpm à 25°C com diferentes tempos de contato (5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 e 150 minutos). A maior remoção de AM da concentração inicial obtida foi de 85% ao final dos 150 minutos de contato com o adsorvente. Os resultados confirmam o potencial do lodo de ETA como material adsorvente para a remoção de contaminantes. Essa abordagem pode ser uma alternativa viável para a recuperação ambiental, ao mesmo tempo em que contribui para a gestão sustentável dos resíduos gerados pelas ETAs.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de ETA, Adsorção, Água potável, Tratamento de efluentes, Gestão sustentável de resíduos.

## EVALUATION OF SLUDGE FROM WATER TREATMENT PLANT AS CONTAMINANT ADSORBENT

**ABSTRACT:** Brazil has been facing an increasing challenge to ensure access to potable water for the population. With the requirement for quality potable water supply, the use of aluminum-rich coagulants that generate a large amount of byproducts called water treatment plant sludge (WTPS) is necessary. This residue has a high capacity for adsorption of cationic chemical compounds and can be used as an adsorbent in effluent treatment. In addition, the sludge can be recycled into the soil, increasing the availability of nutrients for plants or for the recovery of degraded areas. In this sense, the present study aimed to evaluate the potential of cationic dye, Methylene Blue Hydrate (MB), adsorption through contact with WTPS. Tests were carried out in a Jar Test apparatus where 1L of MB with a concentration of 20 mg/L and 1g/L of WTPS powder were used under agitation of 120 rpm at 25°C with different contact times (5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, and 150 minutes). The highest removal of MB from the initial concentration obtained was 85% at the end of 150 minutes of contact with the adsorbent. The results confirm the potential of WTPS as an adsorbent material for the removal of contaminants. This approach can be a viable alternative for environmental recovery while contributing to the sustainable management of the waste generated by WTPs.

**KEYWORDS:** Sludge of ETA, Adsorption, Potable water, Effluent treatment, Sustainable waste management.

## 1 | INTRODUÇÃO

O lodo de estação de tratamento de água (LETA), é um resíduo sólido de Classe IIA (ABNT, 2004), proveniente do tratamento de potabilização da água. Em geral, as estações de tratamento de água (ETAs) não possuem destinação final adequada para o LETA e devido ao baixo custo costumam descartá-lo em corpos hídricos (RICHTER, 2001), inclusive os do próprio local de captação de água bruta.

Esta prática pode acarretar em assoreamento, turbidez, toxicidade e eutrofização da água. A maior dificuldade para reciclagem do lodo se dá por características como elevada umidade, quantidade de sólidos, concentração de metais pesados e pelo alto custo financeiro no seu transporte e tratamento (RICHTER, 2001).

Uma das vantagens sobre o LETA é que o mesmo pode ser utilizado como adsorvente de baixo custo para remoção de fósforo de águas residuais. KRISHINA, ARYAL e JANSEN (2016) analisaram as capacidades de adsorção de fósforo de quatro tipos de lodos de estação de tratamento de água com bases de ferro e alumínio como coaguladores e floculadores, comprovando a eficácia do lodo de ETA na remoção de fósforo de águas residuais.

O LETA contendo alumínio, por sua vez, consiste em um subproduto amplamente gerado, resultante do processo de purificação de águas superficiais para fins potáveis (HUSSEIN et al., 2021). Trata-se de um material altamente reativo e com capacidade para remover fósforo dos efluentes através da adsorção (RITTER, 2020).

O fósforo é um fator limitante para o desenvolvimento de plantas, visto que no solo há pouca disponibilidade desse nutriente. Assim sendo, o LETA, considerado um resíduo, apresenta potencial de reciclagem no ambiente devido seu baixo custo de implementação no solo e grande disponibilidade de fósforo (LUCON et al., 2017).

O processo de adsorção tem sido considerado um dos mais eficientes no que diz respeito ao tratamento de água e águas residuárias e possui um grande potencial para reduzir os níveis de compostos tóxicos de efluentes industriais ao meio ambiente (MOREIRA, 2008).

Um adsorvente é classificado como um material sólido com a capacidade de adsorver substâncias ou moléculas de meios líquidos ou gasosos (MEURER, 2007, p.111). São amplamente utilizados em processos de purificação, separação ou extração. As características presentes no LETA o fazem um promissor adsorvente, onde sua estrutura é adequada para reter o adsorvato, auxiliando para que o tempo de alcance de equilíbrio de adsorção seja curto.

Partindo de suas caracterizações, pela presença de matéria orgânica e argilominerais (MORSELLI, 2022), foi avaliada a reciclagem do LETA proveniente da ETA Santa Bárbara do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas/RS (SANEP) como adsorvente de contaminantes químicos, sendo essa uma forma de redução de impacto

ambiental em áreas degradadas, proporcionando uma destinação ambientalmente correta do resíduo gerado nas ETAs.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Coleta e preparação do adsorvente

O LETA é captado de forma líquida na ETA Santa Bárbara, localizada na cidade de Pelotas/RS, em dia de limpeza de decantadores. A secagem é realizada em estufa de secagem, sob a temperatura de  $(100 \pm 5)$  °C. Quando LETA seco, o material é moído em moedor estilo jarro com bolas cerâmicas até a textura em pó com material passante em peneira estilo mesh (230), para obtenção de diâmetro máximo de partículas do adsorvente de 63  $\mu\text{m}$ .

### 2.2 Adsorvivo

O adsorvivo é o íon ou molécula em solução que tem o potencial de ser adsorvido (MEURER, 2007, p.111). Foi utilizado na pesquisa, como potencial adsorvivo, o corante catiônico Azul de Metileno Hidratado (AM), em grau analítico e sem purificação suplementar, com fórmula  $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Este composto foi escolhido para esta aplicação por ser um corante de baixo custo, facilmente solubilizado em água, liberando íons.

### 2.3 Estudos de adsorção

Foram realizadas triplicatas nos estudos de adsorção do AM a partir de soluções aquosas, utilizando o LETA como adsorvente. O pH das soluções do adsorbato variaram de 2,0 a 10,0. O pH inicial das soluções do adsorvente foram medidos utilizando um pHmetro de bancada digital, seguindo os procedimentos da norma da EMBRAPA (1997).

Para a realização dos ensaios de adsorção, foi utilizado o aparelho Jar Test com capacidade de seis jarros de 2L cada. O corante AM foi diluído em água destilada a uma concentração de  $20 \text{ mgL}^{-1}$  e agitado a uma temperatura de  $(25 \pm 1)$  °C. Posteriormente foi adicionado o adsorvente em pó a uma concentração de  $1 \text{ g L}^{-1}$ . Foi empregado um volume de 1L para as análises de adsorção no Jar Test, com agitação a 120 rpm por 10 minutos. Foram retiradas alíquotas de 10mL em diferentes tempos de contato: 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 e 150 minutos.

Após a realização da análise de adsorção no Jar Test, as alíquotas foram filtradas em centrífuga a 2400 rpm para separação dos adsorventes da solução. A concentração final do corante remanescente foi determinada pelo método de espectrofotometria de absorção molecular na região visível. Para isso foi utilizado um aparelho espectrofotômetro UV-VIS 1600 UV no comprimento de onda máximo do AM, de 665nm, com o uso de uma cubeta de vidro.

Para a determinação da quantidade de corante AM adsorvido e a porcentagem de remoção do mesmo, foram aplicadas respectivamente as equações 1 e 2:

$$q = \frac{C_o - C_f}{m} \cdot V$$

Equação 1 - Cálculo da quantidade de corante adsorvido.

$$\%Remoção = 100 \cdot \frac{(C_o - C_f)}{C_o}$$

Equação 2 - Porcentagem de remoção de corante pelo adsorvente.

Na equação 1, **q** representa a quantidade de corante adsorvido ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ), **C<sub>o</sub>** denota a concentração inicial de AM em contato com adsorvente, expressa em ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ); **C<sub>f</sub>** é a concentração do corante após o processo de adsorção, expressa em ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ); **V** representa o volume de solução corante (L); e **m** é a massa do adsorvente utilizado, expressa em gramas (g).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O LETA da ETA Santa Bárbara seco apresenta um pH de 6,5 e capacidade de troca catiônica (CTC) de  $13,46 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , conforme descrito por Morselli (2020). Tais valores estão de acordo com os parâmetros estabelecidos para LETA com o uso de alumínio como coagulante, conforme Richter (2001). A CTC observada no LETA Santa Bárbara está diretamente relacionada à presença de matéria orgânica (MO), que corresponde a 16,21%, bem como à presença de argilominerais na fração de argila, que corresponde a 26,9%, estabelecido por Morselli (2022). Define-se a CTC como a capacidade que os colóides do solo possuem para reter cátions, sendo diretamente dependente da quantidade de cargas negativas presentes no mesmo, sendo retidos, portanto, nutrientes e metais pesados.

Os resultados obtidos indicam que a adsorção de AM ocorreu conforme o esperado, com uma remoção de 85% do adsorvivo ao final de 150 minutos do experimento (TABELA 1). Esse resultado mostra que o lodo de ETA Santa Bárbara possui um potencial significativo de aplicação como adsorvente de contaminantes.

Média das leituras com 0.5g de lodo para 20 mg/L de AM em duplicata		
min	mg/L de AM	remoção (%)
0	20	0,0000
10	7,6197	61,9017
20	6,4786	67,6070

30	5,9160	70,4200
60	4,3708	78,1458
90	4,1331	79,3344
120	3,2853	83,5737
150	2,8574	85,7132

Tabela 1- Porcentagem de remoção de corante pelo adsorvente.

## 4 | CONCLUSÕES

O uso do lodo de ETA como adsorvente apresenta vantagens como baixo custo de produção, alta disponibilidade e baixo impacto ambiental. Além disso, o processo de adsorção é considerado uma técnica simples e eficiente, com grande potencial de aplicação em diferentes processos de tratamento de água e solos. Os resultados deste estudo confirmam o potencial do lodo de ETA Santa Bárbara como material adsorvente para a remoção de contaminantes. Essa abordagem pode ser uma alternativa viável para a recuperação ambiental, ao mesmo tempo em que contribui para a gestão sustentável de resíduos gerados pelas estações de tratamento de água.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 10004: Resíduos sólidos**. Classificação. Rio de Janeiro 2004.

MOREIRA, S. A. **Adsorção de íons metálicos de efluente aquoso usando bagaço do pedúnculo de caju: estudo de batelada e coluna de leito fixo**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Editora Agronômica CERES, 1980.

RITTER, T. M. **Estudo do lodo de eta contendo alumínio para adsorção de fósforo de esgotos sanitários previamente tratados em wetlands construídos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

HUSSEIN, A. M.; SILLANPAA, M.; WAHED, M. S. A. **Impacts alum DWTPs sludge discharge and changes in flow regime of the Nile River on the quality of surface water and cultivated soils in Fayoum watershed, Egypt**. Science of the Total Environment, v. 766, p. 144333, 2021.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. Porto Alegre, 2017.

MORSELLI, L. B. G. A.; CARMO, L. A. G. do; QUADRO, M. S.; ANDREAZZA, R. **Lodo de estação de tratamento de água: possibilidade de aplicação no solo**. Scientia Plena, v. 18, n. 5, 2022. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.051701>

EMBRAPA, **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997.

LUCON, I. M.; BERTON, R. S.; COSCIONE, A. R. Adsorção de fósforo em latossolo tratado com lodo de estação de tratamento de água. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 10, n. 3, p. 317-326, 2017.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água.** São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

BAL KRISHNA KC, ARYAL A, JANSEN T. **Comparative study of ground water treatment plants sludges to remove phosphorous from wastewater.** J Environ Manage. 2016 Sep 15;180:17-23. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.05.006. Epub 2016 May 15. PMID: 27192387.