



## Aclimação de reator tipo UASB com efluente sanitário hospitalar Acclimatization of a UASB reactor with hospital wastewater

Pamella Regina Mariotti<sup>1</sup>, João Victor Boehm de Azevedo<sup>2</sup>, Rafaela Imoski<sup>2</sup>, Karina Querne de Carvalho<sup>3</sup> Marcus Vinicius de Liz<sup>3</sup>

### RESUMO

Devido ao aumento da produção e ao consumo desenfreado de fármacos, têm-se tornado comum encontrar tais substâncias em estações de tratamento de esgoto (ETE) e conseqüentemente em águas naturais, podendo levar a alterações crônicas aos ecossistemas aquático e terrestre. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a aclimação de um reator tipo UASB com efluente sanitário hospitalar com elevada carga farmacológica em sua composição, para posterior avaliação da sua capacidade de remoção de fármacos, em especial antibióticos usados no tratamento de tuberculose. A aclimatização do reator estritamente com efluente sanitário hospitalar resultou em boas condições de remoção química da matéria orgânica, com concentração final efluente de 83 mg L<sup>-1</sup>, mostrando eficiência de remoção de 78%, além de se mostrar eficaz quanto a redução de acidez do meio, resultando, em média em 56% de remoção. Além disso, nota-se o acréscimo do pH quando comparados os valores afluente e efluente ao reator, corroborando com a verificação de eficácia de tratamento do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ambientação; Eficiência; Tratamento.

### ABSTRACT

Due to the increase in production and rampant consumption of pharmaceuticals, it has become common to find such substances in wastewater treatment plants (WWTPs) and consequently in natural waters, enabling chronic changes to aquatic and terrestrial ecosystems. Therefore, the objective of this work was to evaluate the acclimatization of a UASB reactor with hospital effluent with a high pharmacological load in its composition, for subsequent evaluation of its ability to remove antibiotics used in the treatment of tuberculosis. The acclimation of the reactor strictly with hospital sanitary wastewater resulted in good conditions for the chemical removal of organic matter, with a final effluent concentration of 83 mg L<sup>-1</sup>, showing an efficiency of 78%. It also proved effective in reducing the medium acidity, resulting in an average reduction of 56%. Furthermore, an increase in pH is observed when comparing influent and effluent values to the reactor, corroborating the effectiveness of the treatment system.

**KEYWORDS:** Acclimation; Efficiency; Treatment.

## INTRODUÇÃO

O uso indiscriminado de fármacos tem se tornado um problema ambiental mundial, visto que as estações de tratamento de esgoto (ETE), não estão preparadas para o tratamento destas substâncias, permitindo que sejam lançadas aos corpos d'água indiscriminadamente (BILA, 2003). Logo, torna-se imprescindível a adoção de métodos de tratamento capazes de degradar micropoluentes presentes em águas residuárias, principalmente considerando que não há pleno conhecimento dos efeitos aos seres humanos e aos ambientes aquáticos.

<sup>1</sup> Voluntária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: pamellamariotti@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1174698160729681.

<sup>2</sup> Coautor. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: joaoazevedo@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 2826304486126877

<sup>2</sup> Coautora. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: rafaelaimoski@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 0569965246504553

<sup>3</sup> Docente no Departamento Acadêmico De Construção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: kaquerne@utfpr.edu.br. ID Lattes: 8055585859691419.

<sup>3</sup> Docente no Departamento Acadêmico de Química e Biologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: marcuslizutfpr@gmail.com. ID Lattes: 6959317686443946.



O reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB, Upflow Anaerobic Sludge Blanket), consiste em uma coluna de fluxo ascendente, composta por um leito de lodo que caracteriza-se por ser uma camada densa e sólida, uma manta de lodo cuja fração mais significativa é líquida, e por fim uma terceira camada composta por um separador trifásico gás-sólido-líquido, tendo como objetivo realizar o tratamento de águas residuárias através do contato dos microrganismos anaeróbios presentes na biomassa com águas residuárias em tratamento (VASCONCELOS, 2020).

O processo de digestão anaeróbia inicia-se com a hidrólise, onde exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas realizam a conversão de carboidratos, proteínas e lipídeos a moléculas menores como monossacarídeos, aminoácidos e ácidos graxos, respectivamente. Os parâmetros que podem influenciar esta etapa são temperatura, tempo de residência do substrato no reator, composição do substrato, tamanho de partículas, pH, concentração de amônia e concentração de produtos da hidrólise (METCALF & EDDY, 2016).

A etapa seguinte corresponde à acidogênese, onde os produtos gerados na etapa anterior são consumidos por bactérias fermentativas acidogênicas, gerando ácidos graxos voláteis, álcoois, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio. Posteriormente, na acetogênese, os produtos da etapa precedente são convertidos em substrato apropriado para as bactérias metanogênicas, sendo esse grupo das acetogênicas considerado um grupo intermediário, gerando hidrogênio, dióxido de carbono e acetato (SÁ et al., 2021).

A última etapa da digestão anaeróbia consiste na metanogênese, fase em que ocorre a formação de metano e gás carbônico pelas *archaea* metanogênicas. As arqueias acetotróficas, produzem metano a partir da redução do ácido acético, enquanto as hidrogenotróficas produzem metano a partir do hidrogênio e do dióxido de carbono. Ambas são fundamentais no processo de digestão anaeróbia pois consomem os produtos gerados nas fases anteriores (CHERNICHARO, 2015).

Tendo em vista a complexidade do processo, a aclimação do lodo do reator é fundamental para promover estabilidade ao tratamento, para tal faz-se necessária a adaptação gradual dos microrganismos presentes no inóculo, principalmente em casos da presença de potenciais agentes tóxicos do substrato de alimentação do reator capazes de prejudicar o desenvolvimento dos microrganismos anaeróbios (SILVA et al., 2020). Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo aclimatar um reator UASB com efluente sanitário hospitalar através do monitoramento de parâmetros físico-químicos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira etapa desta pesquisa contemplou a caracterização do efluente sanitário hospitalar para conhecimento de suas particularidades por meio de oito parâmetros, conforme o Quadro 1.

A segunda etapa do projeto consiste na aclimação do reator UASB através do monitoramento do desempenho do tratamento do efluente por meio dos parâmetros pH, demanda química de oxigênio (DQO), ácidos voláteis e alcalinidade. O acompanhamento dos parâmetros físico-químicos supracitados foi realizado durante cerca de dois meses, sendo realizadas análises periódicas, totalizando 24 alíquotas amostradas em diferentes dias, de afluente e efluente do reator.



**Quadro 1 - Parâmetros e métodos utilizados nas análises físico-químicas.**

Parâmetro	Unidade	Método	Referência
pH	-	Potenciométrico	-
Alcalinidade e ácidos voláteis	-	Titulométrico	Ripley et al. (1986)
DQO	mg L <sup>-1</sup>	Colorimétrico por refluxo fechado	(APHA, 2017) 5220-D
DBO	mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	Incubação	(APHA, 2017) 5210-B
Nitrito	mg L <sup>-1</sup>	Colorimétrico	(APHA, 2017) 4500NO2-B
Nitrato	mg L <sup>-1</sup>	Redução por Cádmio	(APHA, 2017) 4500NO3-E
Ortofosfato	mg L <sup>-1</sup>	Redução com Ácido Ascórbico	(APHA, 2017) 4500P-J
Nitrogênio amoniacal	mg L <sup>-1</sup>	Fenato	(APHA, 2017) 4500NH3-F

Fonte: 23rd Edition of Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association (APHA, 2017).

## RESULTADOS

Os resultados para os parâmetros de caracterização do efluente hospitalar utilizado como substrato de alimentação do reator são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Resultados da caracterização do efluente sanitário hospitalar.**

Parâmetro	Unidade	Resultado
pH	-	8,04
DQO	mg L <sup>-1</sup>	507,07
DBO	mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	19,67
Nitrito	mg L <sup>-1</sup>	2,72
Nitrato	mg L <sup>-1</sup>	2,89
Ortofosfato	mg L <sup>-1</sup>	16,51
Nitrogênio amoniacal	mg L <sup>-1</sup>	80,28
Sólidos totais	%	0,10

Fonte: A autora, 2023.

A caracterização evidenciou alta carga de nitrogênio amoniacal, o que era esperado devido sua origem da hidrólise da uréia na água, composto altamente presente em efluentes sanitários. Ainda, foram verificadas menores concentrações de nitrito e nitrato pois tais parâmetros decorrem de etapas posteriores da oxidação da molécula de amônia. (CETESB, 2013). Quanto a ortofosfato, o resultado obtido é indicador da presença de compostos industrializados fosfatados, a exemplo, produtos de higiene e limpeza. Dessa forma, verifica-se a necessidade de tratamento deste efluente para remoção dos nutrientes, a fim de minimizar a eutrofização dos ambientes naturais (QUEVEDO et al., 2017).

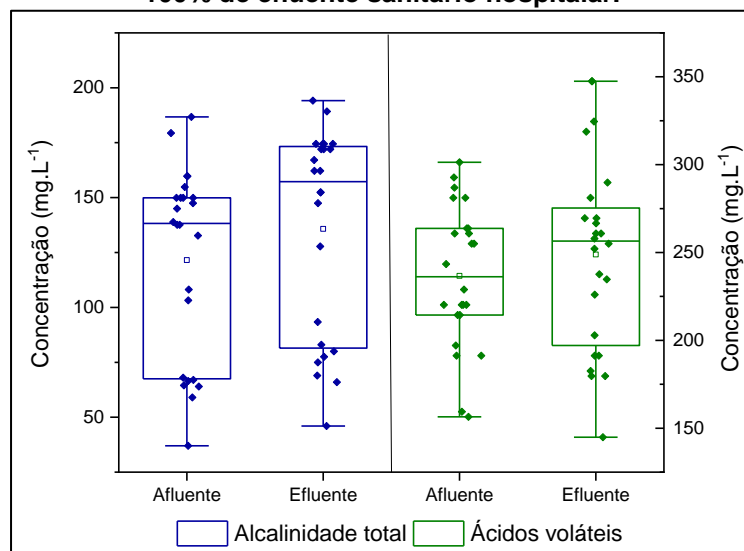
Ainda, a partir da caracterização do efluente, é possível determinar a sua biodegradabilidade, que, segundo Metcalf & Eddy (2016), se determina através da relação DBO<sub>5</sub>/DQO. Quando tal relação resulta em valor inferior a 0,30, é um indicativo da presença de agentes tóxicos na matriz analisada. Nesse sentido, o efluente em análise resultou em uma relação DBO<sub>5</sub>/DQO de 0,04, evidenciando a necessidade do processo de ambientação da manta de lodo devido à alta carga de fármacos em sua composição.



Quanto ao monitoramento das variáveis físico-químicas do substrato do reator tipo UASB durante o período de aclimação, foram verificados valores de pH de entrada e saída, variando respectivamente de 6,32 a 8,20 e de 6,74 a 8,11.

O equilíbrio interno do reator é alcançado por sua capacidade em manter o pH do meio constante, mesmo diante de variações no pH do substrato. Esse fenômeno é conhecido como a capacidade de tamponamento do reator, a qual é mantida pela produção de alcalinidade por meio da formação de bicarbonatos (SILVA et al., 2020). Nesse sentido, foram verificados valores médios de alcalinidade total de 122,43 mg L<sup>-1</sup> afluente e de 141,86 mg L<sup>-1</sup> efluente ao reator. Conforme apresentado na Figura 1 pode-se notar que nesta etapa de ambientação em 100% de efluente sanitário, a alcalinidade foi consumida para manter o pH devido a acidez verificada na entrada do reator, mostrando a estabilidade do sistema em relação a remoção da acidez do meio.

**Figura 1 - Resultados de acidez e alcalinidade verificados durante a adaptação do reator UASB para 100% de efluente sanitário hospitalar.**

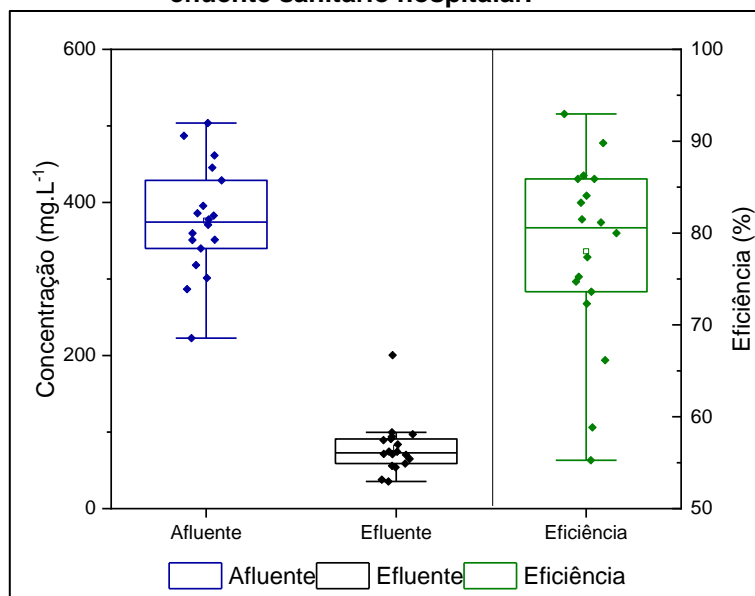


Fonte: A autora, 2023.

Quanto aos valores obtidos para a demanda química de oxigênio (DQO), foi observado que afluente ao reator os resultados variaram de 222,83 a 597,00 mg L<sup>-1</sup>, e de 35,41 a 255,33 mg L<sup>-1</sup> efluente ao reator (Figura 2), representando uma eficiência média de remoção de DQO de 78%. Para efeitos de comparação, Gonzalez-Gil et al. (2018), ao utilizar um reator do tipo UASB, obteve uma remoção média de 76,1%. Em outro estudo, Sá et al. (2021) obteve uma remoção média de 73% de DQO quanto trabalhou com uma matriz semelhante ao deste trabalho. Já em outro estudo, Sharma e Kazmi (2016) relataram uma remoção de 71% de DQO. Assim, pode-se afirmar que o presente trabalho obteve eficiência de remoção de DQO superior à média dos estudos relatados.



Figura 2 - Resultados de DQO verificados durante a adaptação do reator UASB para 100% de efluente sanitário hospitalar.



Fonte: A autora, 2023.

## CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados apresentados, é possível afirmar que a etapa final de aclimação do reator mostrou a robustez do sistema quanto ao tratamento anaeróbico em reator tipo UASB, resultando em uma eficiência de remoção de DQO de 78%, o que é um indicativo da eficiência do tratamento do efluente.

Os próximos passos contemplam verificar a eficiência na remoção de fármacos no efluente, e a execução de processos oxidativos avançados (POA's), visando aprimorar o tratamento do efluente para remoção destes compostos, bem como avaliar a fitotoxicidade e ecotoxicidade antes e após os processos de tratamento UASB e POA.

## AGRADECIMENTOS

À UTFPR e ao CNPq pelo apoio financeiro e aos laboratórios LAMAQ e LAMEEA pela disponibilidade de equipamentos de apoio para as análises realizadas.

## CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23rd edition, American Public Health Association, Washington, D.C. 2017.

BILA, D. M., et al. **Fármacos no meio ambiente**. Química nova. 26 (4), Agosto de 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000400015>.



Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. São Paulo, 2013. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apendice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>.

CHERNICHARO, CARLOS AUGUSTO DE LEMOS. **Anaerobic Reactors**. [S. l.]: IWA Publishing, 2015. vol. 6. <https://doi.org/10.2166/9781780402116>.

GONZALEZ-GIL, L., et al. **Role of methanogenesis on the biotransformation of organic micropollutants during anaerobic digestion**. Science of the Total Environment, vol. 622–623, p. 459–466, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.004>.

METCALF & EDDY. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5ª. Porto Alegre: Mc Graw Hill Education; Bookman, 2016.

RIPLEY, Leonard E.; BOUYLE, William C.; CONVERSE, James C. **Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes**. Journal Water Pollution Control Federation, p. 406-411, 1986.

SÁ, R.D., et al. **Treatment of a clinical analysis laboratory wastewater from a hospital by photo-Fenton process at four radiation settings and toxicity response**. Environmental Science and Pollution Research, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12860->.

SHARMA, MEENA KUMARI; KAZMI, ABSAR AHMAD. **Performance evaluation of a single household anaerobic packaged system for onsite domestic wastewater treatment**. Desalination and Water Treatment, vol. 57, no. 20, p. 9216–9225, 2016. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1029004>.

SILVA, A. M. M., et al. **Aclimação de Lodo Proveniente de Reator UASB com Efluente Doméstico em Sistema Batelada**. Revista Eletrônica De Gestão E Tecnologias Ambientais, 8(1), 135–146. Julho de 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/gesta.v8i1.35030>.

VASCONCELOS, R. C. **Tratamento de efluentes líquidos: uma perspectiva para o desenvolvimento sustentável**. Edição 01. Campina Grande: Editora Amplla, 2020.

QUEVEDO C. M. G., et al. **A contribuição das frações de fósforo nos esgotos sanitários**. Portal Tratamento de Águas. 2017. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/fosforo-nos-esgotos-sanitarios/>.