

## Tratamento de esgoto em reator anaeróbio híbrido (UAHB) submetido a variação de matéria orgânica

## Sewage treatment in anaerobic hybrid reactor (UAHB) subjected to organic matter variation

### RESUMO

**Larissa Fernandes Mendonça**  
[lari.fmendonca@gmail.com](mailto:lari.fmendonca@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

**Eudes José Arantes**  
[eudesarantes@gmail.com](mailto:eudesarantes@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

**Thiago Morais de Castro**  
[thiagocastro@utfpr.edu.br](mailto:thiagocastro@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Os reatores anaeróbios híbridos, com biomassa imobilizada e manta de lodo, mostram-se extremamente vantajosos para o tratamento de esgotos sanitários. A configuração desse modelo de reator propicia uma zona de polimento do efluente, melhorando a estabilidade do sistema. O trabalho tem como objetivo analisar a eficiência do tratamento de esgoto sintético em reator anaeróbio híbrido (UAHB) de bancada, utilizando fibra vinílica entrelaçada como meio suporte. Foi utilizado esgoto sintético como substrato para alimentação do reator. Foram realizados três perfis de amostragem temporal de 15 horas para avaliar a influência da carga volumétrica no desempenho do reator. Em termos de Demanda Química de Oxigênio (DQO) foram atingidas eficiências de 89,33%, 92,37% e 91,32%. Foi constatado que a eficiência de remoção de sólidos totais, sólidos suspensos totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), e turbidez aumentam conforme a carga orgânica volumétrica também aumenta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estabilidade. Eficiência. Digestão anaeróbia.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



### ABSTRACT

Hybrid anaerobic reactors with immobilized biomass and sludge blanket are extremely advantageous for the treatment of sanitary sewage. The configuration of this reactor model provides an effluent polishing zone, improving system stability. The objective of this work is to analyze the efficiency of synthetic sewage treatment in bench hybrid anaerobic reactor (UAHB), using interlaced vinyl fiber as support medium. Synthetic sewage was used as substrate for reactor feed. Three 15-hour temporal sampling profiles were performed to evaluate the influence of volumetric loading on reactor performance. In terms of Chemical Oxygen Demand (COD) efficiencies of 89.33%, 92.37% and 91.32% were achieved. It was found that the efficiency of total solids removal, total suspended solids, Biochemical Oxygen Demand (BOD), and turbidity increase as volumetric organic load also increases.

**KEYWORDS:** Stability. Efficiency. Anaerobic Digestion.

## INTRODUÇÃO

Atualmente 86% das cidades brasileiras fazem o lançamento de efluentes em desacordo com os padrões de lançamento, definidos pela resolução CONAMA nº 430/2011. Com isso, já são mais de 110 mil km de cursos de água pelo País com qualidade comprometida pelo lançamento incorreto de efluentes (Agência Nacional de Águas, 2017).

O tratamento adequado de esgoto sanitário é essencial para a preservação do meio ambiente e para a proteção da saúde pública, visto que a falta desse tratamento pode contribuir com a veiculação de patógenos e está relacionada às altas taxas de mortalidade infantil.

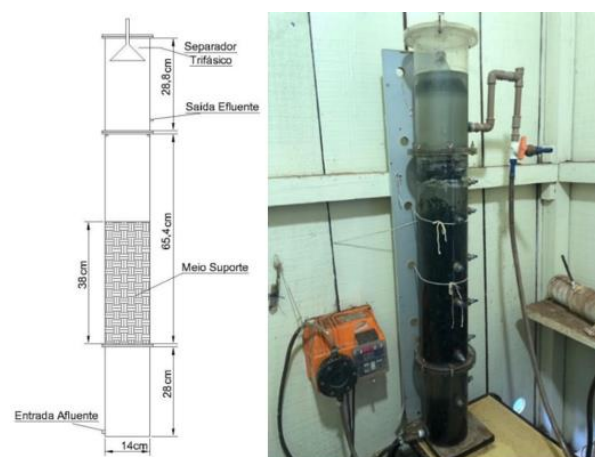
Para diminuir os inúmeros problemas ocasionados pelos despejos inadequados dos esgotos sanitários no ambiente, foram desenvolvidas diversas tecnologias para o tratamento de esgotos sanitários. Os reatores anaeróbios híbridos, com biomassa imobilizada e manta de lodo, mostram-se extremamente vantajosos para o tratamento de esgotos sanitários, já que unem as vantagens de sistemas de tratamento contendo células autoimobilizadas (reator UASB) e imobilizadas, como os filtros anaeróbios.

A configuração desse modelo de reator propicia uma zona de polimento do efluente, melhorando a estabilidade do sistema e suportando velocidades ascensionais maiores que as usualmente empregadas nos reatores UASB (PASSING, 2005; ARAUJO, 2014). Dessa forma, por meio deste estudo, será analisada a eficiência do tratamento de esgoto sintético em reator anaeróbio híbrido (UAHB) de bancada, utilizando fibra vinílica entrelaçada como meio suporte.

## MATERIAL E MÉTODOS

O reator UAHB utilizado na pesquisa (Figura 1) é constituído de uma coluna cilíndrica de Plexiglass®, com diâmetro interno de 0,14 m e altura de 1,22 m, possuindo volume total de 22 L e volume útil 17,7 L, após a inserção de meio suporte.

Figura 1 – Esquema do reator UAHB (direita) em escala de bancada e foto do reator UAHB (esquerda)



Fonte: Autoria própria (2019).

O lodo anaeróbio, utilizado para a inoculação do reator, foi coletado de uma estação de tratamento de esgoto da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) localizada em Campo Mourão (PR). O volume de lodo introduzido foi de 3,5L, que corresponde a 20% do seu volume útil do reator.

Foram utilizadas matrizes cúbicas de fibra vinílica entrelaçada como material suporte (Figura 2). As matrizes cúbicas de fibra vinílica entrelaçada possuem dimensões de 2,5 x 2,0 x 2,0 cm, 3,53 g de massa, 3,0 mL de volume, densidade de 1,18 g mL<sup>-1</sup> e porosidade de 70%.

Figura 2 – Matrizes cúbicas de fibra vinílica entrelaçada utilizada como material suporte



Fonte: Autoria própria (2019)

O reator UAHB foi alimentado com esgoto sintético, preparado a partir de proporções de concentrações adaptadas do trabalho de Torres (1992) (Tabela 1).

Tabela 1 – Proporções de concentrações de cada produto para o preparo do esgoto sintético do reator UAHB

Produtos/Reagentes	Quantidade para 1 L (g)	Porcentagem do total (%)
Extrato de Carne	0,323	17,6
Amido Solúvel P.A (C <sub>6</sub> H <sub>22</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>n</sub>	0,013	0,7
Farinha de Trigo	0,323	17,6
Sacarose (C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> )	0,113	6,2
Cloreto de Amônio P. A (NH <sub>4</sub> Cl)	0,097	5,3
Óleo Vegetal	0,013	0,7
Detergente	0,290	15,8
Celulose Microcristalina U.S.P	0,048	2,6
Cloreto de Sódio P.A (NaCl)	0,323	17,6
Cloreto de Magnésio P.A (MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O)	0,013	0,7
Cloreto de Cálcio Anidro P.A (CaCl <sub>2</sub> )	0,013	0,7
Fosfato de Potássio Mono básico P.A (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	0,039	2,1
Bicarbonato de Sódio P.A (NaHCO <sub>3</sub> )	0,226	12,3
<b>Total</b>	<b>1,834</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado de Torres (1992)

A caracterização dos esgotos sintéticos utilizados como substrato para a alimentação do reator UAHB foi realizada por meio de análises físico-químicas, na qual foram analisados: Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, DQO ( $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ ),  $\text{DBO}_5^{20}$  ( $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ ), Sólidos Totais ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), Sólidos Suspensos Totais ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e Turbidez (NTU).

Para avaliação da influência da carga orgânica volumétrica no desempenho do reator foram realizadas três etapas distintas, ambas com TDH de 45 horas, no qual foram feitos três perfis de amostragem temporal, com DQO do efluente bruto variando em 250 (Etapa I), 450 (Etapa II) e 800  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$  (Etapa III). As amostras de efluentes foram coletadas em intervalos de 3 horas durante 15h, para o efluente nos horários das 07:00 h, 10:00 h, 13:00 h, 16:00 h, 19:00 h e 22:00 h; e para o afluente somente nos horários das 07:00 h, 13:00 h, e 19:00 h. Os parâmetros pH, temperatura e turbidez foram monitorados a cada 1 hora e 30 minutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desempenho do reator UAHB, para o período estudado, está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Resultado dos parâmetros físico-químicos do reator UAHB

Parâmetro	Ponto de coleta	N	250 $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$	350 $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$	800 $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$
			Méd	Méd	Méd
Temp. líquido	A	11	22,07	23,86	17,35
	E	11	23,00	24,51	17,91
pH	A	11	6,32	6,50	6,00
	E	11	6,69	6,87	6,66
ST ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	A	6	695,50	757,67	1590,00
	E	12	286,36	348,33	607,33
Eficiência de remoção (%)			58,83	53,96	61,80
SST ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	A	6	205,83	237,50	431,67
	E	12	45,42	52,50	69,17
Eficiência de remoção (%)			77,94	77,89	83,98
DQO ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	A	9	236,58	430,93	863,66
	E	18	25,24	32,90	74,98
Eficiência de remoção (%)			89,33	92,37	91,32
DBO ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	A	2	155,50	261,00	706,50
	E	2	61,50	135,00	186,50
Eficiência de remoção (%)			60,45	48,28	73,60
Turbidez (UNT)	A	11	39,18	41,55	97,91
	E	11	10,27	10,91	14,27
Eficiência de remoção (%)			73,78	73,74	85,42

Fonte: Autoria própria (2019).

Legenda: A – Afluente; E – Efluente; Méd – Valores médios; N – número amostral; DQO – Demanda Química de Oxigênio;  $\text{DBO}_5^{20}$  – Demanda Bioquímica de Oxigênio. ST – Sólidos Totais; SST – Sólidos Suspensos Totais.

Ao analisar os resultados, constatou-se que o pH médio para as três etapas se manteve na faixa de 6 a 7, conforme indica Campos et al. (1999) para que ocorra de forma satisfatória a digestão anaeróbia.

Em relação a remoção de turbidez, a maior eficiência ocorreu para a terceira etapa, atingindo uma eficiência em torno de 85,42%. O aumento de matéria orgânica afluyente ao reator ocasionou no aumento da eficiência na remoção de turbidez.

A eficiência de remoção de sólidos totais foi em média 58,83% para a primeira etapa, 53,96% para a segunda etapa e 61,80% para a terceira etapa. A eficiência de remoção de sólidos suspensos totais foi de 77,94% para a primeira etapa, 77,89% para a segunda etapa e 83,98% para a terceira etapa. Araujo (2014), também operando em etapas distintas, obteve uma eficiência de remoção de sólidos suspensos de 79%, para DQO afluyente de 644 mg.L<sup>-1</sup>.

A eficiência média de remoção de matéria orgânica foi de 89,33% para a etapa I, 92,37% para a etapa II e 91,32% para a etapa III. Godinho (2016), avaliando a influência da variação da carga orgânica no desempenho do reator, observou que diminuição de matéria orgânica no afluyente ocasiona na redução da eficiência do reator. Como pode ser observado na Tabela 2, a menor temperatura do líquido foi registrada na etapa com DQO em 850 mg, L<sup>-1</sup>, fator que pode ter influenciado no processo de digestão anaeróbia de forma a prejudicar a eficiência do sistema quanto a remoção de matéria orgânica, pois segundo Gerardi (2006) o processo começa a perder significativa eficiência em temperaturas inferiores a 20°C.

Em relação à demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub><sup>20</sup>), a eficiência média foi de 60,45% para a primeira etapa, 48,28% para a segunda etapa e 73,60% para a terceira etapa. Lima et al. (2015) na operação com TDH de 8 h com reator anaeróbio híbrido, obteve uma eficiência global de 68%.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho, foi possível concluir que o aumento da carga orgânica volumétrica contribuiu no geral de forma positiva para o aumento das eficiências de remoção em DBO<sub>5</sub><sup>20</sup>, Turbidez, Sólidos Totais e Sólidos Suspensos Totais. Em relação a temperatura, quando menores que 20°C, podem influenciar na eficiência de remoção de DQO.

Outro resultado também constatado foi o bom desempenho do material suporte utilizado, matrizes cúbicas de fibra vinílica entrelaçada, para o aumento da capacidade de tratamento do reator.

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas. **ATLAS ESGOTOS – Despoluição de Bacias Hidrográficas**. 2017. Disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaood eBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo\\_livro.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaood eBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf). Acesso em: 30 de mar. 2019.
- ARAUJO, T. L. S. **Desempenho de reator anaeróbio híbrido (leito fixo e manta de lodo) tratando esgoto sanitário em escala piloto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2014.
- PASSIG, F. H. **Reator anaeróbio híbrido para tratamento de esgoto sanitário**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- GERARDI, M. H. **Wastewater Bacteria - Série Wasterwater Microbiology**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 272p. 2006.
- LIMA, D. A.; SOUSA, J. T.; LIMA, J. F ; SOUSA, T. A. T. ; HENRIQUE, I. N. Tratamento de esgotos domésticos em reator anaeróbio híbrido seguido de reator com algas imobilizadas. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**. vol. 8, p. 270 - 285, 2015.
- CAMPOS, J. R. et al. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro/RJ: ABES, cap. 1, p. 1-28. 1999.
- GODINHO, J. P. **Comportamento dinâmico e hidrodinâmico de reator anaeróbio híbrido (UAHB) submetido à variação de carga hidráulica horária no tratamento de esgoto sanitário**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2017.
- TORRES, P. **Desempenho de um Reator Anaeróbio de Manta de Lodo (UASB) de Bancada no Tratamento de Substrato Sintético Simulando Esgotos Sanitários**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1992.