

## Tratamento de Atrazina, Rifampicina, $\beta$ -Estradiol e $17\alpha$ Ethinilestradiol em Água Residuária Sintética em Reator tipo UASB

### Treatment of Atrazine, Rifampicin, $\beta$ -Estradiol and $17\alpha$ -Ethinylestradiol in Synthetic Wastewater in UASB-type Reactor

#### RESUMO

Cada vez mais os recursos hídricos sofrem com a contaminação de suas águas, entre uma vasta gama de poluentes incluem pesticidas, hormônios e produtos farmacêuticos. Uma das formas de realizar a remoção dos contaminantes emergentes é através de um reator anaeróbico de manta de lodo, no qual a parcela biodegradável da matéria orgânica é estabilizada por bactérias e arqueias metanogênicas dispersas no reator. Neste sentido, o presente trabalho visa acompanhar o desempenho de um reator tipo UASB no tratamento de água residuária sintética, fortificada com Atrazina (ATZ), Rifampicina (RIF),  $\beta$ -estradiol (E2) e  $17\alpha$ -etinilestradiol (EE2) e verificar a remoção das substâncias de interesse. Os resultados obtidos mostram eficiência no tratamento realizado pelo reator tipo UASB, devido ao aumento da alcalinidade, diminuição dos ácidos voláteis e remoção média de 90% da Demanda Química de Oxigênio total. E a respeito dos contaminantes emergentes a digestão anaeróbia apresentou capacidade de remoção na fase líquida do tratamento em ordem de grandeza E2 (62,1%) > RIF (45,9%) > ATZ (16,5%) e EE2 (15,7%).

**PALAVRAS-CHAVE:** Contaminantes emergentes. Reator tipo UASB. Água residuária.

#### ABSTRACT

Increasingly water resources suffer from the contamination of the water, from a wide range of pollutants include pesticides, hormones and pharmaceuticals. One of the ways to remove the emerging contaminants is through an anaerobic sludge blanket reactor, in which the biodegradable portion of the organic matter is stabilized by bacteria and methanogenic arches dispersed in the reactor. In this sense, the present paper aims to monitor the performance of a UASB type reactor in the treatment of residual water, fortified with Atrazine (ATZ), Rifampicin (RIF),  $\beta$ -estradiol (E2) and  $17\alpha$ -ethinyl estradiol (EE2) and verify the removal of the substances of interest. The results obtained show efficiency in the treatment carried out by the UASB type reactor, due to the increase in alkalinity, the reduction of volatile acids and the average removal of 90% of the total chemical oxygen demand. And on emerging contaminants, anaerobic digestion showed a capacity of removal in the liquid phase of the treatment in the order of magnitude E2 (62.1%)> RIF (45.9%)> ATZ (16.5%) and EE2 (15, 7%).

**KEYWORDS:** Emerging contaminants. UASB type reactor. Residual water.

**Gabriella Paini Masceno**  
[gabriellapmasceno@hotmail.com](mailto:gabriellapmasceno@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Marcus Vinícius de Liz**  
[marcusliz@utfpr.edu.br](mailto:marcusliz@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Fernando Rodrigues da Silva**  
[fernando.rodriques002@gmail.com](mailto:fernando.rodriques002@gmail.com)  
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

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



## INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos vêm sofrendo cada vez mais com a contaminação de suas águas, gerando diversos impactos sobre as bacias hidrográficas, consequentemente afetando a biodiversidade aquática, o custo de tratamento e a perda de serviços dos ecossistemas aquáticos. Tendo em vista uma cadeia de intervenções e um conjunto de interrelações, além de afetar o ecossistema, afeta também a economia regional, a saúde humana e a disponibilidade hídrica (TUNDISI, 2014)

Entre uma vasta gama de poluentes, os contaminantes oriundos tanto de origem natural quanto sintética, incluem plastificantes, pesticidas, compostos antibacterianos, hormônios, produtos farmacêuticos ativos, produtos de cuidado e higiene pessoal entre outros, vêm sendo amplamente detectados especialmente em águas superficiais, como estuários, lagos e rios (MACHADO et al., 2016), tendo como fonte, por exemplo, o escoamento de campos agrícolas, lixiviamento de aterros sanitários, escoamento urbano e superficial (BENOTTI et al., 2009).

Os contaminantes de preocupação emergente (CECs – *contaminants of emerging concern*) além de frequentemente ser encontrados em rios e lagos, são eventualmente encontrados em água potável. Sua ocorrência é geralmente resultado de despejo de efluente, já que alguns desses compostos não são completamente removidos pelos processos atuais comumente empregados durante o tratamento (MACHADO et al., 2016; BENOTTI et al., 2009), e o mesmo corpo hídrico receptor dos despejos de efluentes podem ser utilizados como fonte de captação de água superficial.

A exemplo de CECs, a Atrazina (ATZ) é um herbicida seletivo utilizado no controle de ervas daninhas, principalmente em culturas de milho, cana-de-açúcar e soja (JAVARONI et al., 1999), a rifampicina (RIF) é um fármaco usado no tratamento da Tuberculose (CARVALHO et al., 2007), o  $\beta$ -estradiol (E2) é um hormônio sexual natural feminino e o  $17\alpha$ -etinilestradiol (EE2) é um estrogênio sintético amplamente usado na medicina em terapias de reposição e métodos contraceptivos (ANIEL et al., 2014).

O tratamento de efluentes sanitários em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) ocorre a partir de processos biológicos, que consiste, majoritariamente, na remoção de matéria orgânica carbonácea por meio de atividade biológica. Uma das formas de se realizar essa remoção, é através de um reator anaeróbio de manta de lodo, no qual a parcela biodegradável da matéria orgânica é estabilizada por bactérias e arqueias metanogênicas dispersas no reator (VON SPERLING, 1996).

Os reatores anaeróbios de manta de lodo são também frequentemente denominados de Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFA) ou *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB). É chamado de manta de lodo devido a elevada concentração de biomassa no reator, fato também que corrobora para que o volume de instalação requerido seja reduzido, em comparação com outros sistemas de tratamento que não são de alta taxa (VON SPERLING, 1996).

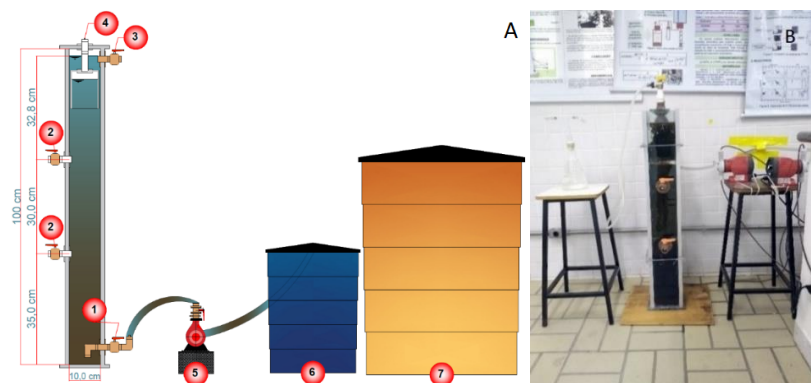
Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo acompanhar o desempenho de um reator tipo UASB no tratamento de água residuária sintética fortificada com os contaminantes de preocupação emergente ATZ, RIF, E2 e EE2,

através de análises de Demanda Química de Oxigênio total ( $DQO_{total}$ ) e solúvel ( $DQO_{solúvel}$ ), alcalinidade, ácidos voláteis e pH, além da remoção das substâncias de interesse.

## MATERIAL E MÉTODOS

Nesse estudo, um reator tipo UASB montado e instalado previamente pelo Grupo de Pesquisa em Tecnologias Avançadas de Tratamento de Água e Efluentes (GPTec) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), no Departamento de Química e Biologia (DAQBI), foi utilizado no tratamento de água residuária sintética contendo os contaminantes emergentes ATZ, RIF, E2 e EE2, simulando um esgoto sanitário de origem doméstica. A sua representação gráfica e o aparato montado podem ser vistos na Figura 1. O reator foi operado com tempo de detenção hidráulica (TDH) de 8 horas, vazão em fluxo contínuo do substrato de  $1,75 \text{ L h}^{-1}$ , volume útil de 14 L e carga hidráulica de  $0,042 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ .

Figura 1 – A, Esquema gráfico do reator tipo UASB. 1, afluente; 2, efluente no perfil longitudinal do tratamento; 3, efluente tratado; 4, saída do biogás e controle do selo hidráulico; 5, bomba alimentadora; 6, reservatório do substrato fortificado com ATZ, RIF, E2 e EE2; 7, reservatório do efluente sintético sem fortificação. B, reator tipo UASB em operação.



Fonte: Autoria Própria (2020).

A entrada do substrato no reator tipo UASB se dá pela parte inferior do sistema, e a saída por meio de um decantador interno, instalado em sua parte superior. A mistura do sistema é provocada pelo fluxo ascendente da água residuária sintética e das bolhas de gás, que são formadas como resultado da atividade anaeróbia no reator, principalmente metano e gás carbônico (VON SPERLING, 1996; COSTA et al., 2014), que é separada da fase líquida a partir da instalação de um separador trifásico auxiliado por um selo hidráulico.

Uma das características principais para o sucesso do funcionamento do reator é a formação de uma biomassa que tenha uma intensa atividade, podendo ser desenvolvida na forma de flocos ou mesmo granular. A ação dos microrganismos anaeróbios da manta de lodo é utilizada para a digestão da matéria orgânica existente nos esgotos (COSTA et al., 2014).

A parte superior dos reatores de manta de lodo apresenta uma estrutura que possibilita as funções de separação e acúmulo de gás e de separação e retorno dos sólidos, de forma a reter a biomassa no sistema, impedindo que ela saia com o efluente, enquanto o líquido é decantado em uma canaleta coletora. O efluente

final tratado poderá, então, ser encaminhado para um tratamento complementar ou mesmo ser direcionado ao corpo receptor, desde que tenha a anuência do órgão ambiental competente (VON SPERLING, 1996; COSTA et al., 2014).

A água residuária sintética foi produzida em intervalos de 96 horas em um reservatório com capacidade de 200 litros (destaque 7 da Figura 1 A), com lavagem do reservatório a cada novo ciclo. O preparo foi feito a partir da composição apresentada por Torres (1992), que pode ser observada na Tabela 1. Os reagentes foram pesados em balança analítica e homogêneos em água de torneira.

O reservatório com capacidade de 50 L (destaque 6 da Figura 1 A) foi utilizado para transferência de uma alíquota de 50 L de água residuária sintética e para fortificar os CECs ATZ, RIF, E2 e EE2 nas concentrações de 400  $\mu\text{g L}^{-1}$ , 200  $\mu\text{g L}^{-1}$ , 100  $\mu\text{g L}^{-1}$  e 100  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente. A ATZ e a RIF utilizadas foram de produtos comerciais e os hormônios padrão HPLC (> 99%). A fortificação foi realizada em intervalo de 24 horas, para minimizar a degradação dos analitos no reservatório.

Tabela 1 – Composição do efluente sintético

Substância	Concentração ( $\text{g L}^{-1}$ )
Extrato de carne	0,2000
Amido solúvel P.A.	0,0100
Farinha de trigo	0,2000
Sacarose	0,0175
Cloreto de amônio P.A.	0,0510
Cloreto de sódio P.A.	0,2500
Cloreto de magnésio P.A.	0,0070
Cloreto de cálcio anidro P.A.	0,0045
Fosfato de potássio monohidratado P.A.	0,0264
Bicarbonato de sódio P.A.	0,2000

Fonte: Autorial Própria (2020).

Soluções estoques foram preparadas com ATZ e RIF em concentração de 150  $\text{mg L}^{-1}$  a cada 15 dias em água purificada por sistema de osmose reversa ( $\text{H}_2\text{O}_{\text{OSM}}$ ), separadas em frascos âmbar de 250 mL e congeladas em freezer (-18  $^{\circ}\text{C}$ ). Conforme se via necessário as soluções foram descongeladas para serem usadas na fortificação e alocadas em refrigerador (4  $^{\circ}\text{C}$ ) na ausência de luz. Devido à baixa solubilidade da RIF, antes da mistura com a solução de ATZ, o comprimido macerado em a almofariz de ágata foi submetido a banho ultrassônico por 15 minutos. Os padrões dos hormônios utilizados para fortificação do afluente foram solubilizados em solução estoque de 10.000  $\text{mg L}^{-1}$  em Metanol (MeOH) e guardados a -4  $^{\circ}\text{C}$  na ausência de luz.

As análises físico-químicas de monitoramento do desempenho do reator tipo UASB foram realizadas 2 vezes na semana. Para Alcalinidade e Ácidos Voláteis foi utilizado o método da titulometria (RIPLEY et al., 1986). As análises de  $\text{DQO}_{\text{total}}$  e  $\text{DQO}_{\text{solúvel}}$  foram realizadas de acordo com APHA (2017) a partir do método colorimétrico por refluxo fechado, também foram medidos os valores de temperatura da fase líquida pontualmente durante a amostragem e o pH.

A análise dos CECs foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a detector de arranjo de diodos e fluorescência. O método cromatográfico utilizado foi desenvolvido e verificado anteriormente pelo grupo de pesquisa GPTec. O monitoramento da ATZ foi realizado em 220 nm, da RIF em

470 nm e os hormônios E2 e EE2 por fluorescência com excitação em 280 nm e emissão em 306 nm. Os principais parâmetros do método analítico podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros de regressão das curvas analíticas. LD: limite de detecção, LQ: limite de quantificação.

Parâmetro	ATZ	RIF	E2	EE2
Coefficiente Linear	5,67401	-2,85398	13,52301	2,18985
Desvio do coeficiente linear	1,22739	0,06846	0,73149	0,58730
Coefficiente angular	1,42723	0,06560	0,62542	0,63391
Desvio do coeficiente angular	0,00295	0,00042	0,00100	0,00078
Coefficiente de determinação ( $r^2$ )	0,99966	0,99589	0,99987	0,99995
LD ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	2,84	3,44	3,86	3,06
LQ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	8,60	10,44	11,70	9,26
LQ adotado* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	50,00	75,00	50,00	50,00

\*Os LQ adotados foram os menores pontos das curvas analisadas.

Fonte: Autoria Própria (2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Decorrente dos resultados das análises realizadas, pôde-se observar que o tratamento da água residuária estava ocorrendo de maneira adequada, visto que o pH do efluente do reator tipo UASB foi um pouco acima da amostra de afluente, como pode ser verificado na Tabela 3, mostrando certa capacidade de tamponamento do sistema biológico e que não ocorreu acidificação, já que os valores de pH do efluente não apresentaram valores ácidos. A alcalinidade total aumentou 17% quando comparada as amostras do afluente com o efluente, o que demonstra a capacidade de neutralizar os ácidos formados no processo e proporciona estabilidade do sistema e manutenção do pH (BORGES et al., 2017).

Tabela 3 - Acompanhamento do desempenho do Reator tipo UASB. AT: alcalinidade total, AI: alcalinidade intermediária, CV: coeficiente de variação, AF: afluente, EF: efluente.

Variáveis	pH		Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )		AT (mg L <sup>-1</sup> )		AI (mg L <sup>-1</sup> )	
	AF	EF	AF	EF	AF	EF	AF	EF
N dados	48	48	48	48	48	48	48	45
Média	7,20	7,26	21	21	224	263	78	46
Desvio Padrão	0,28	0,23	2	3	54	56	28	20
Mediana	7,19	7,21	20	21	235	282	81	44
CV	0,04	0,03	0,12	0,12	0,24	0,21	0,36	0,44
P25%	7,01	7,10	19	20	188	258	67	33
P75%	7,38	7,47	22	23	269	302	97	65
Outlier Inferior	6,46	6,54	15	15	68	192	20	-14
Outlier Superior	7,57	7,66	24	24	309	324	113	80

Fonte: Autoria Própria (2020).

Os ácidos voláteis das amostras de efluente diminuíram 53%, como pode-se observar na Tabela 4, confrontando com os valores das amostras de afluente, corroborando com a prerrogativa de Borth (2017), que os ácidos voláteis do afluente gerados durante o processo de tratamento da água residuária na digestão anaeróbia são consumidos, aumentando a alcalinidade.

Tabela 4 - Acompanhamento do desempenho do Reator tipo UASB. AP: alcalinidade parcial, AB: alcalinidade bicarbonato, AV: ácidos voláteis, CV: coeficiente de variação.

Variáveis	AP (mg L <sup>-1</sup> )		AB (mg L <sup>-1</sup> )		AV (mg L <sup>-1</sup> )		DQO <sub>TOTAL</sub> (mg L <sup>-1</sup> )		DQO <sub>SOLÚVEL</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	
	AF	EF	AF	EF	AF	EF	AF	EF	AF	EF
N dados	48	48	48	48	31	31	55	55	55	55
Média	146	212	169	227	60	29	697	62	326	40
Des. Padrão	39	50	42	51	40	21	196	19	100	16
Mediana	141	221	166	237	72	31	731	61	300	38
CV	0,27	0,24	0,25	0,23	0,66	0,73	0,28	0,30	0,31	0,96
P25%	119	174	139	199	17	9	563	53	281	30
P75%	178	243	204	260	99	39	867	75	379	51
Outlier Inf.	30	71	40	108	-105	-35	108	19	133	-2
Outlier Sup.	208	277	237	291	139	54	1018	86	428	62

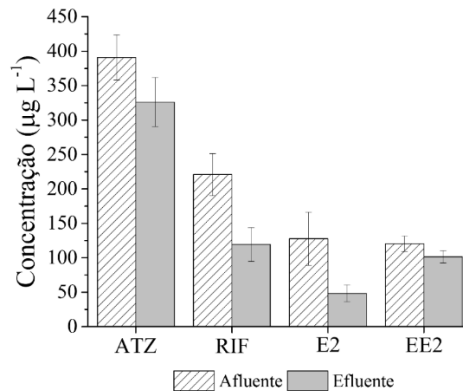
Fonte: Aatoria Própria (2020).

Em termos de DQO<sub>total</sub>, o tratamento no reator tipo UASB, apresentou remoção de matéria orgânica média de 90% com desvio padrão de  $\pm 4$ . A fração solúvel da matéria orgânica em termos de DQO<sub>solúvel</sub> obteve remoção de 86 (12)%, indicando estabilidade do reator tipo UASB.

Em um estudo similar um reator tipo UASB (GODINHO et al., 2018), com vazão afluente de 2,63 L h<sup>-1</sup>, TDH de 8 h e volume útil de 21 L, foram encontrados valores médios de remoção da DQO<sub>total</sub> de 50 (3)%, valor menor ao encontrado nesse estudo, e a DQO<sub>solúvel</sub> foi removida em 45 (3)%. Nesse mesmo sistema, a alcalinidade total aumentou apenas 2%, com o valor para amostras do afluente de 366 mgCaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup> e do efluente 372 mgCaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>, enquanto no monitoramento da presente pesquisa houve o aumento de 17%. Os ácidos voláteis, no estudo citado, não obtiveram grandes diferenças, sendo o afluente medindo em média 81 mgHAc L<sup>-1</sup> e o efluente 82 mgHAc L<sup>-1</sup>.

Em relação aos CECs, os resultados obtidos no monitoramento das concentrações do afluente e efluente podem ser visualizados na Figura 2. Foi possível constatar para ATZ valor médio do afluente de 390,76  $\mu\text{g L}^{-1}$ , com coeficiente de variação (CV) de 32,9%, e do efluente de 326,20  $\mu\text{g L}^{-1}$ , com CV de 35,8%. Portanto, o sistema de tratamento removeu em média de 16,5%. Em uma pesquisa desenvolvida em uma ETE, os valores das concentrações do fungicida propiconazol nas amostras de afluente foram na ordem de 3,89  $\mu\text{g L}^{-1}$ , menores que as concentrações de fortificação do herbicida ATZ nesse estudo (VAN DE STEENE et al., 2010). No entanto, de acordo com Rizzo et al. (2019), diversos estudos vêm sendo realizados com fortificação de CECs na ordem de grandeza realizada no presente estudo.

Figura 2. Concentração dos contaminantes emergentes antes e após tratamento.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Para RIF, a concentração inicial média foi de 220,77  $\mu\text{g L}^{-1}$  com CV de 30,7% e após o tratamento biológico a concentração média passou para 119,33  $\mu\text{g L}^{-1}$  com CV de 24,6%, removendo em média 45,95%. Embora a RIF seja um antibiótico muito importante no tratamento de tuberculose (CARVALHO et al, 2007), sobretudo em países em desenvolvimento como o Brasil, há uma lacuna no monitoramento desse fármaco em sistemas ambientais.

Os hormônios E2 e EE2 apresentaram suas concentrações médias nas amostras do afluente de 127 e 120,33  $\mu\text{g L}^{-1}$ , com CV de 38,7% e CV de 11,0%, nessa ordem, e concentrações médias nas amostras do efluente de 48,37 e 101,38  $\mu\text{g L}^{-1}$ , com CV de 12,5% e 9,0%, apresentando eficiências médias de remoção de 62,11% e 15,75 %, respectivamente. Brandt e colaboradores (2013) monitoraram o afluente em uma ETE de Minas Gerais operada por reatores tipo UASB, no qual foram constatadas DQO média de 514 (130)  $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  e concentrações de E2 e EE2 menores que 9,3 e 12,4  $\text{ng L}^{-1}$ , respectivamente.

De maneira geral, foi possível verificar que mesmo frente concentração de fortificação dos CECs maiores que as concentrações ambientais reais encontradas em amostras de esgoto sanitário afluentes às ETEs, o reator tipo UASB operado por 270 dias demonstrou desempenho de remoção de matéria orgânica em termos de  $\text{DQO}_{\text{total}}$  média de 90% e capacidade de remover os CECs da fase líquida.

## CONCLUSÃO

O tratamento realizado pelo reator tipo UASB demonstrou-se eficiente, em função da faixa de pH das amostras, o aumento da alcalinidade, diminuição dos ácidos voláteis, remoção média de 90% de  $\text{DQO}_{\text{total}}$  e 86% de  $\text{DQO}_{\text{solúvel}}$  e indicou estabilidade da digestão anaeróbia mesmo frente à presença dos contaminantes de preocupação emergente. A digestão anaeróbia apresentou capacidade de remoção das substâncias de interesse na fase líquida do tratamento em ordem de grandeza E2 (62,1%) > RIF (45,9%) > ATZ (16,5%) e EE2 (15,7%).

## AGRADECIMENTOS

À fundação Araucária e a UTFPR pelo suporte financeiro. E ao Laboratório Multiusuário de Equipamentos e Análises Ambientais (LAMEAA) e ao Laboratório Multiusuário de Análises Químicas (LAMAQ) pela estrutura e oportunidade de desenvolvimento do presente trabalho.

## 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.

BENOTTI, M. T. ; TRENHOLM, R. A.; VANDERFORD, B. J.; HOLADY, J.C.; STANFORD, B. D.; SNYDER, S.A. Pharmaceuticals and Endocrine Disrupting Compounds in U.S. Drinking Water. **Environmental Science & Technology**, v. 43, n. 3, p. 597-603. 2009. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es801845a>. Acessado em: 30 jul. 2020.

BORGES, E. A. M. A.; SANTOS, A. S. P. Desenvolvimento da Aplicação dos Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo (UASB) no Brasil. **Rev Interncioanl de Ciências**, Rio de Janeiro, v07, n. 02, p. 247-264, jul-dez 2017. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/viewFile/29258/22933>. Acessado em: 31 jul. 2020.

BORTH, P. L. B.; GALVÃO, R. B.; SAMPAIO, L. P.; TORRECILHAS, A. R.; FERNANDES, F. Tratamento conjugado de esgoto doméstico e lixiviado de aterro danitário em reatores anaeróbios de manta de lodo. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2017.

BRANDT, E. M. F.; QUEIROZ, F. B.; AFONSO, R. J. C. F.; AQUINO, S. F.; CHERNICHARO, C. A. L. Behaviour of pharmaceuticals and endocrine disrupting chemicals in simplified sewage treatment systems. **Journal of Environmental Management**, v. 128, p. 718-726, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479713004052#fig2>. Acessado em: 5 ago. 2020

CARVALHO, W. S.; MIRANDA, S. S.; PESQUERO, J. L.; GOMES, M. A. Diagnóstico de resistência do Mycobacterium tuberculosis à rifampicina utilizando-se da reação em cadeia da polimerase. **Rev. Bras. Cienc. Farm.**, São Paulo , v. 43, n. 1, p. 31-38, Mar. 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-93322007000100004&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-93322007000100004&script=sci_abstract&tlng=pt). Acessado em: 30 jul. 2020.

COSTA, E.S.; FILHO, O. B.; GIORDANO, G. **Reatores Anaeróbios de manta de lodo (UASB): Uma abordagem concisa**. Série Temática: Tecnologias Ambientais, v 5, 2014. Disponível em: <http://www.coamb.eng.uerj.br/download/coamb-TA-Volume5.pdf>. Acessado em: 2 ago. 2020.

DANIEL, M. S.; LIMA, E. C. Determinação simultânea de estriol,  $\beta$ -estradiol,  $17\alpha$ -etinilestradiol e estrona empregando-se extração em fase sólida (SPE) e cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). **Rev. Ambient. Água**, Taubaté , v. 9, n. 4, p. 688-695, Dec. 2014. Disponível em:



[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2014000400011](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2014000400011). Acessado em: 31 jul. 2020.

GODINHO, J. P.; ARANTES, E. J.; CARVALHO, K. Q.; PASSIG, F. H.; KREUTZ, C.; NAGALLI, A.; SILVA, M. S. A. Comportamento dinâmico e hidrodinâmico de reator tipo UASB submetido à variação de carga hidráulica. **Revista DAE**, n. 209, v. 66, 2018.

JAVARONI, R. C. A.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Comportamento dos herbicidas atrazina e alaclor aplicados em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 58-64, Feb. 1999. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40421999000100012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000100012&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 30 jul. 2020.

MACHADO, K. C.; GRASSI, M. T.; VIDAL, C.; PESCARA, I. C.; JARDIM, W. F.; FERNANDES, A. N.; SODRÉ, F. F.; ALMEIDA, F. V.; SANTANA, J. S.; CANELA, M. C.; NUNES, C. R. O.; BICHINHO, K. M.; SEVERO, F. J. R. A preliminary Nationwide Survey of the Presence Emerging Contaminants in Drinking and Source Waters in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 572, p. 138-146, 2016. Disponível em: <http://www.ieb.usp.br/wp-content/uploads/sites/84/PQI-5861/emerging-compounds-in-brazil-2016.pdf>. Acessado em: 29 jul. 2020.

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.

RIZZO, L.; MALATO, S.; ANTAKYALI, D.; BERETSOU, V. G.; DOLIC, M. B.; GERNJAK, W.; HEATH, E.; INVANCEV-I.; KARAOLIA, P.; LADO RIBEIRO, A. R.; MASCOLO, G.; McARDELL, C. S.; SCHAAR, H.; SILVA, A. M. T.; FATA-KASSINOS, D. Consolidated vs new advanced treatment Methods for the removal of contaminants of emerging concern from urban wastewaters. **Science of the Total Environment**, v. 665, p. 986-1008, 2019.

TORRES, P. **Desempenho de um reator anaerobio de manta de lodo (UASB) de bancada no tratamento de substrato sintético simulando esgotos sanitários**. 1992. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

TUNDISI, J. G (Ed.) Recursos hídricos no Brasil problemas desafios e estratégias para o futuro. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5923.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed., Editora UFMG, Belo Horizonte, 1996.

VAN DE STEENE, J. C.; STOVE, C. P.; LAMBERT, W. E. A field study on 8 pharmaceuticals and 1 pesticide in Belgium: removal rates in wastewater treatment plants and occurrence in surface water. **Science of the Total Environment**, v. 408, p. 3448-3453, 2010.