

Tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico em reator UASB seguido por filtro aeróbio percolador

Carlos José Coelho*, Aurivan Soares de Freitas, Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques e Alisson Souza de Oliveira

Universidade Vale do Rio Verde. *Campus* Três Corações. Av. Castelo Branco, 82. Chácara das Rosas. Três Corações-MG, Brasil (CEP 37410-000). *E-mail: carlos.coelho1@copasa.com.br.

Resumo. Objetivou-se com este trabalho mostrar que o tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário (LAS) e esgoto sanitário (ES) é uma solução promissora, sabendo-se que com a diluição do lixiviado ocorre a diminuição de elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal e matéria orgânica. Neste sentido, a avaliação do comportamento de um reator *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) frente à adição do LAS ao ES, sem que o processo sofra uma desestabilização, em função das altas cargas nitrogenadas e carbônicas presentes no lixiviado torna-se uma técnica promissora. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico em reator UASB, seguido por processo aeróbio composto de filtro biológico percolador (FBP) na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Alfenas, Estado de Minas Gerais, Brasil. Foram realizadas análises no afluente e efluente final de lançamento. Assim, foram realizadas análises do lixiviado recebido da empresa Alfenas Ambiental, antes de sua adição conjunta ao esgoto sanitário da ETE da COPASA de Alfenas. O período de monitoramento ocorreu de janeiro de 2019 a janeiro de 2020. No efluente bruto, efluente tratado e no corpo receptor nos pontos a montante e a jusante do lançamento. Ênfase especial foi dada à remoção de DQO e DBO, além de nitrogênio amoniacal e sólidos sedimentáveis, como forma de verificar possível interferência da adição do lixiviado de aterro sanitário combinado com esgoto sanitário na digestão anaeróbia realizada em reator UASB. Após verificação (tratamento e análise dos dados), um relatório final foi elaborado em forma de parecer acerca do aparato experimental, caracterizado como o produto tecnológico a ser apresentado. A ETE de Alfenas tem plenas condições de receber um percentual maior de chorume, limitado a 2,5%, mesmo assim atenderia sem problemas os limites e padrões estabelecidos pela legislação.

Recebido
02/07/2021

Aceito
30/12/2021

Disponível *on line*
15/08/2022

Publicado
31/08/2022



Acesso aberto



ORCID

0000-0002-3514-478X
Carlos José Coelho

0000-0002-5322-3676
Aurivan Soares de
Freitas

0000-0001-6646-0809
Rosângela Francisca
de Paula Vitor
Marques

Palavras-chave: ETE; Afluente; Efluente; DBO; DQO.

Abstract. *Combined treatment of landfill leachate and domestic sewage in UASB reactor followed by percolating aerobic filter.* The objective of this work was to show that the combined treatment of landfill leachate (LL) and sanitary sewage (SS) is a promising solution, knowing that with the dilution of the leachate there is a decrease in high concentrations of ammoniacal nitrogen and matter organic. In this sense, the evaluation of the behavior of a reactor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) against the addition of LL to SS, without the process suffering from destabilization, due to the high nitrogen and carbon loads present in the leachate, becomes a promising technique. Therefore, the objective of this work was to evaluate the combined treatment of landfill leachate and domestic sewage in a UASB reactor, followed by an aerobic process composed of a percolating biological filter (PBF) in the Sewage Treatment Station (STS) of Alfenas, State of Minas Gerais, Brazil. Analyzes were carried out in the influent and final effluent of the release. Thus, analyzes were carried out of the leachate received from the company Alfenas Ambiental, before its joint addition to the sanitary sewage of the STS of COPASA of Alfenas. The monitoring period took place from January 2019 to January 2020. In raw effluent, treated effluent and in the receiving body at points upstream and downstream of the release. Special emphasis was given to the removal of COD and BOD, as well as ammonia nitrogen and sedimentable solids, as a way to verify possible interference of the addition of landfill leachate combined with sanitary sewage in the anaerobic digestion carried out in a UASB reactor. After verification (data processing and analysis), a final report was prepared in the form of an opinion about the experimental apparatus, characterized as the technological product to be presented. The STS of Alfenas is fully capable of receiving a higher percentage of leachate, limited to 2.5%, even so, it would meet the limits and standards established by law without any problems.

Keywords: STS; Afluente; Efluente; DBO; COD.

0000-0001-7885-9542
Alisson Souza de
Oliveira

Introdução

A disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos vem sendo um agravante ambiental e de saúde pública, pois são gerados em altos volumes, causando problemas sanitários e aumento nos custos envolvidos, sendo que esses resíduos são dispostos de diversas formas que nem sempre são as formas ambientalmente adequadas (Santos et al., 2017).

Assim, na atualidade, elevados índices de resíduos sólidos urbanos (RSU), bem como efluentes sanitários e/ou industriais associam-se ao fato de consumos elevados por parte da sociedade e ao advento da promoção industrial, afirmando assim um problema grave quando o assunto é tratar e dispor de maneira final os resíduos e efluentes (Miorim, 2018). Segundo Martins e Boaventura (2014) e Paixão Filho (2017), a maioria do lixo

gerado continua sendo disposta em aterros sanitários, que ainda representa a alternativa mais econômica, apesar de suas inúmeras desvantagens.

Tais desvantagens repousam, especialmente, na possibilidade de contaminação das águas subterrâneas e das águas de superfície pelo líquido percolado, ou também conhecido como chorume, resultante da degradação biológica e da lixiviação dos resíduos dispostos nos aterros, com carga poluidora, várias vezes maiores que a do esgoto doméstico (Paixão Filho, 2017).

O tratamento deste percolado realiza-se mediante o uso de processos biológicos aeróbios (por meio de lagoas); entretanto, inapropriado, pois promove grande quantidade de lodo residual (Santos, 2012; Orlando, 2014).

De acordo com Orlando (2014), o processo de digestão anaeróbia tem se apresentado valoroso para o tratamento, uma vez que, degradam compostos aromáticos de difícil degradação via aeróbia, reduzem metais pesados por precipitação, além da capacidade de reduzir a cor, e produz de 5 a 20 vezes menos lodo biológico comparado com o processo aeróbio.

Dentro desta contextualização, a assertiva de que o lixiviado gerado no aterro sanitário deva ser tratado antes de ser lançado ao ambiente é imprescindível. A grande preocupação advém do fato da forma de como este líquido vem sendo tratado para ser depositado na natureza. Entretanto, sabe-se que a variedade da sua composição e a presença de substâncias diversas para um tratamento no efluente demandam por técnicas pouco eficientes e com alto custo.

Nascentes (2013) afirma que alguns tratamentos biológicos não são tão eficientes, haja vista a resistência apresentada em relação à biodegradação, principalmente em aterros mais antigos, pois alguns sistemas de tratamento demandam por uma etapa primária que se ocupa da redução de recalcitrância do lixiviado. Nascentes (2013) afirma ainda que o tratamento combinado 'lixiviado e esgoto doméstico', especialmente em sistemas de lodo ativados, pode ser uma proposta viável se pensado pelo lado econômico.

Em observação a este cenário e frente à sua contextualização, se estruturaram algumas questões investigativas: dentre as diversas tecnologias de tratamento de efluentes e resíduos orgânicos, qual a mais indicada? Qual o melhor (ou ideal) processo a ser adotado? O tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário (LAS) e esgoto sanitário (ES) representa uma possível solução?

Para responder a estes questionamentos, existem diversas tecnologias de tratamento de efluentes e resíduos orgânicos, merecendo destaque os métodos biológicos, dentre os mesmos, evidenciando-se a digestão anaeróbia; acredita-se que o tratamento anaeróbio combinado de esgoto sanitário com lixiviado de aterro sanitário possa ser realizado por meio da tecnologia de reatores; acredita-se que o reator do tipo anaeróbio de fluxo ascendente UASB (do inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), utilizado em diversos tratamentos na ETE Alfenas, represente uma alternativa eficiente e adequada para a depuração do lixiviado, permitindo a utilização da capacidade ociosa das estações de tratamento de esgoto (ETE).

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico em reator UASB, seguido por processo aeróbio composto de filtro biológico percolador (FBP) na Estação Tratamento de Esgoto (ETE) de Alfenas MG.

Material e métodos

Foi avaliado o processo do tratamento combinado de esgoto sanitário com lixiviado de aterro sanitário da COPASA-MG, na ETE de Alfenas-MG (um estudo de caso), ou seja, o tratamento do lixiviado de aterro sanitário conjuntamente com esgoto sanitário em reatores UASB seguido de filtro biológico percolador, na ETE de Alfenas, por meio de

coletas e análises visando ao atendimento aos padrões e condições de lançamento de efluentes exigidos pelas legislações ambientais pertinentes.

A edificação do estudo de caso contou ainda, com a intervenção de uma observação participante, no caso, a autoria deste trabalho, que vem estabelecer relacionamento, em um prazo longo, com o local/ambiente ou situação de pesquisa.

Os dados encontrados foram processados em planilhas *Excel* e, posteriormente, foram construídos gráficos das variáveis no tempo (evolução temporal) e gráficos *box-plot*.

Foram realizadas análises no afluente e efluente final de lançamento. Assim, foram realizadas análises do lixiviado recebido da empresa Alfenas Ambiental, antes de sua adição conjunta ao esgoto sanitário da ETE da COPASA-MG (2018). O período de monitoramento ocorreu de janeiro de 2019 a janeiro de 2020.

A frequência e a relação dos parâmetros analisados foram determinadas pela Nota Técnica FEAM nº 002/2005, em referência à Divisão de Monitoramento e Geoprocessamento (DIMOG) e à Divisão de Saneamento (DISAN), direcionada para ETE municipais que tratam esgotos sanitários (DIMOG, 2005).

Assim, as variáveis avaliadas no afluente e efluente estão dispostas na Tabela 1, conforme parâmetros, unidades e frequências.

Tabela 1. Variáveis avaliadas no efluente bruto e tratado e frequência, de acordo com a Nota Técnica FEAM nº 002/2005.

Parâmetro	Unidade	Frequência
Cádmio total	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)
Chumbo total	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)
Cloreto total	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)
Cobre dissolvido	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)
Condutividade elétrica	mg.L ⁻¹	Bimestral (só efluente)
DBO	mg.L ⁻¹	Bimestral (afluente e efluente)
DQO	mg.L ⁻¹	Bimestral (afluente e efluente)
<i>Escherichia coli</i>	NMP	Bimestral (só efluente)
Fósforo total	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)
Nitrato	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)
Nitrogênio amoniacal total	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)
Óleos e graxas	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)
Sólidos sedimentáveis	mg.L ⁻¹	Bimestral (afluente e efluente)
Substâncias tensoativas	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)
Teste de toxicidade aguda	mg.L ⁻¹	Anual (só efluente)
Vazão média mensal	L.s ⁻¹	Bimestral
Zinco total	mg.L ⁻¹	Semestral (só efluente)

As análises foram executadas pelo Laboratório Regional Sul em sua unidade de análises de águas residuárias localizada em Alfenas-MG. Já as variáveis de metais pesados foram analisadas no Laboratório Metropolitano da COPASA em Belo Horizonte-MG.

As análises das variáveis foram realizadas conforme metodologia proposta do *Standard of Methods for Examination of Water and Wastewater*, da *American Public Health Association* (APHA, 2017).

As coletas foram realizadas do tipo composta, de hora em hora, por um período de 24 h e frequência mensal, sendo o volume das alíquotas horárias varável, de acordo com o hidrograma de vazão da ETE, ou seja: nos horários de menor vazão e conseqüentemente menor carga orgânica, o volume coletado era menor, ao contrário dos horários de pico onde o volume coletado era maior, pois além de maior vazão, o esgoto possui carga orgânica mais elevada.

A avaliação dos resultados obtidos nas variáveis testadas no efluente final de lançamento no corpo receptor foi feita verificando seu enquadramento às condições e padrões estabelecidos no art. 29, da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 1/2008, com ênfase especial em remoção de DBO e DQO e sólidos sedimentáveis. Também foram analisados metais pesados, conforme previsto na Nota Técnica nº FEAM 002/2005.

Ênfase especial foi dada à remoção de DQO e DBO, além de nitrogênio amoniacal e sólidos sedimentáveis, como forma de verificar possível interferência da adição do lixiviado de aterro sanitário combinado com esgoto sanitário na digestão anaeróbia realizada em reator UASB.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos nas análises dos esgotos afluentes combinado com o lixiviado do aterro sanitário e do efluente tratado final são apresentados a seguir. As Figuras 1 e 2 apresentam a evolução temporal e estatística descritiva de DBO por meio de gráfico *box-plot*.

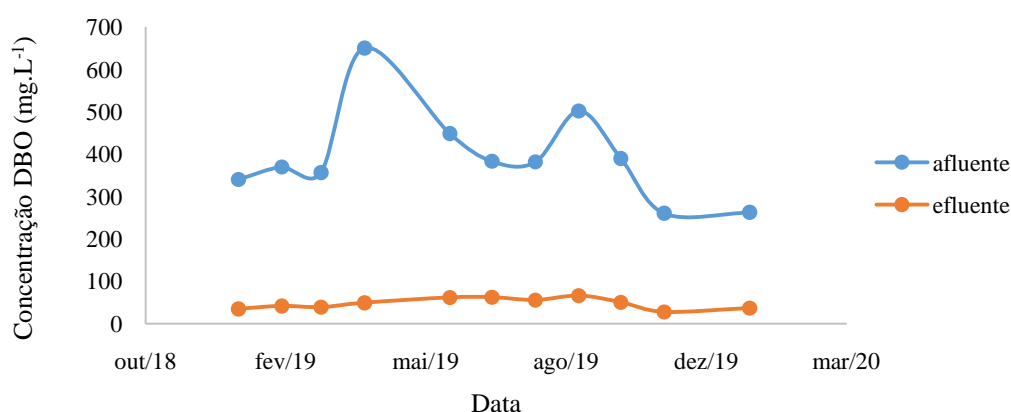


Figura 1. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do afluentes e efluente no período avaliado.

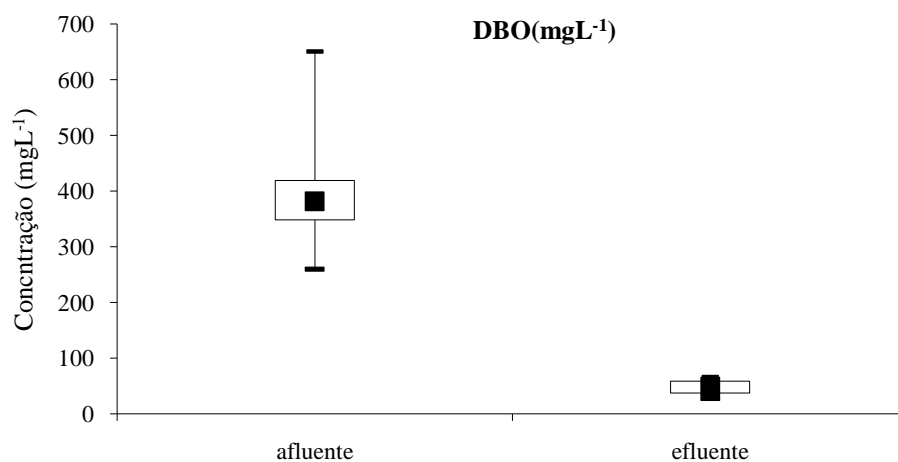


Figura 2. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do afluentes e efluente no período avaliado.

Observou-se que as características da mistura apresentaram-se de formas semelhantes ao esgotamento sanitário em relação à matéria orgânica variando de 260,1 a 650,9 mg.L⁻¹, assim para o tratamento na ETE de Alfenas, esta possivelmente não sofrerá danos ao tratamento, o que pode ser comprovado pela eficiência de remoção de 86,1% a 92,5% conforme Tabela 5. Para MacIntyre (1996) e Jordão e Pessoa (2017) a média está entre 100 e 300 mg.L⁻¹, enquanto Azevedo Netto (1977), afirma que, para esgoto sanitário, a média atinge 300 mg.L⁻¹.

Observou-se ainda dois picos nos meses de abril e setembro de 2019, o que possivelmente pode estar relacionado com maiores quantidades de resíduos depositados principalmente nos resíduos orgânicos e possivelmente a chuvas ocorridas nos períodos.

Em relação ao efluente gerado, observou-se o atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental pertinente (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 1). A DBO média de todas as medições ficou em 47,5 mg.L⁻¹, quando a exigência da legislação é ≤ 60 mg.L⁻¹. Com relação à eficiência de remoção de DBO, os resultados de todas as análises mensais e a média anual (87,77%) podem ser consideradas excelentes, atendendo perfeitamente o exigido pela referida legislação, que estabelece eficiência mínima de 60% e média anual $\geq 70\%$ (Tabela 2).

Tabela 2. Eficiência de remoção das variáveis demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos sedimentáveis no período avaliado.

Mês/ano	Eficiência (%)		
	DBO	DQO	Sólidos sedimentáveis
jan/2019	89,9	78,7	96,0
fev/2019	88,8	79,2	96,6
mar/2019	89,2	90,1	93,6
abr/2019	92,5	80,8	96,4
jun/2019	86,3	77,3	93,0
jul/2019	83,8	74,2	88,6
ago/2019	85,5	76,0	80,0
set/2019	86,9	76,7	90,7
out/2019	87,1	78,2	91,1
nov/2019	89,5	75,9	97,6
jan/2020	86,1	73,0	90,5

Por meio das Figuras 3 e 4 é possível avaliar os dados obtidos nas análises de DQO, podendo observar o pleno atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01, art. 29). Em todas as análises mensais realizadas no período compreendido entre janeiro de 2019 e janeiro de 2020, os níveis de eficiência registrados atenderam a eficiência mínima exigida de redução de DQO de 55%, situando-se entre 73,1% a 90,09%. Do mesmo modo a média anual dos testes realizados no período atingiu o valor de 78,19%, portanto, atendendo plenamente o padrão exigido de média $\geq 65\%$ de remoção de DQO.

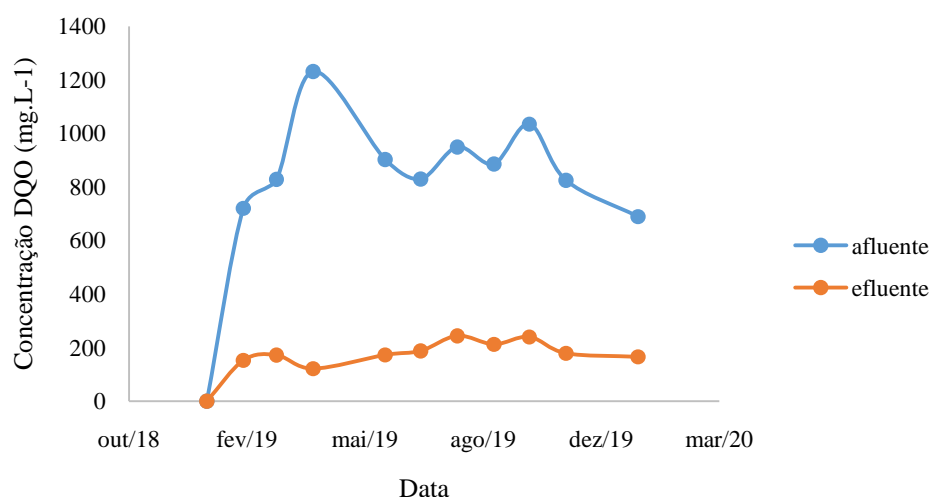


Figura 3. Demanda química de oxigênio (DQO) do afluente e efluente no período avaliado.

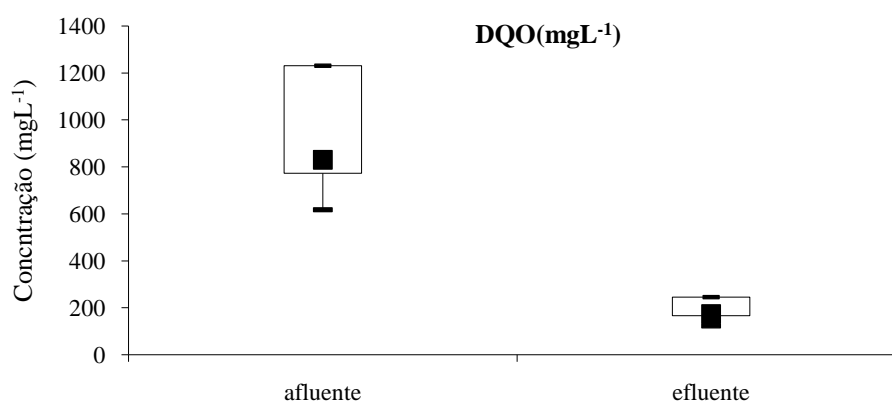


Figura 4. Demanda química de oxigênio (DQO) do afluente e efluente no período avaliado.

Assim sendo, o processo biológico de tratamento utilizado na ETE Alfenas tem condições de manter tratamento do esgoto sanitário combinado com o lixiviado do aterro sanitário da empresa Alfenas Ambiental na proporção utilizada no período, onde se observa que a relação DQO/DBO média anual situou-se em 2,28% e 91% das análises mensais.

Com relação ao parâmetro sólidos sedimentáveis, os valores encontrados no esgoto afluente à ETE, já misturado com o lixiviado do aterro sanitário, encontram-se dentro da normalidade para ETEs que tratam esgoto sanitário, situando-se entre 4,8 mL.L⁻¹ (média) 2,1 mL.L⁻¹ (mínimo) e em, 7,5 mL.L⁻¹ (máximo). Abordando os resultados desse parâmetro para o efluente tratado final, ou seja, o esgoto que está sendo lançado no corpo receptor Lago de Furnas, não houve nenhuma ocorrência de resultado fora do limite máximo (1,0 mL.L⁻¹). Como se observa nas Figuras 5 e 6, a média anual encontrada ficou em 0,4 mL.L⁻¹, variando de 0,1 a 0,8 mL.L⁻¹.

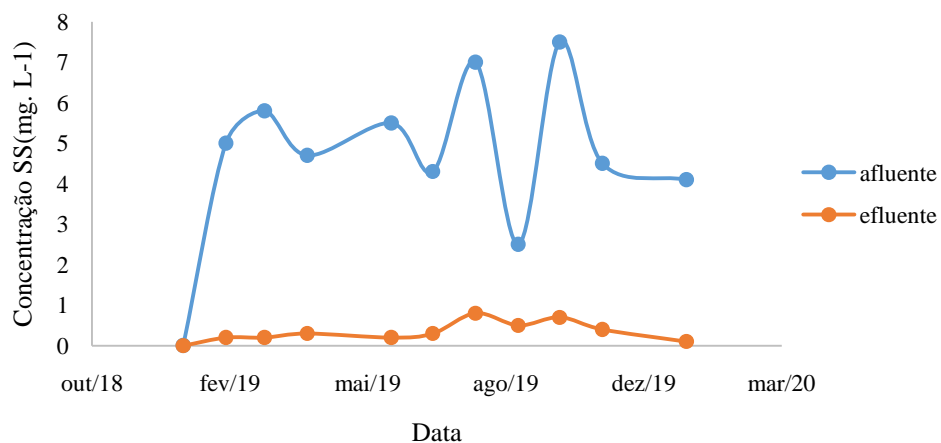


Figura 5. Parâmetro Sólidos Sedimentáveis

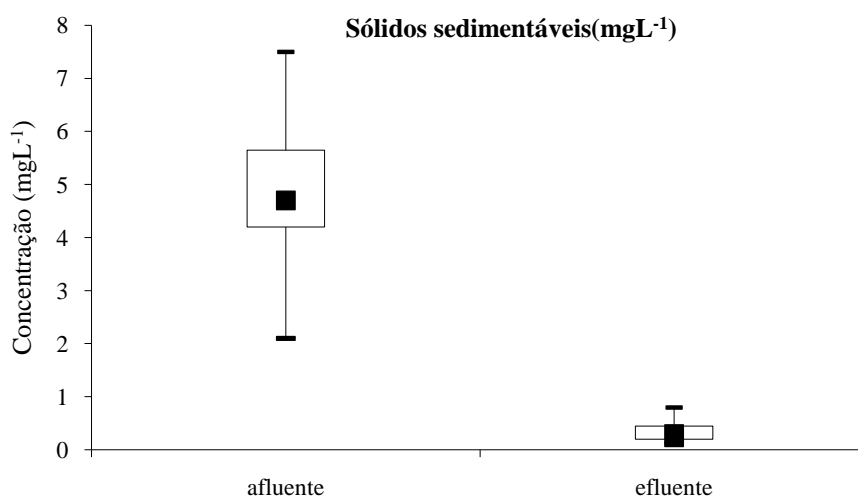


Figura 6. Sólidos sedimentáveis do afluente e efluente no período avaliado.

Também para o parâmetro sólidos em suspensão totais, que tem limite máximo estabelecido pela legislação em 100 mg.L⁻¹, as análises realizadas demonstraram que em todas as coletas realizadas, os resultados atenderam o padrão estabelecido, situando-se entre 46,0 e 98,0 mg.L⁻¹ e média de 64,8 mg.L⁻¹, portanto, atendendo o padrão estabelecido (Figura 7).

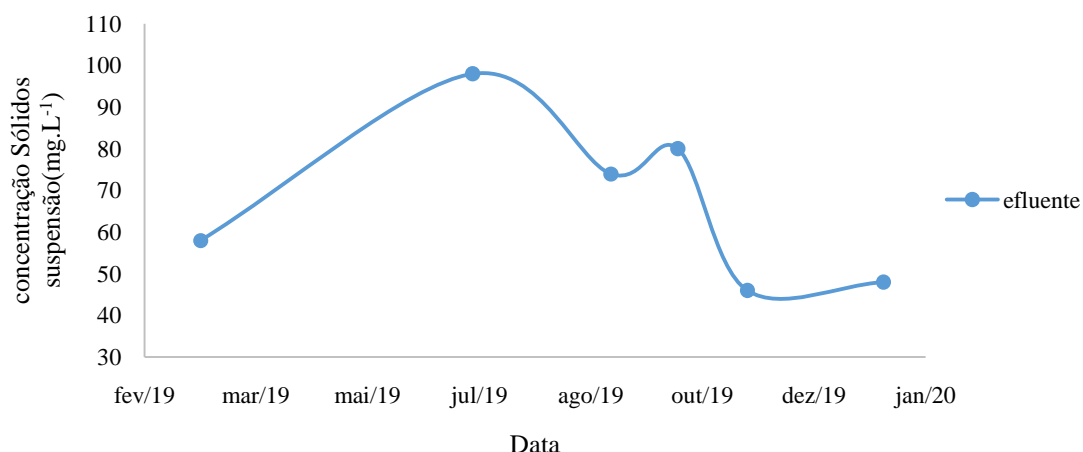


Figura 7. Sólidos em suspensão totais (mg.L⁻¹) do efluente.

A Tabela 3 apresenta as concentrações de metais pesados. Cabe ressaltar que de acordo com a Nota Técnica FEAM nº 02/2005, referência DIMOG/DISAN, são apresentadas análises semestrais. Entretanto, onde os resultados encontrados para cádmio total, cobre total, chumbo total e zinco total situaram-se abaixo do limite de detecção dos métodos utilizados, ou seja, atenderam plenamente aos padrões da legislação ambiental vigente.

Tabela 3. Elementos traços no efluente final no período avaliado de forma semestralmente.

Data/ano	Cádmio total	Cobre total	Chumbo total	Zinco
	mg.L ⁻¹			
Abril/2019	<0,002		<0,001	<0,10
Outubro/2019	<0,002	<0,006	<0,01	<0,10
VMP	0,1	1,0	0,1	0

No que diz respeito às análises de nitrogênio amoniacal (Figura 8), os resultados encontrados no efluente tratado, variando de 22,2 a 51,5 mg.L⁻¹, com média de 41,9 mg.L⁻¹ para o efluente tratado, são típicos de esgoto sanitário, sendo que a legislação ambiental pertinente preconiza que, para esgoto sanitário, o valor de 20 mg.L⁻¹ citado no art. 29, não se aplica. No afluente, os testes apresentaram média de 47,7 mg.L⁻¹, o que representa uma redução de 12,2%, valor normal para a tecnologia de tratamento empregada na ETE Alfenas, já que o tratamento biológico reconhecidamente não apresenta eficiência para remoção de nutrientes.

Ressalta-se que esses valores não são cobrados para esgoto sanitário. Considerando a mistura do chorume os valores não foram considerados tão altos, mostrando que o sistema de tratamento conseguiu absorver os efluentes.

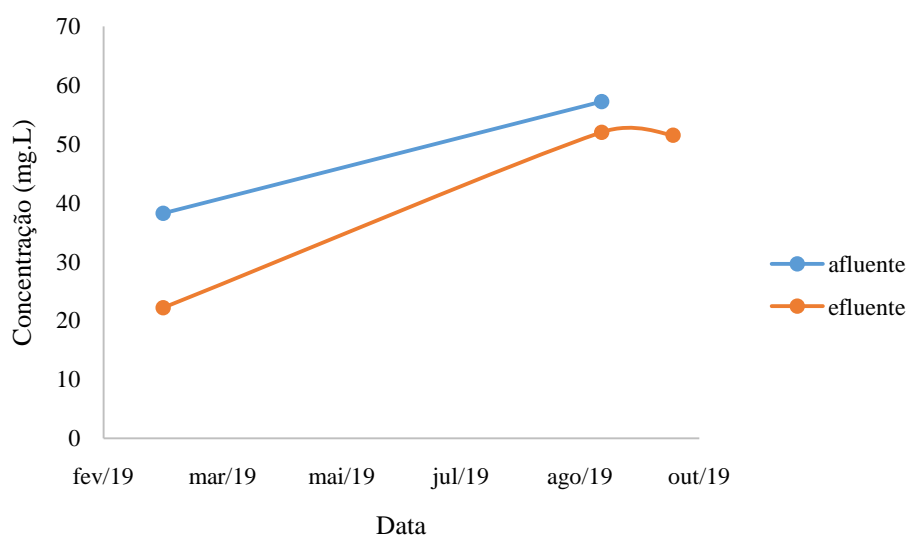


Figura 8. Nitrogênio amoniacal do afluente e efluente entre fevereiro e outubro de 2019 na ETE Alfenas-MG.

Com relação ao pH, Campos (2014) relatou que ele deve ser mantido sempre acima de 6,2 e, preferencialmente, na faixa de 6,8 a 7,4, porém, a legislação ambiental estabelece que o efluente de lançamento nos corpos receptores esteja na faixa de 6,0 a 9,0. No estudo em questão, observando a Figura 9, o efluente apresentou oscilação de 7,3 a 7,8, com média anual de 7,5, atendendo, assim, as exigências do órgão ambiental e condição adequada para a operação do reator, com pH propício ao crescimento das bactérias responsáveis pela decomposição da matéria orgânica presente no esgoto. Importante ressaltar que não há a exigência do monitoramento de pH no esgoto afluente, portanto, os valores citados referem-se a análises no efluente final de lançamento no corpo receptor.

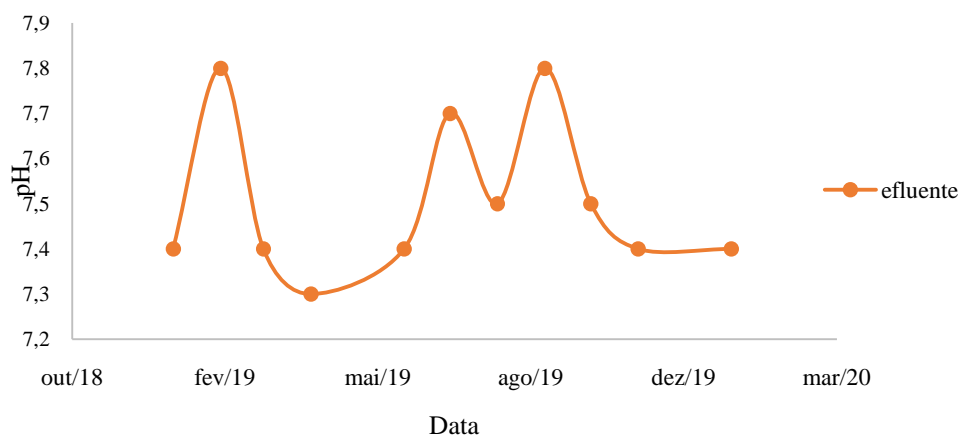


Figura 9. Valores do pH do efluente.

A Tabela 4 apresenta os resultados de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) diante da variação de percentual de lixiviado adicionado ao esgoto sanitário, ocorrida entre o percentual de Lixiviado de Aterro Sanitário (LAS) adicionado ao esgoto sanitário da ETE Alfenas e a correspondência com os resultados de eficiência de remoção de DBO e DQO retratados no efluente tratado final de lançamento no corpo receptor.

Tabela 4. Relação entre os resultados de DBO e DQO e a percentagem de LAS.

Mês/ano	DBO		DQO		LAS adicionado ao ES (%)	Valor máximo determinado (%)
	mg.L ⁻¹	Eficiência (%)	mg.L ⁻¹	Eficiência (%)		
jan/2019	34,5	89,9	153,7	78,7	0,89	2,5
fev/2019	41,4	88,8	172,6	79,2	0,48	2,5
mar/2019	38,5	89,2	172,0	90,0	0,64	2,5
abr/2019	49	92,5	173,3	80,8	0,68	2,5
maio/2019	-	-	-	-	0,70	2,5
jun/2019	61,5	86,3	188,3	77,3	0,48	2,5
jul/2019	62,0	83,8	245,0	74,2	0,67	2,5
ago/2019	55,4	85,5	213,0	75,9	0,68	2,5
set/2019	65,8	86,9	240,8	76,7	0,48	2,5
out/2019	50,2	87,1	179,5	78,2	0,24	2,5
nov/2019	27,4	89,5	166,0	75,9	0,43	2,5
dez/2019	-	-	-	-	0,28	2,5
jan/2020	36,4	86,1	166,5	73,1	0,29	2,5
Média	47,46	87,8	183,7	78,2	0,54	2,5
Mínimo	27,4	83,8	122,0	73,1	0,24	2,5
Máximo	65,8	92,5	245,0	90	0,89	2,5

Ao avaliar a Tabela 4, pode-se destacar os resultados de remoção de DBO e DQO encontrados no tratamento do ES combinado com LAS. Verificando os resultados das análises mês a mês e os respectivos percentuais de adição de LAS ao ES, e considerando ainda que o volume de esgoto sanitário manteve-se em torno de 104 L.S⁻¹, com pequenas oscilações, chega-se a uma conclusão importante: a eficiência de remoção de DBO e DQO se manteve elevada tanto para adição de LAS menor (exemplo de janeiro/2020) como para meses com maior percentual de LAS maior, como janeiro/2019. Com isso, pode-se concluir que a ETE Alfenas apresenta condições de tratar o esgoto sanitário com um percentual maior do que o praticado no período em questão, indo ao encontro da proposta de que essa adição fosse limitada a 2,5%. Considerando que a legislação vigente admite uma eficiência mínima de remoção de DBO de 60%, o menor valor encontrado foi 83,82% e a média anual, padronizada para mínimo de 70%, o estudo mostrou que atingiu 87,78%. Ressalta-se a possibilidade de aumentar o percentual de lixiviado ao esgoto sanitário para tratamento na ETE Alfenas e mesmo assim, atender os padrões da legislação.

Conclusões

Destacam-se os valores obtidos de remoção de DBO com média anual de 87,77% contra mínimo de 70% estabelecido pela legislação, mesmo comportamento registrado com o parâmetro DQO, com média anual de remoção 78,19% contra a exigência de média anual mínima de 65%.

Considerando-se a avaliação realizada e a magnitude dos resultados encontrados em todas as coletas mensais e também nas médias anuais para os parâmetros testados, e considerando que a adição de lixiviado do aterro sanitário foi da ordem de 0,5% em relação ao volume de esgoto sanitário, contra um limite traçado de máximo 2,5% de acordo com trabalhos realizados por outros autores, conclui-se que a ETE de Alfenas tem plenas condições de receber um percentual maior de chorume, limitado a 2,5%, mesmo assim atenderia sem problemas os limites e padrões estabelecidos pela legislação.

Contudo, nesse caso, recomenda-se igualmente um acompanhamento e avaliação do comportamento da estação de tratamento e a qualidade dos esgotos afluente e efluente, além do corpo receptor, da mesma maneira que como foi feito nesse estudo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water & wastewater**. 23. ed. Washington: Pharmabooks, 2017.

Azevedo Netto, J. M. (Coord.). **Sistemas de esgotos sanitários**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1977.

Campos, J. R. Descarte de lixiviado de aterros sanitários em estações de tratamento de esgoto: uma análise crítica. **Revista DAE**, n.197, 2014. <https://doi.org/10.4322/DAE.2014.129>

COPASA-MG - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. A Empresa. Institucional. 2018. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/a-copasa/a-empresa>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

DIMOG - Divisão de Monitoramento e Geoprocessamento. **Nota Técnica FEAM nº 002/2005**. Programa de monitoramento de efluentes líquidos, águas superficiais e águas subterrâneas associadas à ETE municipal. Disponível em: <https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro1259649/nota_tecnica_dimog_n_02_de_2016112005.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2021.

Jordão, E. P.; Pessoa C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 8. ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2017.

MacIntyre, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

Martins, R. J. E.; Boaventura, R. A. R. Estudo preliminar de tratabilidade do lixiviado do Aterro Sanitário de Luanda, Angola; Processo de Fenton. Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, 2014.

Miorim, M. **Tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico por processo anaeróbio em reator UASB**. São Leopoldo: Universidade Vale do Rio dos Sinos, 2018. (Dissertação de mestrado).

Nascentes, A. L. **Tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. (Tese de doutorado).

Orlando, L. M. **Avaliação de desempenho da estação de tratamento de lixiviado da Central de Tratamento de Resíduos da Zona da Mata - Juiz de Fora/MG**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014. (Monografia de graduação).

Paixão Filho, J. L. **Lixiviado em aterro sanitário**: alternativas para o cenário brasileiro. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017. (Tese de doutorado).

Santos, A. A. **Avaliação de um sistema alternativo utilizando *Wetland* construído como pós-tratamento de lixiviado de reator UASB**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2012. (Tese de doutorado).

Santos, A. B.; Viana, A. S.; Vieira, E.; Santos, F. B. Panorama do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos dos Municípios de Salvador-BA e Curitiba-PR e seus impactos na saúde pública. Anais do VIII Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, Curitiba, 2017. Disponível em: <<http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/article/download/337/241>>. Acesso em: 28 jun. 2021.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.