ANÁLISE DE DESEMPENHO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANTANA DA CIDADE DE VARGINHA - MG

Juan Pablo Pereira Lima [1]
Engenheiro de Bioprocessos – Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
Mestrando em Nanotecnologia e Nanociência – Universidade Católica de Lovaina (KU Leuven)
André Aguiar [2]
Engenheiro Químico - Universidade de São Paulo (USP/EEL)
Doutor em Biotecnologia Industrial - Universidade de São Paulo (USP/EEL)
Professor Associado IV - Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Endereço[2]**:** Av. BPS, 1303 - Pinheirinho - Itajubá - MG - CEP: 37500-903 - Brasil - Tel: +55 (35) 3629-1803 - e-mail: aguiar@unifei.edu.br

RESUMO

Com a crescente preocupação com o aumento da demanda por água e a preservação dos recursos hídricos, a avaliação da eficiência dos sistemas de tratamento de esgoto municipal torna-se necessária para garantir a qualidade dos mesmos. As Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) desempenham um papel fundamental nesse processo, realizando o tratamento do resíduo para cumprir com as legislações ambientais. O presente estudo analisou dados de amostras de esgoto da ETE Santana, localizada na cidade de Varginha-MG, e verificou se os processos de tratamento estão em conformidade com as legislações ambientais estadual (COPAM/CERH) e federal (CONAMA). O seu sistema de tratamento é composto por gradeamento e caixa de areia, seguidos de tratamento biológico por reator UASB. A ETE Santana demonstrou eficiência na remoção percentual de matéria orgânica, por meio dos parâmetros DBO_5 e DQO. Ao avaliar os dados de SST e O&G, um pouco mais de metade das amostras não atendeu os limites da legislação estadual. Um terço das amostras de esgoto tratado apresentou valores de SSed acima do máximo permitido. São sugeridas melhorias no sistema de tratamento da ETE Santana, como o aumento do tempo de residência no reator UASB ou a adoção de uma etapa de polimento.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgoto; reator UASB; legislação ambiental.

INTRODUÇÃO

A população mundial vem enfrentando sérios problemas relacionados à água, como poluição e sua escassez, principalmente devido ao crescimento populacional e industrial (BAO e FANG, 2012). Cerca de 50% da população mundial enfrenta escassez hídrica, pelo menos um mês ao ano, e somado a isso é estimado um aumento na sua demanda em 25% até 2050 em comparação a 2019 (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2021). Essa situação destaca a importância do Objetivo 6 da Agenda 2030, o qual busca garantir o acesso à água e ao saneamento sustentável para todos. A operação e a manutenção das ETEs continuam sendo um desafio devido aos custos envolvidos (PAJARES et al., 2019).

No panorama brasileiro, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) reuniu informações de 97,5% da população brasileira e divulgou que foram coletados 6 bilhões de m^3 de esgoto em 2023. É imprescindível o tratamento desses resíduos para minimizar a contaminação de corpos hídricos receptores. O mesmo levantamento revelou que para apenas 56% da população brasileira há um sistema de coleta de esgoto, enquanto para somente 52,2% da população o tratamento de esgoto é realizado (SNIS, 2023). Esses aspectos mostram que o tratamento de efluentes urbanos ainda é um problema em muitas cidades brasileiras. Em 2020, foi implementado o Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico para atender às necessidades de tratamento de águas residuárias da população brasileira. Regulado pela Lei 14.026/2020, o marco estabelece a meta de atingir pelo menos 90% da população com acesso igualitário à coleta e tratamento de saneamento até 2033 (CHERNICHARO et al., 2018; BRASIL, 2020).

A construção e a operação de uma ETE são essenciais para o tratamento de esgoto antes de seu descarte na natureza. O seu lançamento sem tratamento adequado pode gerar diversos problemas à saúde e também ambientais, como o aumento da concentração de matéria orgânica em rios e lagos, o que favorece o crescimento microbiano e, consequentemente, reduz os níveis de oxigênio dissolvido, que é essencial à vida aquática (DANTAS et al., 2021). Além disso, o aumento dos níveis de nutrientes pode causar a eutrofização (LAPOINTE et al., 2015). Outros problemas podem ocorrer, como a contaminação por substâncias tóxicas e questões relacionadas à permeabilidade do solo (VON SPERLING, 2014).

A cidade mineira de Varginha está situada no Sul do estado, fazendo parte da bacia do rio Grande, uma importante região de atividade cafeeira. A área territorial do município é de 395.396 km^2, tendo uma população estimada em 137.608 habitantes. Sua economia baseia-se na indústria e agricultura, sendo considerada um polo regional e Porto Seco do estado (IBGE, 2021).

A cidade em questão possui três ETEs administradas pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), sendo que uma delas, a ETE Santana, trata a maior parte do esgoto do município, 70%. Essa ETE conta com uma capacidade nominal de 280 $L.s^{-1}$ e uma vazão média de tratamento de 96,6 $L.s^{-1}$. A rede coletora de esgoto tem uma extensão de 399.377 m, atendendo 96% da população. A principal etapa de tratamento da ETE Santana consiste em biorreatores do tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) (ARSAE, 2021). Avaliar a eficiência desta ETE é crucial, pois estudos publicados indicam que este tipo de processo, quando utilizado como único tratamento biológico, tem se mostrado ineficaz na remoção de matéria orgânica (MARQUES e NUNES, 2018; RAMOS et al., 2023). Dado que é fundamental expandir a coleta e o tratamento de águas residuárias para todas as cidades brasileiras, garantir a eficácia dos sistemas de tratamento nas áreas já atendidas é igualmente importante. Portanto, torna-se essencial avaliar o desempenho da ETE Santana de Varginha em relação às legislações ambientais vigentes para o descarte de esgoto tratado em corpos hídricos receptores.

OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo analisar dados de esgoto e bruto e tratado da ETE Santana, localizada na cidade mineira de Varginha. Por meio dos dados adquiridos ao longo de nove meses, calculou-se a eficiência de remoção de matéria orgânica (por meios dos parâmetros DQO e DBO_5), além do pH, óleos e graxas e sólidos) e verificou se o tratamento atende as legislações estadual e federal quanto ao lançamento de esgoto tratado em corpos hídricos receptores. Adicionalmente, foi avaliado o índice de biodegradabilidade dos resíduos (razão DBO_5/DQO), além de correlações lineares que pudessem possibilitar a predição de um parâmetro em função de outro como forma de facilitar a caracterização dessas águas residuárias.

METODOLOGIA

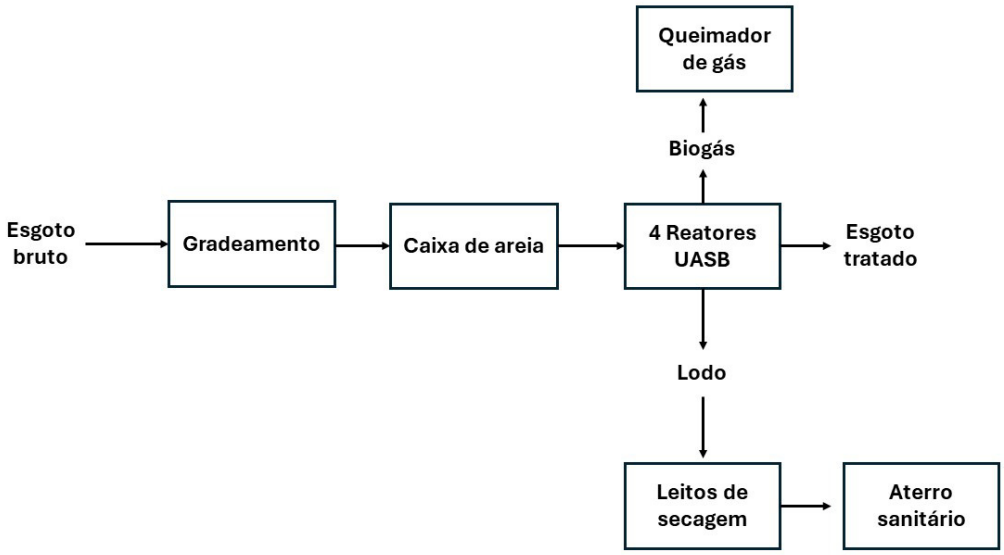
Para a elaboração do presente estudo foram utilizados os dados de caracterização do esgoto bruto e tratado da ETE Santana de Varginha-MG adquiridos do Relatório de Fiscalização Operacional Nº 156/2021 divulgado *on line* pela Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE, 2021).

Todos os dados das amostras de esgoto coletadas mensalmente ao longo de nove meses, de agosto de 2020 a maio de 2021, foram utilizados. Os parâmetros físico-químicos de qualidade de águas residuárias avaliados foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), pH, óleos e graxas (O&G), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos sedimentáveis (SSed). Os dados de caracterização das amostras de esgoto foram avaliados frente as legislações ambientais em vigor para verificar a sua conformidade. A legislação estadual de Minas Gerais foi aquela vigente na ocasião em que os dados foram avaliados, a qual foi estabelecida pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) de Minas Gerais, por meio da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008). A legislação federal aplicável foi a Resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011). Em adição, foi calculada a biodegradabilidade das amostras por meio da razão DBO_5/DQO, além de avaliar correlações lineares preditivas entre os parâmetros físico-químicos reportados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra um fluxograma que contêm as etapas de tratamento presentes na ETE Santana de Varginha-MG. O sistema de tratamento de esgoto possui uma etapa de gradeamento para retenção de sólidos grosseiros, seguida por uma caixa de areia. O esgoto depois é tratado em quatro biorreatores do tipo UASB em paralelo. Este tratamento biológico anaeróbio se destaca pelo bom desempenho, necessidade de pouco espaço físico e baixo custo de operação e manutenção (DAUD et al., 2018). Adicionalmente, na planta existe um queimador para o biogás gerado no biorreator, pois ele é rico em metano, o qual é um gás de efeito estufa mais potente que o CO_2 (ANGELIDAKI et al., 2018). O lodo gerado no reator tem sua umidade reduzida em leitos de secagem, e depois ele é transportado para o descarte em aterro sanitário do próprio município (ARSAE, 2021).

Figura 1: Fluxograma da ETE Santana de Varginha-MG



Fonte: ARSAE, 2021.

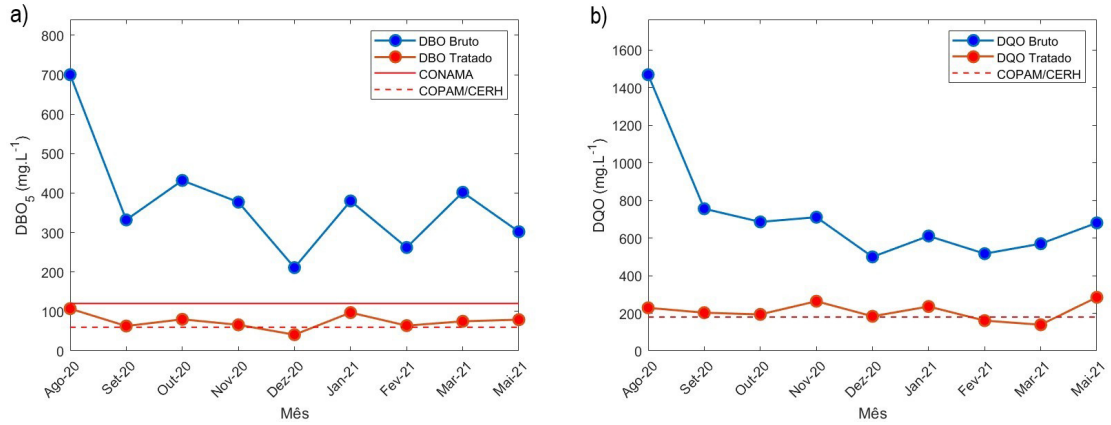
Na Figura 2a estão mostrados os dados de DBO_5 das amostras de esgoto antes e depois do tratamento. De acordo com von Sperling (2014), o valor médio de DBO_5 do esgoto doméstico gerado por cidades brasileiras está em torno de 300 $mg.L^{-1}$. Foi observado aqui que a DBO_5 média (378 $mg.L^{-1}$) é acima desse valor típico. Ao excluir uma amostra bem mais concentrada que as demais, esse valor médio diminui para 338 $mg.L^{-1}$. Em um trabalho recente, Budeiz e Aguiar (2020) reportaram as médias de DBO_5 de 300 $mg.L^{-1}$ e 420 $mg.L^{-1}$ para os esgotos brutos de duas outras cidades mineiras, Itajubá e Pedralva, respectivamente. Isso evidencia uma pequena variação, a qual pode estar relacionada à economia, densidade populacional e outros aspectos socioeconômicos específicos de cada município (BU et al., 2021).

Na Figura 2b, estão apresentados os dados referentes à DQO. A média da DQO do esgoto bruto foi de 722,3 $mg.L^{-1}$. Excluindo a mesma amostra supracitada, a qual é mais concentrada que as demais, o valor médio da DQO diminuiu para 629 $mg.L^{-1}$, aproximando-se do valor típico de 600 $mg.L^{-1}$ (VON SPERLING, 2014). Comparando ao esgoto bruto das cidades de Itajubá e Pedralva, suas amostras apresentaram uma média de DQO de 609 e 911 $mg.L^{-1}$, respectivamente (BUDEIZ e AGUIAR, 2020).

Considerando os dados de caracterização das amostras de esgoto tratado, os valores de DBO_5 estão abaixo do limite de 120 $mg.L^{-1}$ estabelecido pela legislação federal; no entanto, ao considerar a legislação estadual, aproximadamente 85% das amostras excederam os limites permitidos de 60 e 180 $mg.L^{-1}$ para DBO_5 e DQO, respectivamente. Isso, teoricamente, impossibilitaria o descarte desses efluentes em corpos hídricos receptores.

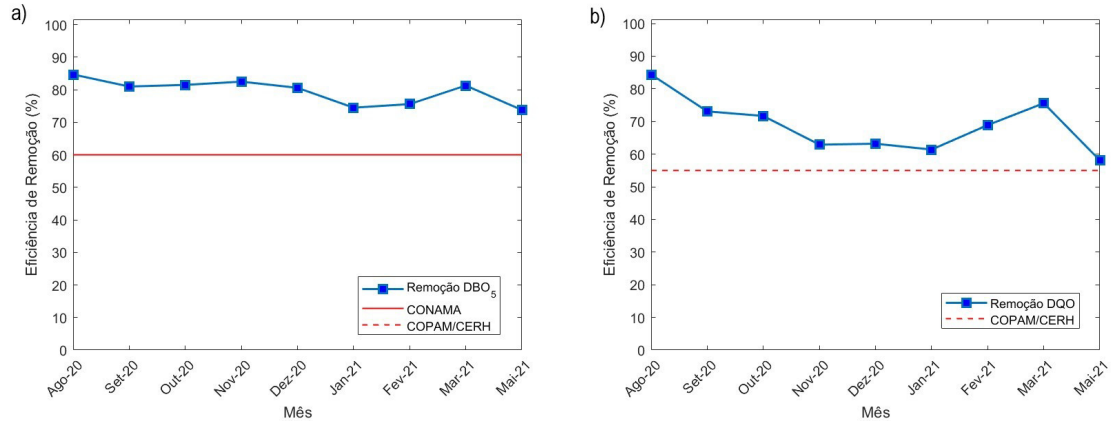
Nas legislações são estabelecidas eficiências mínimas de remoção tanto para DBO_5 quanto para DQO. A remoção mínima de DBO_5 estipulada pelas duas legislações é 60%, enquanto a remoção mínima de DQO definida pela legislação estadual é de 55% (MINAS GERAIS, 2008; BRASIL, 2011). Ao analisar as Figuras 3a e 3b, observa-se que tanto a DBO_5 quanto a DQO foram removidas adequadamente, apresentando remoções médias de 79,5% e 68,8%, respectivamente. É importante ressaltar que as empresas não são obrigadas a atender simultaneamente os critérios de concentração máxima permitida de matéria orgânica e percentual mínimo de remoção (MINAS GERAIS, 2008).

Figura 2: Dados de DBO_5 (a) e DQO (b) das amostras de esgoto bruto e tratado da ETE Santana de Varginha-MG no período de 08/2020 a 05/2021, juntamente com os limites das legislações vigentes.



Fonte: Autores.

Figura 3: Eficiência de remoção de DBO_5 (a) e DQO (b) da ETE Santana de Varginha-MG no período de 08/2020 a 05/2021, juntamente com os limites das legislações vigentes.



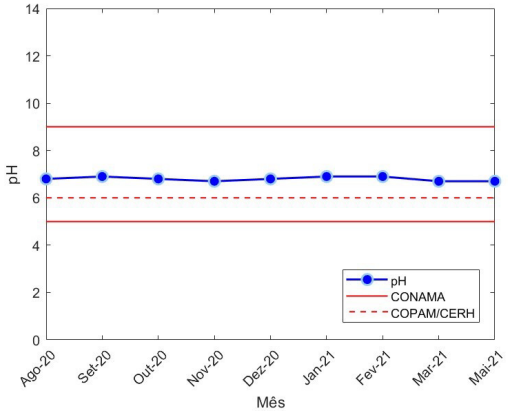
Fonte: Autores.

Outro parâmetro fundamental para avaliar o descarte de águas residuárias em corpos hídricos é o pH. Conforme evidenciado pelos dados apresentados na Figura 4, o pH se manteve em torno de 6,8, situando-se dentro da faixa estabelecida tanto pelo COPAM/CERH (MINAS GERAIS, 2008) quanto pelo CONAMA (BRASIL, 2011). Essa característica das amostras é ideal, pois desvios significativos da região de neutralidade podem representar uma ameaça à vida aquática (VON SPERLING, 2014).

Os dados de concentração de SST e SSed foram reportados apenas para as amostras tratadas, sendo mostrados nas Figuras 5a e 5b, respectivamente. O parâmetro SST é exigido apenas pela legislação estadual, e quase metade das amostras não estiveram em conformidade, pois os dados excederam o limite de 100 $mg.L^{-1}$. O parâmetro SSed possui um limite máximo de 1 $mL.L^{-1}$ (BRASIL, 2011; MINAS GERAIS, 2008) e foram verificadas três amostras

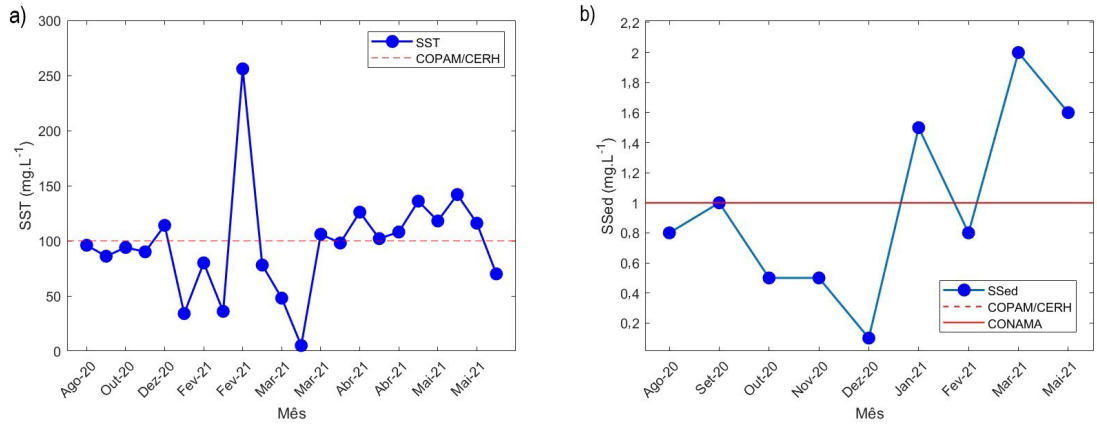
com concentrações acima desse valor. Esses resultados sugerem a ocorrência indesejável de arraste de flocos do biorreator, uma importante desvantagem dos biorreatores UASB (DAUD et al., 2018).

Figura 4: pH das amostras de esgoto tratado da ETE Santana de Varginha-MG no período de 08/2020 a 05/2021, juntamente com os limites das legislações vigentes.



Fonte: Autores.

Figura 5: Dados de SST (a) e SSed (b) das amostras de esgoto tratado da ETE Santana de Varginha-MG no período de 08/2020 a 05/2021, juntamente com os limites das legislações vigentes.



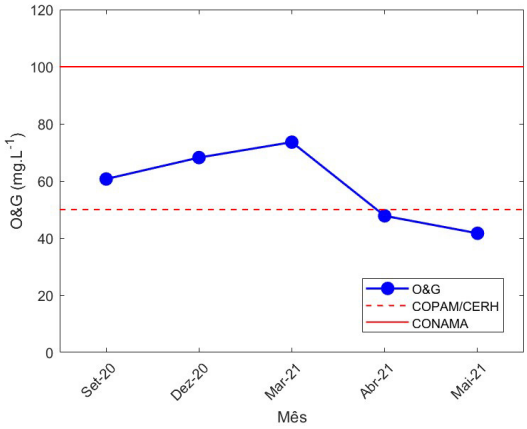
Fonte: Autores.

Os dados de O&G das amostras de esgoto tratado são apresentados na Figura 6. Embora não haja dados para todos os meses monitorados, é possível observar que as amostras estiveram de acordo com a legislação federal, todavia três das cinco amostras excederam o limite estabelecido de 50 $mg.L^{-1}$ da legislação estadual (MINAS GERAIS, 2008; BRASIL, 2011).

Por meio dos dados de DBO_5 e DQO, foi possível calcular a razão entre esses dois parâmetros, a qual indica a biodegradabilidade do esgoto, conforme mostrado na Figura 6. Essa razão é útil para determinar se tratamentos biológicos ou físico-químicos são mais adequados para tratar um determinado tipo de água residuária. Caso a razão estiver acima de 0,4, mais de 40% da matéria orgânica é biodegradável, sugerindo tratamentos biológicos, os quais são eficientes e de baixo custo operacional (DEZOTTI, 2008; VON SPERLING, 2014). Se a razão for inferior a 0,15, tratamentos físico-químicos são mais indicados, pois apenas uma pequena fração da matéria orgânica é suscetível ao tratamento biológico. Se a razão estiver 0,15 e 0,4, são necessárias outras análises (VON SPERLING, 2014). O esgoto bruto da ETE Santana apresenta uma razão média de 0,53, indicando alta biodegradabilidade e isso indica o uso de tratamentos biológicos, conforme já ocorre. Este valor está dentro da faixa esperada por von Sperling (2014), que indica que o esgoto

doméstico no Brasil geralmente tem uma razão DBO_5/DQO entre 0,42 e 0,59, e está de acordo com a faixa de 0,50 a 0,67 citada por Dezotti (2008).

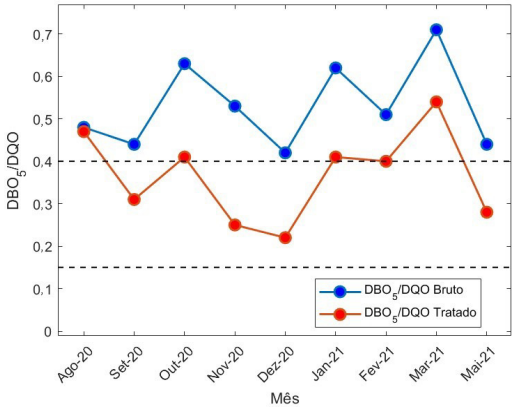
Figura 6: Dados de O&G das amostras de esgoto tratado da ETE Santana de Varginha-MG no período de 08/2020 a 05/2021, juntamente com os limites das legislações vigentes.



Fonte: Autores.

Após o tratamento na ETE, a razão média DBO_5/DQO foi reduzida para 0,37, estando na faixa intermediária. Embora o UASB seja reconhecido como um decanto-reator capaz de remover tanto poluentes biodegradáveis quanto recalcitrantes (VON SPERLING, 2014; DAUD et al., 2018), seu desempenho no tratamento de esgoto na ETE Santana resultou em uma remoção maior da fração de poluentes biodegradáveis, conforme indicado pela diminuição do índice biodegradabilidade após o tratamento.

Figura 7: Biodegradabilidade (razão DBO_5/DQO) das amostras de esgoto bruto e tratado da ETE de Varginha-MG, juntamente com as faixas de biodegradabilidade reportadas por von Sperling (2014).



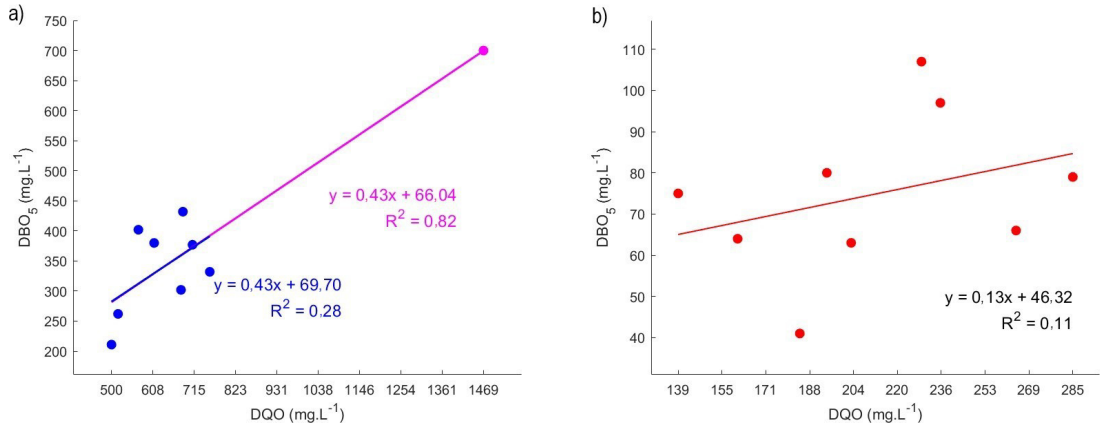
Fonte: Autores.

Em resumo, foi observado que o reator UASB junto aos outros processos preliminares (gradeamento e caixa de areia) na ETE Santana não têm sido eficientes no tratamento do esgoto, pois foram verificadas inconformidades em alguns parâmetros, como O&G, SST e SSed, indicando a necessidade de melhorias. Aumentar o tempo de residência no biorreator seria uma opção viável, já que a ETE Santana opera com uma vazão média de tratamento bem inferior à sua capacidade nominal. Uma manutenção adequada dos equipamentos junto de sua operação correta é outro ponto fundamental. Além disso, etapas biológicas adicionais também seriam uma opção, considerando que o índice de biodegradabilidade médio do esgoto tratado é próximo de 0,4. Um exemplo disso é a ETE do município Pedralva, que demonstrou alta eficiência na remoção de poluentes, provavelmente devido ao uso de tratamentos biológicos subsequentes ao reator UASB. Especificamente a ETE de Pedralva possui, após o reator UASB, uma lagoa de estabilização facultativa

seguida por duas lagoas de polimento em série (BUDEIZ e AGUIAR, 2020). Para a ETE Santana, é necessário verificar a disponibilidade de área, uma vez que lagoas exigem um espaço considerável.

A DBO_5 é uma análise mais complexa e demorada que a DQO. Enquanto a determinação da DBO_5 exige um período mínimo de 5 dias para ser concluída, a DQO pode ser realizada em até 3 horas (DEZOTTI, 2008). Portanto, é oportuno estabelecer uma correlação linear entre esses dois parâmetros para estimar a DBO_5 com base nos dados da DQO. Isso possibilita tomadas de decisão mais rápidas, pois muitas equações de projeto e operação ainda são baseadas nos valores de DBO_5 (SILVA e MENDONÇA, 2003). Uma correlação linear com um coeficiente de correlação (R^2) superior a 0,8 é considerada alta, indicando um modelo altamente confiável e aplicável. Se o R^2 estiver entre 0,5 e 0,8, a correlação é considerada moderada. No entanto, se for inferior a 0,5, a correlação linear é considerada fraca (SANTOS, 2007). Como apresentado na Figura 8a, a correlação linear entre as amostras de esgoto brutos é alta (R^2 = 0,82), todavia há um ponto extremo que ao ser desprezado, o valor de R^2 cai para 0,28 Por outro lado, para as amostras de esgoto tratado (Figura 8b) verificou-se uma correlação linear fraca e contraindicada para qualquer uso.

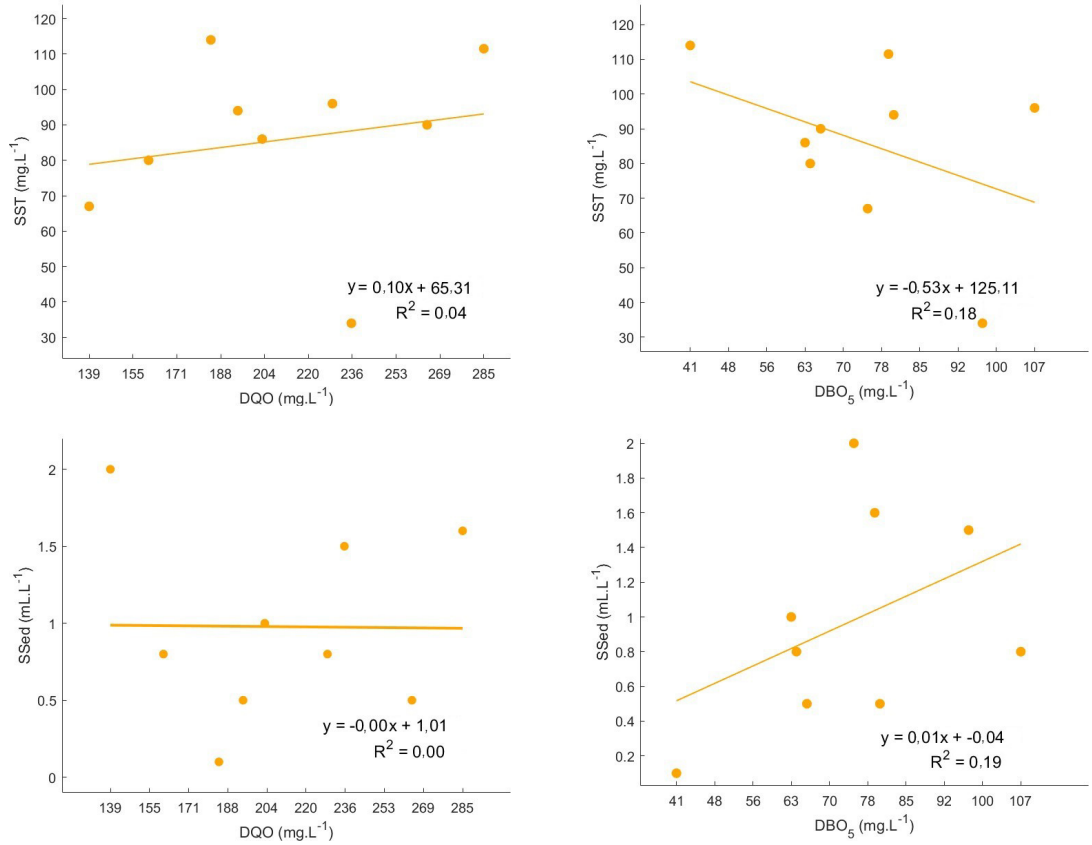
Figura 8: Correlações entre DBO_5 e DQO para as amostras de esgoto bruto (a) e tratado (b) da ETE Santana de Varginha-MG. A) Em rosa tem-se a correlação considerando todos os pontos e em azul tem-se a correlação excluindo o ponto que destoa dos demais.



Fonte: Autores.

Na literatura, diversos estudos relatam tentativas de correlação linear entre DBO_5 e DQO a partir de dados de caracterização de esgoto de diferentes cidades brasileiras (RAMOS et al., 2023; BUDEIZ e AGUIAR, 2020; SILVA e MENDONÇA, 2003), mas no presente trabalho isso não foi possível. Outras correlações foram analisadas, considerando dados de SST e SSed em relação a DBO_5 e DQO para amostras de esgoto tratado, conforme apresentado na Figura 9. As correlações entre matéria orgânica e séries de sólidos resultaram em baixos valores de R^2. Ramos et al. (2023) também não verificaram correlações lineares fortes entre esses mesmos parâmetros em amostras de esgoto tratado de três outros municípios de Minas Gerais.

Figura 9: Outras correlações das amostras de esgoto tratado da ETE Santana de Varginha-MG.



Fonte: Autores.

CONCLUSÕES

Ao analisar os dados de amostras de esgoto da ETE Santana, localizada na cidade de Varginha-MG, verificou-se que as amostras estavam dentro dos padrões de descarte das legislações estadual e federal em relação à DBO_5, DQO e pH. No entanto, ao analisar os parâmetros da série de sólidos, mais de 50% das amostras estavam em desconformidade aos padrões estabelecidos pelo COPAM/CERH para SST, enquanto um terço das amostras não atendeu o parâmetro SSed. Em relação à O&G, três das cinco amostras de esgoto tratado estiveram acima do limite permitido pela legislação estadual. Portanto, recomenda-se melhorias no tratamento atualmente adotado, como exemplo o aumento do tempo de residência no reator UASB da ETE, haja visto que a mesma opera com vazão de operação abaixo de sua capacidade nominal. O esgoto bruto da ETE apresenta elevada biodegradabilidade (DBO_5/DQO > 0,5). Após o tratamento na ETE, esse índice diminuiu para 0,37, sugerindo que um tratamento biológico adicional poderia ser uma alternativa para o polimento desse efluente, pois ele ainda possui uma fração significativa de poluentes biodegradáveis. Em conclusão, é imperativo realizar melhorias nos processos de tratamento e considerar tecnologias adicionais para garantir que o esgoto tratado esteja dentro dos padrões exigidos, assegurando a proteção ambiental e a saúde pública.

REFÊRENCIAS

1. ANGELIDAKI, I., TREU, L., TSAPEKOS, P., LUO, G., CAMPANARO, S., WENZEL, H., KOUGIAS, P.G. *Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives, Biotechnology Advances*, v. 36, p. 452-466, 2018.

2. ARSAE. Relatório de fiscalização operacional nº 127/2021. Sistema de esgotamento sanitário. Sede Municipal de Varginha, 2021. Disponível em: https://www.arsae.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/rf_tec_op_ses_varginha.pdf. Acessado em: 05/05/2024

3. BAO, C., FANG, C. *Water Resources Flows Related to Urbanization in China: Challenges and Perspectives for Water Management and Urban Development. Water Resources Management*, v. 26, p. 532-552, 2012.

4. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n°. 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF, 2011. Disponível em:

5. BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Lei Nº 14.026, de 15 de Julho de 2020. Novo Marco Regulatório de Saneamento, 2020.

6. BU, Y., WANG, E., JIANG, Z. *Evaluating spatial characteristics and influential factors of industrial wastewater discharge in China: A spatial econometric approach. Ecological Indicators,* v. 121, 107219, 2021.

7. BUDEIZ, V., AGUIAR, A. *Monitoramento e relacionamento dos parâmetros DQO e DBO_5 em afluente e esgoto tratado das cidades de Itajubá e Pedralva, MG, Periódico Tchê Química*, v.17, p. 80-92, 2020.

8. CHERNICHARO, C.A.L., RIBEIRO, T.B., GARCIA, G.B., LERMONTOW, A., PLATZER, C.J., POSSETTI, G.R.C., ROSSETO, M.A.L.R. *Panorama do tratamento de esgoto sanitário nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil: tecnologias mais empregadas, Rev. DAE*, v. 66, p. 5–19, n. 213, 2018.

9. DANTAS, M.S., BARROSO, G.R., OLIVEIRA, S.C. *Performance of sewage treatment plants and impact of effluent discharge on receiving water quality within an urbanized area. Environmental Monitoring and Assessment*, v. 193, n. 289, 2021.

10. DAUD, M.K.; RIZVI, H., AKRAM, M.F., ALI, S., RIZWAN, M., NAFEES, M., JIN, Z.S. *Review of Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor technology: effect of different parameters and developments for domestic wastewater treatment, Journal of Chemistry*, v. 2018, p. 1-13, 2018.

11. DEZOTTI, M. Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos. 1ª ed., Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

12. IBGE. Cidades e Estados. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/timoteo.html. Acesso em: 06/05/2024.

13. LAPOINTE, B.E., HERREN, L.W., DEBORTOLI, D.D., VOGEL, M.A. *Evidence of sewage-driven eutrophication and harmful algal blooms in Florida's Indian River Lagoon. Harmful Algae,* v. 43, p. 82-102, 2015.

14. MARQUES, L.C.; NUNES, A.B.A. *Análise da eficiência do tratamento de efluentes em reatores UASB em Fortaleza/CE, Revista DAE*, v. 66, p. 95-104, 2018.

15. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais, 01/2008. Que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2008. Diário Executivo de Minas Gerais, Belo Horizonte, 13 de maio de 2008.

16. PAJARES, E.M., VALERO, L.G., SÁNCHEZ, I.M.R. *Cost of Urban Wastewater Treatment and Ecotaxes: Evidence from Municipalities in Southern Europe. Water,* v. 11. n. 3, 423, 2019.

17. RAMOS, M.D.N., GOMES, T.M., AQUINO, S.F., AGUIAR, A. *Sewage treatment in cities of the state of Minas Gerais, Brazil, that use the UASB reactor as the only biological treatment: A case study. Journal of Water Process Engineering*, v. 56, 104509, 2023.

18. SANTOS, C. Estatística Descritiva – Manual de Auto-aprendizagem, 3a ed., Edições Lisboa: Sílabo, 2007.

19. SILVA, S.R.; MENDONÇA, A.S.F. *Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da grande Vitória - ES. Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 8, n. 4, p. 213-220, 2003.

20. SNIS. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento 2022. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel. Acessado em: 05/05/2024.

21. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4ª ed., Belo Horizonte: UFMG, 2014.

22. WORLD RESOURCES INSTITUTE. Aqueduct Water Risk Atlas, 2021. Disponível em: https://www.wri.org/data/aqueduct-water-risk-atlas. Acessado em: 06/05/2024.