

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS COMPOSTA POR REATOR ANAERÓBIO E BIOFILTRO

Victor Valentim de Souza Costa, Universidade Federal do Maranhão, victor.valentim1@outlook.com
Amanda Caroline da Silva Buna, Universidade Federal do Maranhão, amanda.buna@discente.ufma.br
Khaline da Silva Moraes, Universidade Federal do Maranhão, khaline.moraes@discente.ufma.br
Luiza Renata dos Santos Pereira, Universidade Federal do Maranhão, louiza.renata@gmail.com
Daniel Rocha Pereira, Universidade Federal do Maranhão, daniel.rocha.drp@gmail.com

Resumo

O reconhecimento da importância do saneamento e da sua associação com a saúde humana remonta às mais antigas culturas. O saneamento desenvolveu-se de acordo com a evolução das diversas civilizações, ora retrocedendo com a queda delas, ora renascendo com o aparecimento de outras. Portanto, o objetivo deste trabalho é a avaliação do desempenho de uma Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários composta por reator anaeróbio e biofiltro em uma instituição de Ensino em São Luís/MA. A pesquisa é classificada como exploratória, de campo, aplicada e com abordagem qualitativa. Foi realizada coleta de julho a outubro de 2023. Para tanto foi feito a coleta do efluente tratado e da água onde o mesmo é lançado, onde foi feito as análises laboratoriais sendo elas físico-químicas, e avaliação do desempenho da ETE. O monitoramento da temperatura revelou flutuações dentro dos limites aceitáveis, a análise dos sólidos totais dissolvidos indica variações consideráveis entre os dois locais, revelou-se uma variação significativa nos parâmetros de oxirredução, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato e nitrito. Portanto, diante dos resultados analisados, torna-se evidente que a variação sazonal tem um impacto significativo nos parâmetros físico-químicos da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e do lago adjacente.

Palavras-chave: Esgotamento sanitário, sistema de tratamento, saneamento básico, remoção de poluentes.

1. Introdução

O reconhecimento da importância do saneamento e da sua associação com a saúde humana remonta às mais antigas culturas. O saneamento desenvolveu-se de acordo com a evolução das diversas civilizações, ora retrocedendo com a queda delas, ora renascendo com o aparecimento de outras (FUNASA, 2019).

Conforme definido pela Organização Mundial de Saúde (2014), o saneamento representa o controle abrangente dos elementos do ambiente físico que possam ter efeitos prejudiciais na saúde física, mental e social das pessoas. Nesse contexto, o saneamento compreende uma série de serviços e iniciativas que visam alcançar níveis crescentes de higiene ambiental, promovendo e aprimorando as condições de vida tanto em áreas urbanas quanto rurais.



Com crescimento urbano e o desenvolvimento tecnológico as consequências imediatas são aumento do consumo de água e a ampliação constante do volume de água residuária, não reaproveitável (FUNASA,2019). Com isso a necessidade de tratamento adequado dos efluentes sanitários tem se tornado cada vez mais uma alternativa para garantir a qualidade dos corpos hídricos e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos. Nesse contexto, as Estações de Tratamento de Efluentes Sanitários (ETEs) têm desempenhado um papel crucial na remoção de poluentes e na proteção dos recursos hídricos.

A necessidade de tratamento adequado dos efluentes sanitários é fundamental para garantir a qualidade dos corpos hídricos e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos. Segundo Von Sperling *et al*. (2014) existem diversas tecnologias disponíveis para o tratamento de efluentes sanitários, uma delas se dá pela combinação de um reator anaeróbio seguido de um biofiltro. Onde o reator anaeróbio é responsável pela degradação da matéria orgânica por meio da ação de microrganismos anaeróbios, enquanto o biofiltro utiliza um meio filtrante biologicamente ativo para a remoção de poluentes, especialmente nitrogênio e fósforo.

A combinação do reator anaeróbio e do biofiltro oferece vantagens significativas, como a alta eficiência na remoção de matéria orgânica e de poluentes, a baixa produção de lodo e a menor demanda de energia em comparação com outros sistemas convencionais de tratamento de efluentes sanitários. Além disso, a utilização desses sistemas pode contribuir para a produção de biogás, um subproduto do processo anaeróbio que pode ser aproveitado como fonte de energia renovável (SILVA, 2019).

Um estudo realizado por Silva *et al.* (2018) avaliou a remoção de carga orgânica e nutrientes em uma estação de tratamento composta por um reator anaeróbio seguido de um biofiltro e os resultados obtidos demonstraram alta eficiência na remoção de matéria orgânica e nutrientes, tornando o sistema uma alternativa viável para o tratamento de efluentes sanitários.

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de uma estação de tratamento de efluentes sanitários composta por reator anaeróbio e biofiltro, onde o efluente tratado é lançado em um lago.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Saneamento Básico e Tratamento de Efluentes Sanitários

A Lei Federal 11.445\2007 estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e no Art. 3 considera que o Saneamento Básico é composto por um conjunto de serviços públicos de infraestrutura e instalações operacionais de quatro pilares: abastecimento de água potável, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbana e esgotamento sanitário.

O esgotamento sanitário compreende todas as atividades e infraestruturas necessárias para coletar, transportar, tratar e dispor de forma adequada os efluentes sanitários. Isso inclui a rede de esgoto em áreas urbanas, estações de tratamento de esgoto (ETEs) e outras instalações essenciais (BRASIL, 2007). Segundo a ABNT NBR 13969:2017, efluentes sanitários são os



resíduos líquidos provenientes de atividades domésticas, comerciais e industriais que contêm substâncias poluentes e patogênicas. Se esses efluentes não forem tratados adequadamente, podem causar impactos negativos nos corpos d'água, no solo e na saúde humana.

O tratamento de efluentes sanitários tem como objetivos principais remover ou reduzir a carga orgânica, nutrientes, patógenos e substâncias tóxicas presentes nos efluentes (ABNT, 2017). Isso é feito por meio de processos físicos, químicos e biológicos, que transformam os poluentes em formas menos nocivas ou removem completamente essas substâncias.

2.2 Tecnologias Para O Tratamento De Efluentes

2.2.1 Reator Anaeróbio

O reator anaeróbio é um tipo de sistema de tratamento biológico que opera na ausência de oxigênio. Segundo a ABNT NBR 13970:2017, ele é amplamente utilizado no tratamento de efluentes sanitários devido à sua eficiência na remoção de matéria orgânica e produção de biogás.

No reator anaeróbio, o efluente é introduzido em um tanque ou reator fechado, onde ocorre a fermentação e decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Os microrganismos anaeróbios transformam os compostos orgânicos complexos em compostos mais simples, como ácidos orgânicos. Em seguida, ocorre a conversão desses ácidos em gases, principalmente metano e dióxido de carbono (ABNT, 2017). O biogás gerado no processo anaeróbio pode ser coletado e reaproveitado, seja para gerar eletricidade ou queima. Além disso, o reator anaeróbio também promove a redução da carga orgânica do efluente devido sua estrutura, contribuindo para a qualidade final do tratamento (VON SPERLING, 1996).

É importante ressaltar que o reator anaeróbio requer condições controladas de temperatura, pH e tempo de retenção hidráulica para um desempenho eficiente. Além disso, o resíduo gerado no processo anaeróbio, conhecido como lodo, pode ser tratado posteriormente em outros processos, como a digestão anaeróbia ou desidratação, para uma destinação adequada (ABNT, 2017).

2.2.2 Biofiltro

O biofiltro é um sistema de tratamento aeróbio que utiliza um meio suporte biologicamente ativo para a degradação da matéria orgânica presente nos efluentes sanitários (Rodrigues & Almeida, 2020). Os microrganismos aeróbios aderem ao meio suporte e oxidam a matéria orgânica, convertendo-a em dióxido de carbono, água e biomassa.

O biofiltro apresenta vantagens como alta eficiência de tratamento e operação simplificada (SILVA, 2019), No entanto, ele pode ser afetado por variações de carga e requer manutenção regular do meio suporte.



2.3 Parâmetros Analisados

2.3.1 Temperatura

A temperatura tem interferência nas reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água, assim como a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais. E como cada microrganismo tem sua faixa ideal de temperatura, conforme a temperatura aumenta há o crescimento microbiológico (MACEDO,2001).

2.3.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é uma medida que indica a acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa (ANDRADE, 2010). É um importante para a determinação da qualidade da água. Além disso, influencia os ecossistemas aquáticos naturais e contribui para a precipitação dos metais através da sua capacidade de atacar os minerais das rochas, solos e sedimentos, induzindo a lixiviação ou solubilização dos seus constituintes (BAGGIO, FREITAS E ARAÚJO, 2016)

2.3.3 Salinidade

De acordo com Nozaki et.al (2014), salinidade é a quantidade de sais definida pela condutividade elétrica. A partir da transformação da condutividade elétrica em salinidade, classifica-se a água em: doce, salobra ou salgada. A salinidade varia de acordo com os períodos chuvoso e seco, no verão atinge maiores valores que no inverno. Sendo influenciado pela evaporação e pela chuva, a evaporação aumenta a salinidade e a chuva diminui.

2.3.4 Sólidos totais dissolvidos (TDS)

Os sólidos totais dissolvidos (STD) representam a soma dos diferentes componentes químicos que estão dissolvidos na água. Essa medição é utilizada para determinar a concentração de substâncias iônicas e é expressa em miligramas por litro (mg/L). A principal finalidade da análise dos STD é avaliar a qualidade estética da água potável e servir como um indicador geral da presença de produtos químicos contaminantes. Essas substâncias dissolvidas podem conter tanto íons orgânicos quanto inorgânicos, como carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio, cujas concentrações elevadas podem causar danos à vida aquática (PARRON et *al.*, 2011)

2.3.5 Potencial de Oxirredução

A disponibilidade de oxigênio do meio irá estabelecer as condições de oxidação e redução e por consequência as rotas de transformação de poluentes. As sequências de transformação da matéria carbonácea e da matéria nitrogenada são função do aceptor de elétrons e do estado de oxidação do composto, que podem ser compreendidas através do potencial de oxirredução (VON SPERLING, 1996).



2.3.6 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) desempenha um papel crucial no metabolismo dos microrganismos aeróbicos presentes em corpos de água naturais. É um componente essencial para a sobrevivência de diversas formas de vida, especialmente peixes, que possuem uma tolerância limitada a concentrações de OD na água abaixo de um determinado valor. De acordo com Kegley e Andrews (1998), peixes geralmente não conseguem resistir a concentrações de OD na água inferiores a 4,0 mg/L.

2.3.7 Nitrato

Nitrato (NO3) é a composição de Nitrogênio e Oxigênio, é a principal forma de nitrogênio configurado encontrado nas águas e é produzido no sistema aquático pelo processo de nitrificação a partir da matéria orgânica nitrogenada (VASCONCELOS,2011).

2.3.9 Amônia

A amônia (NH3) é uma substância química que ocorre naturalmente e também é produzida pelo homem, ela é encontrada em diversos ambientes, incluindo ar, água e solo. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L e valores acima de 0,01 mg/L podem ser tóxicos aos peixes. Além disso, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas (CETESB, 2016)

2.3.10 Nitrito

O nitrito é um estado de oxidação intermediário do nitrogênio que pode ser formado tanto pela oxidação do amônio quanto pela redução do nitrato. Esses processos ocorrem em estações de tratamento de esgoto, sistemas de distribuição de água e ambientes aquáticos naturais. Em águas potáveis, é raro encontrar níveis de nitrito acima de 0,1 mg/L, sendo que o valor máximo permitido para água potável é de 1,0 mg de NO2. A análise química do nitrito pode ser realizada por espectrofotometria UV-Visível ou cromatografia iônica, com o uso de uma coluna catiônica (PARRON *et al*., 2011).

2.3.11 Ferro

O ferro é um parâmetro restritivo na portaria GM/MS Nº 888/21 e sua determinação é essencial, já que o consumo excessivo de ferro pode causar uma doença chamada hematocromatose (SOUSA et al., 2016). Não somente danos à saúde são observados com os



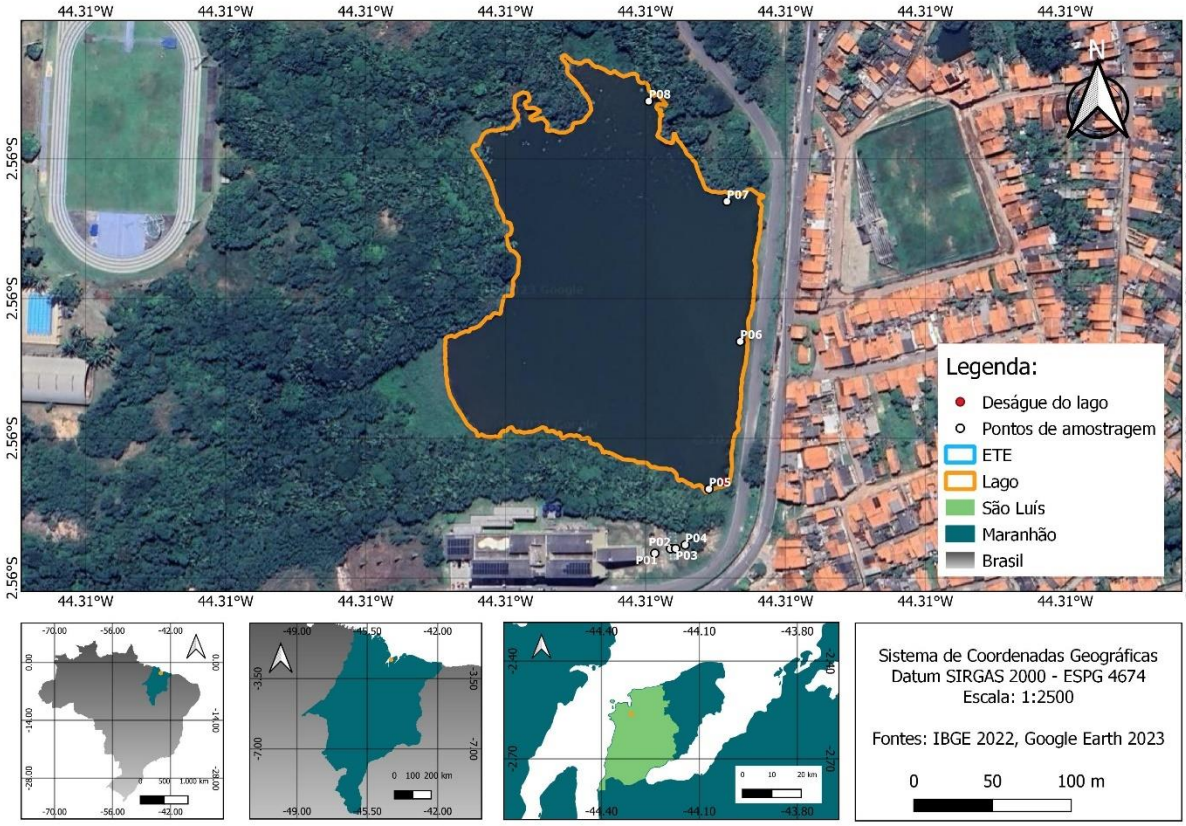
níveis elevados de ferro na água, ele também acarreta problemas de ordem estética (manchas em roupas ou em vasos sanitários), ambientais (com o favorecimento do desenvolvimento das ferrobactéria, dando cor e odor desagradável à água) e, industriais (pela dificuldade de sua retirada pelas estações de tratamento de água bem como oxidação das tubulações de água) (SOUSA et al., 2016). Níveis elevados podem indicar erosão das margens dos rios ou presença de efluentes industriais da região.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O local de estudo é uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e um Lago onde ocorre o lançamento do efluente dessa ETE. Ambos estão localizados no município São Luís - MA, dentro dos limites de uma Instituição de Ensino (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2023).

A ETE, composta por 8 reatores e 8 decantadores, atende a demanda de um dos prédios



dessa instituição de ensino. Este possui 3 pavimentos, 2 miniauditórios, laboratórios, coordenações e área de vivência, tendo como área total 7.817,34m². O efluente sanitário tratado tem como destinação o lago.

O lago analisado é um reservatório artificial que faz parte do sistema de drenagem de águas pluviais da instituição de ensino. Ele tem uma área de cerca de 35m² e também recebe efluente sanitário de áreas adjacentes. Em consequência disso, a área sofre com a poluição e a eutrofização, que afetam a qualidade da água e da vida aquática do local.

3.2 Procedimento Metodológico

A pesquisa é classificada como exploratória, de campo, aplicada e com abordagem qualitativa. Foi realizada coleta de julho a outubro de 2023. Vale ressaltar que, em julho, o prédio estava ocupado há pouco tempo, não utilizando sua capacidade máxima e, além disso, nesse período, a ETE não estava em operação. Em outubro, a ETE estava em funcionamento.

Inicialmente, foi realizada consulta eletrônica nas bases de dados online: Ebscohost, Google acadêmico, Minha biblioteca Virtual, Portal de periódicos CAPES/MEC, utilizando-se os descritores em: tratamento de efluentes, lançamento de efluentes sanitários, qualidade da água, impacto ambiental, parâmetros de qualidade da água. Para a pesquisa de campo, foram realizadas visitas *in loco*, com coletas de amostras em 4 pontos na ETE e 4 pontos no Lago, para posterior análise de índices físicos e químicos.

Os parâmetros Temperatura, pH, Salinidade, TDS e Oxirredução, foram analisados por meio do Multiparâmetro BLE-C600 calibrado. Para o Oxigênio Dissolvido foi utilizado o Multiparâmetro BLE-9100, calibrado. Em relação aos demais parâmetro analisados, seguiu-se a metodologia de colorimetria do laboratório Alcon, conforme descrição no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Metodologia de análise por colorimetria do laboratório Alcon

Parâmetro	Procedimento
Nitrato	1. Em 5 ml de amostra, adicionou-se 4 gotas do reagente 1; 2. Adicionou-se, usando a ponta da espátula o reagente 3. 3. Adicionar 4 gotas do reagente 2; 4. Aguardou-se 5 minutos para finalização do teste; 5. Colocou-se sobre a cartela colorimétrica perto da cor mais parecida.
Cloro	1. Em 5ml de amostra, adicionou-se 3 gotas do reagente de o-toluidina, ácido clorídrico e água filtrada; 2. Tampou-se o frasco e agitou-se brevemente; 3. Uma coloração amarelada indica presença de cloro. Comparou-se a cor desenvolvida com a escala de cores.
Amônia	1. Em 5 ml de amostra adicionou-se 8 gotas da solução reagente de Fenol, nitroprussiato de sódio, álcool isopropílico e água destilada; 2. Adicionou-se 8 gotas da solução reagente de hidróxido de sódio, hipoclorito de sódio e água



Parâmetro	Procedimento
	destilada; 3. Após 3 minutos, comparou-se a cor desenvolvida no teste com a escala de cores apresentada, buscando aquela que mais se aproximou.
Nitrito	1. Em 5 ml de amostra adicionou-se 4 gotas da solução reagente de ácido sulfanílico, ácido acético e água destilada; 2. Adicionou-se 4 gotas da solução reagente de alfa-naftilamina e álcool etílico; 3. Após 10 minutos, comparou-se a cor desenvolvida com a escala de cores.
Ferro	1. Em 5 ml de amostra adicionou-se gota a gota da solução de Permanganato de potássio e água destilada até que a cor se tornou levemente rósea persistente; 2. Adicionou-se 6 gotas da solução Tiocianato de potássio e água destilada; 3. Adicionou-se 6 gotas da solução de Ácido nítrico e água destilada; 4. Após 5 minutos, comparou-se a cor desenvolvida com a escala de cores apresentada do fabricante. Cada tonalidade de cor corresponde a uma determinada concentração de ferro em ppm.

Fonte: Laboratório Alcon (2023).

Abaixo, os Quadros 2 descreve os pontos de coleta e mostra imagens desse local. A Figura 2 mostra os pontos de coleta do Lago. O Quadro 3 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem analisados na pesquisa.

Quadro 2 - Pontos de coleta – ETE

Pontos	Descrição	Fotos
P1	Caixa de inspeção, localizada ao lado do prédio e antes do reator.	
P2	Reator Anaeróbio localizado após caixa de inspeção, onde o mesmo se encontra de forma subterrânea.	



P3	Filtro Biológico (Biofiltro), localizado após reator.	
P4	Afloramento do efluente após ser tratado, localizado depois do filtro biológico.	

Fonte: Autores (2023)

Figura 2 - Pontos de coleta – Lago



Fonte: Autores (2023).

Quadro 3 - Coordenadas dos pontos de coleta

Pontos	Coordenadas	Local	
	Latitude	Longitude	
P1	-2,563845	-44,308008	ETE
P2	-2,563808	-44,307810	
P3	-2,563808	-44,307810	
P4	-2,563787	-44,307719	
P5	-2, 563538	-44,307537	Lago
P6	-2,562903	-44,307447	
P7	-2,561782	-44,307528	
P8	-2,561213	-44,307777	

Fonte: Autores (2023).

Para a coleta, foram utilizados béqueres de 50ml. As amostras foram armazenadas e conservadas em tubos de ensaios, e, posteriormente, transportadas para o laboratório onde foram processadas e analisadas.



4. Resultados

De acordo com a tabela 01 e 02, nos pontos analisados, o intervalo de variação da temperatura, em julho, na ETE foi de 27,4 a 28,1°C, enquanto no lago foi de 27,5 a 29°C. Na coleta realizada em outubro de 2023, a variação esteve entre 31,7 e 32,8°C para a ETE e 31,2 a 31,8 °C para o lago (Tabela 1 e 2; Figura 2), essa variação ocorreu em decorrência da sazonalidade. A temperatura influência nas reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água, assim como a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais (MACEDO, 2001). Os resultados mostraram que os efluentes advindos da ETE não alteraram a temperatura do Lago. De acordo com a Resolução CONAMA nº430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, a temperatura deve ser inferior a 40ºC, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC no limite da zona de mistura.

Observa-se que, os valores de pH, para a coleta realizada na ETE, em julho, tiveram pouca variação, ficando entre 5,15 e 5,19. Referente ao mesmo período, para as amostras do Lago, os resultados estiveram entre 5,09 e 7,2. Para a coleta realizada em outubro, na ETE, os resultados obtidos ficaram no intervalo de 6,34 a 8,32. No Lago, os valores variaram entre 5,52 e 9,36. Analisando os resultados obtidos, observa-se que apenas o ponto P5 (9,36) e P8 (9,23) não permaneceram dentro dos padrões para lançamento de efluentes, que varia entre 5 e 9, de acordo com a Resolução CONAMA 430/2011. Os demais valores ficaram abaixo do estabelecido na referida Resolução. O pH é um importante parâmetro para a determinação da qualidade da água. Além disso, influencia diretamente os ecossistemas aquáticos naturais e contribui para a precipitação dos metais através da sua capacidade de atacar os minerais das rochas, solos e sedimentos, induzindo a lixiviação ou solubilização dos seus constituintes (BAGGIO, FREITAS E ARAÚJO, 2016).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 define águas doces como águas com salinidade igual ou inferior a 5000 ppm. A salinidade na ETE, para a coleta realizada em julho, variou de 170 a 617 ppm e, no Lago, variou de 59 a 64 ppm. Para a coleta feita em outubro, o intervalo de valores para os pontos da ETE, variou de 422 a 645 ppm e, para o Lago, esse intervalo foi de 83 a 103 ppm. Por não apresentar um valor alto de salinidade nas amostras analisadas, não haverá influência significativa sobre as águas do Lago.

É possível verificar nos dados a seguir que os níveis de sólidos totais dissolvidos (TDS) na ETE, em julho, variaram de 170 a 615 ppm e, referente ao mesmo período, no Lago, o intervalo foi de 60 a 62 ppm. Em outubro, os valores na ETE variaram entre 422 e 635 ppm, contudo, no Lago, os resultados estavam entre 83 e 105 ppm. Não valor de referência para TDS, na CONAMA 430/11. De acordo com Zorzin et.al (2011), sólidos sedimentáveis representam a quantificação das substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas num líquido, demonstrando a proporção de diferentes sólidos, esses podem ser utilizados no controle da poluição dos corpos hídricos, sendo utilizados para avaliar a eficiência dos tratamentos de efluentes, conforme aplicado por Marimuthu *et al.* (2013, citado por SALDANHA *et al.*, 2022).

Os valores para oxirredução variaram entre -825 e 195mV. Von Sperling (1996) e Faulwetter et al. (2009) citado por Vasconcellos (2015), afirmam que valores mais baixos de ORP (variando entre -100 e -500 mV) sinalizam condições redutoras e estimulam processos



anaeróbios, tais como a redução de sulfato e a formação de metano. Em contraste, altos valores de ORP (variando entre +100 e +500 mV) indicam um ambiente com caráter oxidante e favorecem atividades aeróbicas, como o processo de nitrificação.

Os valores correspondentes ao Oxigênio Dissolvido (OD), variaram de 0 a 165,5 mg/L. Todos os pontos de coleta em julho apresentaram baixas concentrações de oxigênio dissolvido, já em outubro apenas os pontos P1, P5, P6, P7 e P8. O'Connor (1967) observou que baixos valores de oxigênio dissolvido indicam altas concentrações de matéria orgânica, possivelmente proveniente de esgoto, e alta biomassa de bactérias em decomposição aeróbica. Segundo Petruf, Sacco e Lúcio (2011), a concentração de oxigênio dissolvido nos cursos d'água depende de muitos fatores como temperatura, pressão atmosférica, salinidade, atividade biológica e características hidráulicas do corpo d'água.

A análise de amônia nas amostras coletadas apresentou valores mínimos de 0,25 ppm e máximos >6,5 ppm. Os pontos P1, na coleta de julho, e o pontos P1, P2, P3 e P4 na coleta de outubro apresentaram uma alta concentração de amônia, principalmente na segunda coleta onde o valor está acima de 6,5 ppm. Todos os pontos ultrapassaram o valor máximo de amônia permitido pela Resolução CONAMA n° 430/2011, o qual é tolerado apenas 0,2 mg/L (0,2 ppm). A presença da amônia, mesmo com baixa e alta concentração, em todos os pontos desse trabalho é evidenciada pela contribuição de efluentes provenientes do prédio, como descarga de efluentes sanitários. Ademais, nos pontos do lago teve concentrações de até 0,25 mg/L. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L e valores acima de 0,01 mg/L podem ser tóxicos aos peixes. Além disso, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente.

Nitrato (NO3) é a composição de Nitrogênio e Oxigênio, é a principal forma de nitrogênio configurado encontrado nas águas e é produzido no sistema aquático pelo processo de nitrificação a partir da matéria orgânica nitrogenada (VASCONCELOS,2011). Os resultados para a análise de nitrato variaram entre 0 e 0,5 ppm. De acordo CONAMA nº 357/2005, águas doces de Classe I até Classe III, o valor máximo permitido para nitrato é de 10mg/L.

Quanto ao nitrito, o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA n° 357/2005, para águas doces até Classe III, é de 1 mg/L. No entanto, os valores variaram de 0 a 2,8 ppm, ultrapassando os valores da Resolução nos pontos P1 (2,8 ppm) e P2 (1,75 ppm), para a coleta realizada em julho.

Quanto à identificação de nitrogênio, Von Sperling (2005), citado por Costa (2013), explica que é possível obter informações sobre quando e onde a poluição ocorreu em um corpo d'água, principalmente se essa poluição foi causada por esgoto. Segundo o autor, se a poluição for recente, o nitrogênio estará principalmente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia, enquanto se for uma poluição antiga, ele estará principalmente na forma de nitrato, com menos presença de nitrito.

Com relação a concentração de ferro nas amostras analisadas na ETE, apenas a amostra do P1 (0,75 mg/L), referente a coleta de julho, ultrapassou o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº430/2011, que é de 0,15mg/L. No entanto, o efluente advindo do P3



(0 mg/L), que será encaminhado para sua destinação final, se manteve dentro do permitido pela Resolução que versa sobre o lançamento de efluentes. Contudo, em todas as amostras do Lago, esse valor esteve superior. Vale ressaltar que se trata de um corpo hídrico que, devido a características da região é comum apresentar concentração de ferro maior que o permitido.

Tabela 1 – Resultados amostragem – Coleta em julho

Parâmetros	**Unidade**	**ETE**				**LAGO**			
		P1	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**
pH	-	5.16	5.18	5.19	5.15	5.09	7	6.86	7.2
Temperatura	°C	27.4	28.1	28	27.9	28.2	29	28.5	27.5
OPR	mV	-112	-95	-85	-550	-825	173	178	181
TDS	ppm	615	176	170	195	60	60	62	63
Salinidade	ppm	617	175	170	194	60	63	64	59
Condutividade	ppm	1255	357	94	388	121	121	124	119
Cloro	ppm	0.1	0.05	0	0.05	0	0	0	0
Amônia	ppm	6.5	3.5	0.25	2	0.25	0.25	0.25	0.25
Nitrito	ppm	2.8	1.75	0	0	0	0.25	0.25	0.25
Nitrato	ppm	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
OD	mg/L	11	3	3	0	2	6	4	3
Ferro	ppm	0.75	0	0	0	0.5	1	1	1

Fonte: Autores (2023)

Tabela 2 – Resultados amostragem – Coleta em outubro

Parâmetros	**Unidade**	**ETE**				**LAGO**			
		P1	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**
pH	-	7.1	8.32	6.34	8.03	9.36	6.18	5.52	9.23
Temperatura	°C	32.8	32.1	32.1	31.7	31.8	31.4	31.8	31.2
OPR	mV	80	1	67	53	58	146	195	60
TDS	ppm	422	635	446	527	105	84	89	83
Salinidade	ppm	422	635	446	527	103	84	89	83
Condutividade	ppm	847	1268	894	1048	213	169	178	167
Cloro	ppm	0	0	0	0	0	0	0	0
Amônia	ppm	> 6,5	> 6,5	> 6,5	> 6,5	0.25	0.5	1	0.25
Nitrito	ppm	0.25	0	0	0	0	0	0	0
Nitrato	ppm	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0
OD	mg/L	3.57	29.8	165.5	132.2	7.74	8.65	8.18	10.56
Ferro	ppm	0	0	0	0	1	1	1	0

Fonte: Autores (2023)

Como demonstram os resultados, o lançamento dos efluentes da ETE no Lago pode ter uma série de impactos significativos no ecossistema aquático. Os efluentes provenientes da ETE contêm uma variedade de nutrientes e microrganismos que, quando introduzidos podem desencadear uma série de problemas ambientais. Os dados também mostram que é necessário maior atenção na eficiência da estação de tratamento de efluentes.



5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados analisados, torna-se evidente que a variação sazonal tem um impacto significativo nos parâmetros físico-químicos da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e do lago adjacente. O monitoramento da temperatura revelou flutuações dentro dos limites aceitáveis, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 430/2011, sugerindo que os efluentes da ETE não causaram um aumento substancial da temperatura no lago. Além disso, a análise dos sólidos totais dissolvidos (TDS) indica variações consideráveis entre os dois locais, com valores consistentemente mais altos na ETE, a análise das características da água revelou uma variação significativa nos parâmetros de oxirredução, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato e nitrito, indicando uma série de mudanças nos processos biológicos e químicos ocorridos no ambiente aquático. Os valores baixos de ORP e OD sugerem condições redutoras favoráveis a processos anaeróbicos, enquanto altos níveis de amônia, nitrato e nitrito indicam potenciais impactos negativos provenientes de efluentes, levantando preocupações sobre a qualidade da água e sua capacidade de sustentar a vida aquática.

Nessa pesquisa, foi avaliado o processo e tratamento do efluente na ETE com reator anaeróbio seguido de biofiltro e o efluente lançado no lago. A partir dos resultados obtidos, percebe-se que, na primeira coleta (julho), apesar do prédio estar em funcionamento há pouco tempo, a ETE não estava em operação. Contudo, na segunda coleta (outubro), a ETE estava em operação. Percebe-se que há valores elevados em determinadas amostras, apesar do tratamento, podendo influenciar também nos valores alterados do lago, vindo a prejudicar em corpo hídrico devido ao efluente lançado.

Sugere-se acrescentar elementos microbiológicos e físico-químicos suplementares para aprimorar a avaliação da qualidade da água, visando obter uma compreensão mais ampla e exata da magnitude da questão.

6. Referências bibliográficas

ABNT.Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969:2017 - Tratamento de esgoto sanitário - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ANDRADE, João Carlos de. Química Analítica Básica: os conceitos ácido-base e a escala de pH. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química. 2010. pp. 1-6. Disponível em:https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/chemkeys/article/download/9642/5061/13921. Acesso: 21 jul. 2023.

BAGGIO, H.; DE OLIVEIRA FREITAS, M.; DIAS ARAÚJO, A. Análise dos parâmetros físico-químicos, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e temperatura, no baixo curso do Rio das Velhas – MG. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 17, n. 60, p. 105–117, 2016. DOI: 10.14393/RCG176008. Disponível em:



https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/34036. Acesso em: 31 out. 2023.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 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. Diário Oficial da União. Disponível em:<https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf > Acesso em: 18 Out 2023.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº 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. Diário Oficial da União.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 6 jul. 2023.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Variáveis de Qualidade da Água – Rios e Reservatórios – Série de Nitrogênio – (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico). Disponível em: < https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2023.

COSTA, M. E. L. Monitoramento e Modelagem de Águas De Drenagem Urbana na Bacia do Lago Paranoá. 2013. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/Maria_Elisa_Leite_Costa.pdf. Acesso em: 20 out. 2023.

DA SILVA ALVES, F.; FERREIRA BARBOSA, K.; CACILDA WEBER, K.; LIMA-JUNIOR, C. G. Acidificação dos Oceanos: Proposta e Análise de uma Sequência Didática com Enfoque CTSA em Aulas de Química. Revista Debates em Ensino de Química, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 359–376, 2022. DOI: 10.53003/redequim.v8i3.4924. Disponível em: https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/4924. Acesso em: 31 out. 2023.

DUARTE, H,A. Ferro-Um elemento químico estratégico que permeia história, economia e sociedade. Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Pampulha, 31270-901 Belo Horizonte –MG, Brasil. Química Nova, Vol 42. Novembro de 2019.



FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual de Saneamento. 2019. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=232228&_101_type=content&_101_urlTitle=manual-de-saneamen-1&inheritRedirect=true. Acesso em: 6 jul. 2023.

KEGLEY, S. E.; ANDREWS, J. The chemistry of water. Sausalito, CA: University Science Books, 1998. 167p.

MACEDO, J.A.B. Águas e águas. São Paulo, SP: Livraria Varela, 2001.

MARANHÃO. Lei Estadual no. 5.405 de 08 de abril de 1992. Institui o Código de Proteção de Meio Ambiente e dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e o uso adequado dos recursos naturais do Estado do Maranhão. São Luís: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA, 1992.

NOZAKI, C. T., MARCONDES, M. A., LOPES, F. A., SANTOS, K. F, LARIZZATTI, P.S.C. Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. Atas de Saúde Ambiental -ASA. São Paulo, v.2, n.1, p.29-44. Jan-Abr. 2014.

O'CONNOR, Donald J. The temporal and spatial distribution of dissolved oxygen in streams. Water Resources Research, v. 3, n. 1, p. 65-79, 1967.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Saneamento: controle de todos os fatores do meio físico que afetam o bem-estar humano. 2014 Disponível em: < https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/69489/factsfigures_2004_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y >. Acesso em: 18 ago. 2023.

PETRUF, L.A. SACCO, A.V. LUCIO, C.L. Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura e Condutividade Elétrica como parâmetros físico-químicos da água do Ribeirão Morangueira, Maringá/PR.VII EPCC - Encontro Internacional de Produção Científica. 25 a 28 de outubro de 2011.

PRUSS, A. Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water. International Journal of Epidemiology, v. 27, p. 1–9, 1998.

RODRIGUES, A. B.; ALMEIDA, C. D. Processos de tratamento de efluentes sanitários. Revista de Engenharia Ambiental, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2020.

SALDANHA, E. DE GODOI, L. MANGINI, L. Avaliação e caracterização físico-química dos efluentes lançados em um corpo hídrico urbano na Amazônia. Cadernos - UNINTER, v. 11 n. 34 (2022): Exatas e sociedade: pesquisas em matemática, física e química. 2022.

SILVA, A. M. et al. (2018). Performance evaluation of an anaerobic reactor followed by a biofilter treating domestic sewage. Environmental Science and Pollution Research, 25(9), 8979-8988. doi: 10.1007/s11356-017-0934-7.



SILVA, J. M. Tratamento de efluentes sanitários. 2. ed. São Paulo: Editora X, 2019.

SIQUEIRA, A. M. A.; GONÇALVES, S.; ARRURA, S. Papel adverso do ferro no organismo, Comunicação em ciência da saúde, v. 17, n. 3, 2006.

SOUSA, Santana da Silva; SILVA, Wanderson Sousa; MIRANDA, João Antônio Leal de; ROCHA, Jefferson Almeida. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú - MA. Ciência e Natura, Santa Maria, Brasil, v. 38, n. 3, p. 1615-1625, 2016. DOI 10.5902/2179460X23341. Disponível em: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467547716050. Acesso em: 10 jun. 2023.

SOUZA, Juliana Rosa de et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA, Fortaleza, v. 8, n. 1, abr. 2014. ISSN 1982-5528. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217>. Acesso em: 08 Out. 2023.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. Estudos Avançados, [s. l.], v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103- 40142008000 200007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em 19 out. 2023.

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. Ambi-Água, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011. (doi:10.4136/ambiagua. 202).

VEIGA, G. Análises físico-químicas e microbiológicas de água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da grande Florianópolis. Relatório final apresentado à disciplina 5510 Estágio Supervisionado, do Curso de Química, da Universidade Federal de Santa Catarina, semestre 2005/2.

VON SPERLING, Marcos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 470 p.

VON SPERLING. Marcos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Princípios básicos do tratamento de esgotos, 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento deEngenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Health risks from marine pollution in the Mediterranean: part 1 - implications for policy makers. Technical report. Copenhagen: WHO. 6 p., 1995.

ZORZIN, F. M. OGATA, F. S. MASCARENHAS, F. A. N. ORSINE, J. V. C. SANTANNA, L. M. RICARDI. L. M. ASSIS, M. S. BITTENCOURT, M. L. S. A. RAMALHO, W. M. CARNEIRO, F. F. Análise da qualidade da água do ribeirão Sobradinho - contaminação ambiental e qualidade de vida. In: SABESP. Norma Técnica Interna. 2011