



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

RODRIGO QUIXABA OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO E EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES EM
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL - TERESINA,PI

TERESINA

2025

RODRIGO QUIXABA OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO E EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES EM
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL - TERESINA,PI**

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus* Teresina Central.

Orientador(a): Prof. Dr. Jovan Marques Lara Junior
Coorientador(a): Prof. Dra. Bruna de Freitas Iwata

TERESINA

2025

CARACTERIZAÇÃO E EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL - TERESINA, PI

Rodrigo Quixaba Oliveira
Jovan Marques Lara Junior

RESUMO

A crescente urbanização tem gerado desafios à gestão ambiental, especialmente no tratamento de efluentes em áreas urbanas e periurbanas. A adequação dos sistemas de tratamento de esgoto em condomínios residenciais é um desses desafios. O impacto do lançamento de efluentes originados de estações de tratamento de esgotos sobre os corpos hídricos gera grande preocupação a fim de se assegurar a qualidade das águas. O estudo tem como objetivo geral realizar uma avaliação do sistema de tratamento de esgoto em condomínio residencial na cidade de Teresina, Piauí. A metodologia envolve análise documental, coleta de dados da empresa e visitas de campo. Os resultados deste estudo demonstraram que, embora os laudos operacionais indiquem conformidade com os padrões legais, o aspecto visual do efluente tratado e a proximidade de alguns parâmetros aos limites permitidos revelam limitações importantes no sistema de avaliação. O aspecto escuro do efluente final reforça a necessidade de maior rigor no controle e no monitoramento das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs).

Palavras-chave: conformidade legal; estação de tratamento de esgoto; gestão ambiental; qualidade das águas.

ABSTRACT

Increasing urbanization has posed challenges to environmental management, particularly regarding effluent treatment in urban and peri-urban areas. The adequacy of sewage treatment systems in residential settings is one of these challenges. The impact of effluent discharges from sewage treatment plants into water bodies raises significant concerns about ensuring water quality. This study aims to evaluate the sewage treatment system of a residential condominium in the city of Teresina, Piauí. The methodology includes document analysis, data collection from the company, and field visits. The results indicate that, although operational reports show compliance with legal standards, the visual appearance of the treated effluent and the proximity of some parameters to the permitted limits reveal significant limitations in the evaluation system. The dark coloration of the final effluent underscores the need for stricter control and monitoring of Sewage Treatment Plants.

Keywords: legal compliance; sewage treatment plant; environmental management; water quality.

Data de aprovação: 15/01/2025

¹ Ac. Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. rodrigooliveiraambiental@gmail.com

² Dr. Ciência e Tecnologia de Alimento, Universidade Federal do Ceará, Professor Departamento de Informação, Ambiente, Saúde e Produção Alimentícia (DIASPA) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. jovan.marques@ifpi.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A crescente urbanização tem imposto desafios significativos à gestão ambiental, com destaque para o tratamento de efluentes em áreas urbanas e periurbanas. Os efluentes domésticos, provenientes do uso humano da água para diversas finalidades, representam uma parcela significativa desse desafio, requerendo tratamento adequado para evitar impactos negativos no meio ambiente e na saúde pública.

A definição e classificação dos efluentes, conforme estabelecido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução CONAMA 430 de 2011, descrevem os efluentes como o despejo líquido proveniente de qualquer atividade ou processo. O esgoto sanitário, por sua vez, é definido pela Norma Brasileira NBR 9648 de 1986 como o despejo líquido resultante da água utilizada para higiene e necessidades fisiológicas. Esses conceitos são regidos por legislações como a NBR 9648 de 1986, a Resolução CONAMA 430 de 2011, a Resolução CNRH nº 54 de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e a Lei 14.026 de 2020, conhecida como o novo marco legal do saneamento.

O novo marco do saneamento redigido pela lei 14026 de 2020, que alterou a lei 11445 de 2007, no art 3º define o esgotamento sanitário, sendo um dos pilares do saneamento básico, com o conceito de constituído pela atividade de coleta até disposição final adequada, acrescentando ainda a possibilidade do reuso e que um condomínio precisa dispor de uma rede de esgotamento sanitário e caso não tenha rede coleta, uma unidade de tratamento, denominada estação de tratamento de esgoto (ETE).

A denominada estação de tratamento de esgoto, ETE, se dá pela NBR 12209 de 2011, sendo o conjunto de unidades e equipamentos que tem por finalidade reduzir a carga poluidora de um esgoto sanitário, carga essa que está mais relacionada na quantidade de oxigênio consumido para estabilizar bioquimicamente a matéria orgânica biodegradável contida no esgoto, chamada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos em suspensão, a eficiência do tratamento é avaliada principalmente com bases nesses dois elementos. Os esgotos domésticos consistem principalmente em água, representando 99% do total, a fração restante, equivalente a 0,1%, é a porção que requer tratamento e é composta por sólidos

orgânicos e inorgânicos, além de materiais suspensos e dissolvidos (Von Sperling, 2005).

Portanto, a estação tem que ser dimensionada previamente de acordo com a NBR 9649 de 1986, com a população atendida final, vazões e contribuições extras para que se tenha uma ETE conforme para o tratamento e disposição final de um efluente que não afete o meio ambiente.

O impacto do lançamento de efluentes originados de estações de tratamento de esgotos sobre os corpos hídricos gera grande preocupação a fim de se assegurar a qualidade das águas, a seleção dos locais de descarga bem como o nível de tratamento exigido para a destinação final ambientalmente adequada (Lobo;Américo-Pinheiro, 2021).

Matsumoto (2023), menciona as vantagens e desvantagens do sistema centralizado e sistema descentralizado, e demonstra que o descentralizado tem praticidade de tratar o efluente próximo da rede coletora e possui um baixo custo de implantação, diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo geral realizar uma avaliação do sistema de tratamento de esgoto em condomínio residencial na cidade de Teresina, Piauí.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBJETO DE ESTUDO

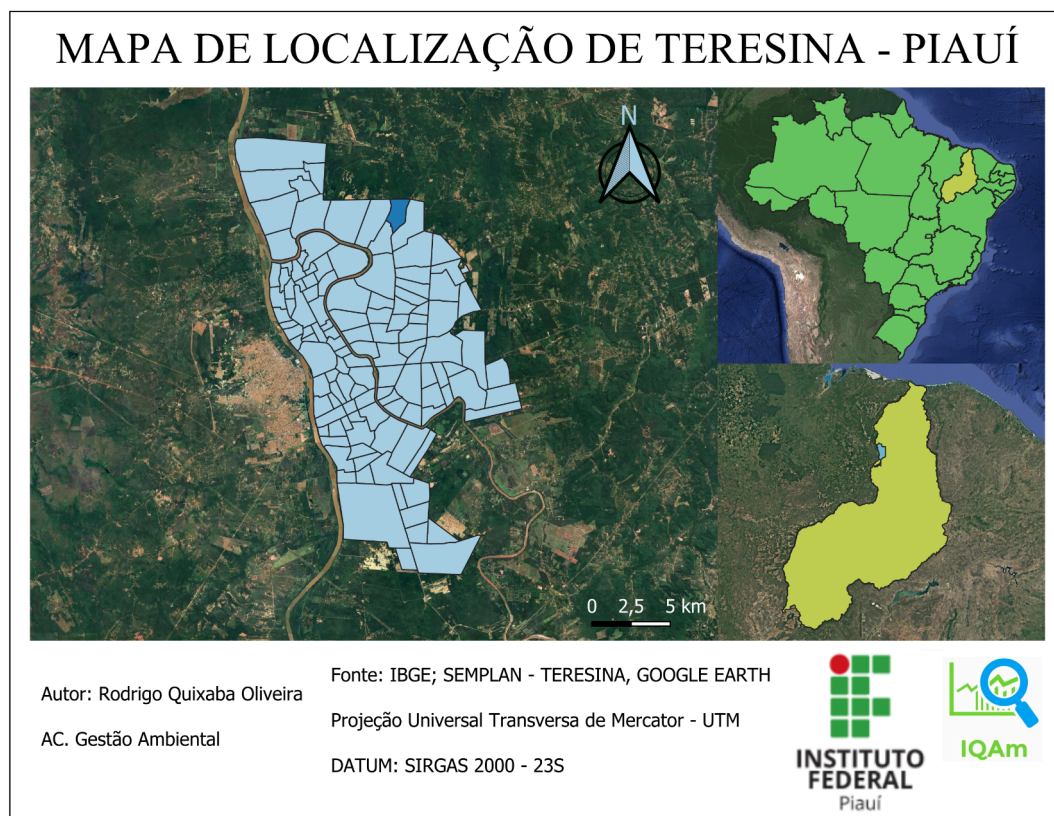
O estudo foi realizado em um condomínio residencial localizado na zona leste de Teresina, Piauí, uma região caracterizada por zona tropical equatorial de acordo com o IBGE, com temperaturas elevadas ao longo do ano e um período chuvoso concentrado entre os meses de dezembro e junho. Foram analisados laudos bimestrais referentes ao período de janeiro a outubro de 2024.

A escolha da zona leste como área de pesquisa se deve à sua crescente urbanização e ao impacto ambiental decorrente do aumento de empreendimentos residenciais.

A ETE analisada foi selecionada por sua localização em um condomínio residencial na zona leste de Teresina, permitindo o acesso necessário para a caracterização do sistema.

O mapa apresentado a seguir mostra a localização de Teresina, capital do estado do Piauí, destacando suas divisões territoriais por bairros, sem a revelação exata do ponto para preservar a confidencialidade.

Figura 01 - Mapa de localização de Teresina - Piauí



Fonte: Autor, 2024

2.2 METODOLOGIA

Esta pesquisa teve caráter exploratório, pois buscou compreender e confrontar as características do condomínio e os efeitos dos fatores ambientais e antrópicos sobre o tratamento de efluentes. Também foi descritiva, já que caracterizou o Sistema de Tratamento de Esgoto (STE) em um condomínio residencial em Teresina, Piauí, e avaliou sua conformidade com o art. 21 da Resolução CONAMA 430.

Além disso, a pesquisa foi bibliográfica, documental e de campo, na qual foram consultadas fontes bibliográficas, dados primários, laudos e documentos relacionados ao tratamento de esgoto fornecido pela empresa responsável pela operação da ETE do condomínio. Também foram realizadas três visitas de campo. Na primeira visita foi realizada a solicitação para a realização do estudo. Na segunda

visita, foi realizada a caracterização e identificação do sistema de tratamento de esgoto. Por fim, a terceira visita ocorreu para a coleta de dados operacionais e obtenção dos laudos para análises dos parâmetros de pH, temperatura, solubilidade em hexano, sólidos sedimentáveis, materiais flutuantes e DBO referentes ao período analisado ao longo dos bimestres de janeiro a outubro, totalizando em 5 bimestres.

Possibilitando a análise da eficiência de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), conforme a equação abaixo, e a avaliação do sistema em relação ao tratamento da carga orgânica:

[Equação 1]

$$E = (CO - CE / CO) \times 100$$

Onde:

E - Eficiência de remoção (%)

CO - Concentração de esgoto bruto (mg/l)

CE - Concentração de esgoto tratado (mg/l)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O condomínio estudado possui uma população estimada de 2.000 habitantes, considerada vazão per capita de 120 L/dia com vazão estimada de 237 m³/dia, mas ainda opera com capacidade inferior à sua lotação máxima. O consumo médio de água por unidade construída e em construção, aliado ao perfil dos moradores de classe média alta, resulta em uma geração de efluentes estimada com alta carga orgânica devido ao perfil estritamente doméstico do esgoto gerado.

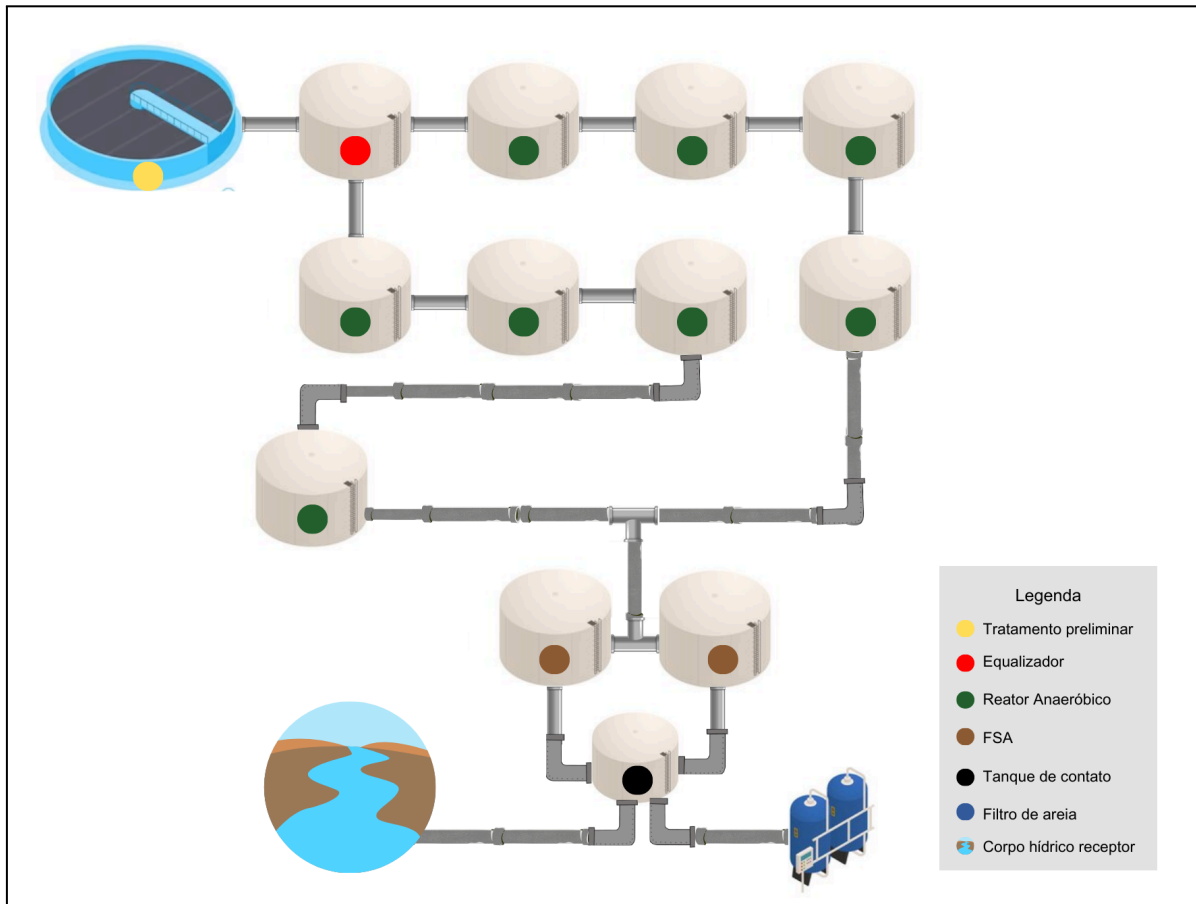
De acordo com a resolução consema 046 do estado do Piauí, no subgrupo D3 - infraestrutura de saneamento, D3-003 a ETE em questão é enquadrada como potencial poluidor médio de pequeno porte, corroborando a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) por meio da sua diretriz de manual de processo de saneamento de 2023, confirma que se enquadra como estação de pequeno porte, em contrapartida a NBR 17.076 de 2024 que define os projetos de tratamento de esgoto de menor porte para estações só considera até 12m³/dia.

O sistema de esgotamento foi dimensionado exclusivamente para atender o esgoto doméstico, estando separado das águas pluviais, possui equipe de manutenção eletromecânica e de monitoramento da ETE.

A Figura 2 caracteriza o sistema de tratamento do condomínio composto por

diferentes etapas, que visam dar um tratamento desde a chegada até o descarte final.

Figura 2 - Fluxo da estação do condomínio



Fonte: Autor, 2024

No tratamento preliminar, o processo se inicia por duas elevatórias internas que possuem grade e bombeamento que conduzem o efluente bruto até a área da estação de tratamento de esgoto e passam por um gradeamento, caixa de areia, para remoção dos sólidos grosseiros e sedimentáveis.

Posteriormente, segue para uma outra elevatória que por sua vez lança o efluente do equalizador que tem a função de distribuir a vazão entre as duas linhas de tratamento e homogeneizar o efluente.

No tratamento secundário inicia por duas linhas de tratamento anaeróbios e cada linha possui quatro reatores com meios de suporte constituído por (*Gramíneas Bambusoideae*) bambú, que tem por finalidade a remoção da matéria orgânica através de processos anaeróbios, com ausência de oxigênio.

Em seguida, se juntam e se distribuem em dois tanques aerados, onde

ocorrem os processos aeróbios, com presença de oxigênio, esse oxigênio que é injetado através de sopradores.

No tratamento terciário, o efluente se direciona para o tanque de contato onde é adicionado a solução de cloro por meio de bomba dosadora. Uma parte do efluente segue por um filtro de areia para polimento final e depois fica à disposição para reuso e a outra parte do efluente do tanque de contato é lançada direto no corpo hídrico sem passar pelo polimento.

O Quadro 1 fornece uma análise comparativa entre o sistema de tratamento de esgoto do condomínio e sistemas convencionais amplamente adotados, como o sistema de lagoas, lodos ativados e aeróbio com biofilmes. Através da representação visual com marcações de presença  ou ausência , o quadro evidencia as semelhanças e diferenças nas etapas de tratamento de cada sistema.

Quadro 1 - Comparativo sistemas descrito x sistema convencionais

CRITÉRIO	SISTEMA DO CONDOMÍNIO	SISTEMA DE LAGOAS	LODOS ATIVADOS	AERÓBIO COM BIOFILMES
Grade				
Caixa de areia				
Equalizador				
Anaeróbio				
Aeróbio				
Tanque de contato				

Fonte: Autor, 2024 baseado em Von sperling 1996; ReCESA 2008.

O sistema de tratamento de esgoto do condomínio apresenta etapas já consolidadas, amplamente utilizadas em sistemas convencionais, e conta ainda com etapas adicionais como o equalizador e o tanque de contato.

O equalizador é uma etapa que uniformiza o fluxo e a carga de entrada no sistema, protegendo as etapas subsequentes de sobrecargas repentinas. É uma característica menos comum em sistemas como lagoas, lodos ativados e biofilmes.

Tanque de Contato: Esta etapa final é utilizada para desinfecção do efluente antes do descarte, para garantir a redução de patógenos

Para melhor compreensão dos parâmetros do efluentes, a estatística descritiva foi realizada e demonstrada através das tabelas abaixo, separadas por efluente bruto e efluente final, para se ter um comparativo e avaliar a eficiência em termos dos parâmetros utilizados pelo controle operacional da estação como mostra na Tabela 1 e 2 mostrando os dados operacionais do efluente bruto.

Tabela 1 - Dados operacionais efluente bruto

	pH Bruto	Temperatura Bruto	Condutividade Bruto	Sólidos Sedimentáveis Bruto
N	198	198	198	198
Média	7.42	30.5	773	1.16
Mediana	7.40	30.1	765	800
Desvio-padrão	931	2.35	198	1.25
Mínimo	7.00	24.0	7.10	0.00
Máximo	7.60	37.0	1617	10.0

Fonte: Autor, 2024

Tabela 2 - Frequências de Materiais Flutuantes Bruto

Materiais Flutuantes Bruto	Contagens	% do Total	% acumulada
PRESENTE	121	61.1 %	61.1 %
AUSENTE	77	38.9 %	100.0 %

Fonte: Autor, 2024

Nota-se a o acompanhamento do parâmetro condutividade elétrica dentre os os monitorados, o que serve de base para identificar caso tenha um teor alto sobre a presença de sais no efluente, apesar de no Piauí não se adotar o controle desse parâmetro serve de base para tomada de decisões quanto ao tratamento.

Os sólidos sedimentáveis se apresentam com uma média de 1.16 mL/L por ser efluente bruto não se tem um padrão para aceitação, desde que o efluente final não apresente essa mesma quantidade e se encontre dentro do estabelecido para lançamento, De acordo com informações da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) em 2019, essas águas servidas consistem predominantemente em matéria orgânica e mineral, presentes em solução e em suspensão, bem como Von Sperling (2005), os esgotos domésticos consistem principalmente em água, representando 99% do total. A fração restante, equivalente a 0,1%, é a porção que

requer tratamento e é composta por sólidos orgânicos e inorgânicos, além de materiais suspensos e dissolvidos.

A Tabela 2 que trata do materiais flutuantes segue o mesmo raciocínio em termos de não se ter um padrão para o efluente bruto, desde que não apresente no efluente final a ser lançado, porém para a operação esses materiais não são interessantes dependendo de sua característica, precisa identificar sua causa para saber se a estação suporta esse material, há depender do caso sendo camada de óleo é necessário uma intervenção na caixa de gordura, pode-ser que esteja saturada e não retendo mais, nas Tabelas 3 e 4 pode-se observar os dados do efluente final.

Tabela 3 - Dados operacionais efluente final

	pH Tratado	Temperatura Tratado	Condutividade Tratado	Sólidos Sedimentáveis Tratado
N	198	198	198	198
Média	7.36	30.2	788	0.958
Mediana	7.40	30.0	766	0.550
Desvio-padrão	0.534	3.21	190	1.33
Mínimo	0.00	7.40	227	0.00
Máximo	7.60	37.0	1252	10.5

Fonte: Autor, 2024

Tabela 4 - Frequências de Materiais Flutuantes Tratado

Materiais Flutuantes			
Tratado	Contagens	% do Total	% acumulada
PRESENTE	102	51.5 %	51.5 %
AUSENTE	96	48.5 %	100.0 %

Fonte: Autor, 2024

Os sólidos sedimentáveis na Tabela 03 se apresentam com o valor de 0.958 mL/L o que está abaixo do permitido pela legislação, mas está próxima do limite que é 1.0 mL/L, esse dado revela uma atenção na caixa de areia do tratamento preliminar, a proximidade do valor médio ao limite máximo aponta para a necessidade de atenção constante às condições operacionais dessa etapa. Pequenas falhas na manutenção ou sobrecarga do sistema podem facilmente levar ao ultrapassamento do padrão permitido, comprometendo a conformidade legal.

A Tabela 04 mostra o acompanhamento da presença de material flutuante em 51.5% mostrando essa inconformidade em sua maior parte do tempo, demonstrando uma possível limitação do tratamento em relação a esse parâmetro que exige ausência em seu lançamento final, reforçando a preocupação quanto a eficiência do tratamento preliminar.

Em relação às Tabelas do 5 ao 8 trata do comparativo em torno dos parâmetros exigidos pelo Art. 21 do CONAMA 430 (pH, temperatura, solubilidade em hexano (SSH), DBO, Sólidos sedimentáveis e materiais fluentes), onde pode se perceber a conformidade legal quanto ao lançamento e efluentes.

Tabela 5 - Laudo efluente bruto

	pH Bruto	Temperatura Bruto	SSH Bruto	DBO Bruto
N	5	5	5	5
Média	7.21	31.9	30.5	59.4
Mediana	7.26	32	28.5	48.9
Desvio-padrão	0.162	5.14	18.4	26.1
Mínimo	6.94	24.7	13	33.6
Máximo	7.37	39	61	102

Fonte: Autor, 2024

Tabela 6 - Frequência dos parâmetros bruto

Sólidos Sedimentáveis Bruto	Contagens	% do Total	% acumulada
<1	5	100.0 %	100.0 %
Materiais Flutuantes Bruto			
Ausente	5	100.0 %	100.0 %

Fonte: Autor, 2024

Os dados obtidos para o efluente bruto do sistema do condomínio indicam um pH médio de 7,21, o que está em consonância com os valores encontrados em estudos anteriores, como os de Paiva *et. al.* (2024), que relatou um pH de 7,4, Barbosa (2023), com 7,38, e Cypriano (2021), que encontrou 7,31. Esses valores estão dentro da faixa esperada para efluentes domésticos, sugerindo uma relativa estabilidade no parâmetro de acidez/alcalinidade. Quanto à temperatura, a média registrada foi de 31,9 °C, superior aos dados de Paiva *et. al.* (2024), Barbosa (2023) e Cypriano (2021), que observaram valores de 27 °C, 30,1 °C e 28,8 °C, respectivamente, o que pode ser aceitável dependendo da temperatura do corpo hídrico onde será lançado, o condomínio está inserido em uma região de clima

tropical, caracterizada por temperaturas elevadas ao longo do ano e um período chuvoso entre dezembro e o início de junho. os dados de sólidos sedimentáveis mostram que todos os valores estão abaixo de 1 mg/L e não foram observados materiais flutuantes no efluente bruto, com 100% das amostras indicando ausência desses elementos diferentemente do controle operacional.

Em relação SSH demonstra um valor médio de 30.5 o que está bem abaixo do permitido pela legislação de lançamento e a carga orgânica, medida como DBO, apresentou um valor máximo de 102 mg/L e uma média de aproximadamente 59,4 mg/L. Esses resultados foram comparados a outras medições reportadas na literatura. Na ETE de Kossodo, por exemplo, águas residuais brutas mostraram concentrações de DBO significativamente mais altas, com uma média de 1238 ± 199 mg/L (Sawadogo et al., 2021). Já valores de DBO observados no efluente bruto das ETEs estudadas por Paiva *et. al* (2024) 283,5 mg/L, Cypriano (2021) 414 mg/L e Barbosa (2021) 436 mg/L indicam uma carga orgânica maior em comparação ao efluente analisado no condomínio mas está próximo ao que se encontra na literatura base mencionada por Von Sperling (2005) que menciona que varia na faixa de 300 a 500 mg/L.

No caso do efluente do condomínio, os dados coletados mostram que ele se comporta, na maioria das vezes, de maneira similar à DBO de águas cinzas, conforme o estudo de Anie Yulistyorini (2019), que registrou concentrações variando entre 37 mg/L e 68 mg/L, com uma média de 48 mg/L. Podendo ter o mesmo comportamento encontrado neste mesmo estudo que devido ao alto consumo de água o efluente se dilui baixando a carga orgânica do efluente bruto.

Quando se trata de efluente residencial esse é o principal parâmetro e objeto de avaliação de eficiência de remoção da estação, que será comparada com os dados da Tabelas 7 e 8 onde se pode observar os parâmetros do efluente final.

Tabela 7 - Laudos efluente final

	pH Tratado	Temperatura Tratado	SSH Tratado	DBO Tratado
N	5	5	5	5
Média	7.23	30.9	12.6	46.3
Mediana	7.24	30.0	12.0	50.7
Desvio-padrão	0.166	5.42	9.04	17.1
Mínimo	7.00	24.7	2.00	19.4
Máximo	7.46	39.0	27.0	61.0

Fonte: Autor, 2024

Tabela 8 - Frequência do parâmetros tratado

Sólidos Sedimentáveis			
Tratado	Contagens	% do Total	% acumulada
<1	5	100.0 %	100.0 %
Materiais Flutuantes			
Tratado			
Ausente	5	100.0 %	100.0 %

Fonte: Autor, 2024

Parâmetros como pH, temperatura, materiais flutuantes, sólidos sedimentáveis, houve pouca alteração, SSH teve uma eficiência considerável se tratando dos laudos, reduzindo de 30.5 para 12.6 mg/l os valores ainda estão bem abaixo do obtido por Paiva *et al.* (2024), que registrou 0,4 mg/L em seu sistema de tratamento.

Em relação à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o sistema apresentou valores mínimos de 19,4 mg/L e uma média de 46,3 mg/L, evidenciando um efluente final em conformidade com o Art. 21 da Resolução CONAMA 430, que estabelece limites para o descarte em corpos hídricos. Contudo, comparado a Cypriano (2021) que obteve uma média de 73 mg/L e Barbosa (2021) 133 mg/L maior do que apresentado nesse estudo e Paiva *et al.* (2024), que reportou apenas 7,6 mg/L, é possível observar que o desempenho do sistema analisado ainda está aquém de sistemas mais eficientes.

Podemos perceber na Tabela 9, uma eficiência variando e em sua maioria baixa. Essa situação reflete os achados de Maciel *et al.* (2021) que achou ineficácia também no tratamento da DBO porém ainda se encontra em conformidade com a legislação adotada.

Tabela 9 - Eficiência da estação em relação a remoção de DBO

DBO BRUTO mg/L	DBO FINAL mg/L	EFICIÊNCIA%
48,7	50,7	-4,0
48,9	40,6	17,3
63,65	60,95	5,6
33,6	19,45	29,5
102,55	59,6	89,6

Fonte: Autor, 2024

Com base nos dados apresentados na Tabela 9, que demonstram a eficiência de remoção de DBO da ETE estudada de -4% até 89,6%, é possível estabelecer uma comparação com outros sistemas descritos na literatura. A estação apresentou remoções de DBO variando entre 62% e 94%, com média geral de 77%, valor este um pouco abaixo dos 90%, trabalhando além de seu limite de depuração microbiológica do efluente, o que torna necessário a equalização do efluente e a redução da carga inorgânica de difícil decomposição microbiológica enviada à ETE" (Crizel e Lara, 2020).

Diferentemente do sistema citado, a ETE estudada neste trabalho já conta com um tanque equalizador e reatores anaeróbios, que auxiliam na uniformização do fluxo e na decomposição de matéria orgânica, otimizando a eficiência do tratamento. No entanto, observou-se que a eficiência variou ao longo do ano, o que pode estar relacionado à vazão ou à qualidade do afluente que chega à estação.

Comparando com a estação estudada por Cypriano (2021) onde se obteve uma média de 82% e de 69% pela ete estudada por Barbosa (2021) percebe-se que apesar de está lançando uma DBO maior do que a ete do condomínio estudada, se tem uma eficiência melhor levando em conta que a ete do condomínio apenas em um bimestre obteve uma eficiência acima de 60%.

As taxas de redução de DBO variaram entre 81% na estação de Kossodo (Sawadogo et al., 2021). Demonstrando que, em determinado bimestre, a ete do condomínio teve uma eficiência superior, indicando que a estação possui potencial para alcançar melhores resultados do que o alcançado devido a variação ao longo do ano. No entanto, esses valores ainda ficaram abaixo da eficiência registrada pela estação da Universidade Estadual de Malang, na Indonésia, que alcançou uma taxa de redução de 91%, destacando o desempenho do sistema de pântano construído utilizado nesse local (Anie Yulistyorini, 2019).

A variação na eficiência de remoção de DBO ao longo dos bimestres demonstra inconsistências no processo de tratamento. Valores que variam entre -4% (indicando aumento na DBO após o tratamento) e 89% sugerem que a eficácia do sistema de tratamento é instável e possivelmente sensível a mudanças nas condições operacionais ou de entrada do efluente, a região possui um período chuvoso entre dezembro e o início de junho o que pode causar a diluição do efluente e sobrecarga do sistema de tratamento.

A Figura 2 apresenta a estação de tratamento, que mostra o efluente final dividido em dois fluxos: uma parte passa por um filtro de reúso, enquanto a outra é descartada diretamente no corpo hídrico. Percebemos na Figura 3 que Visualmente, nota-se uma diferença significativa no aspecto do efluente após a filtragem para reúso em comparação com o efluente descartado.

Figura 3 - Comparativo do efluente após descarte final dos tanques e após o filtro de polimento



Fonte: Autor, 2024

Importante destacar que o controle operacional e a emissão dos laudos de qualidade são realizados no efluente destinado ao descarte direto no corpo hídrico.

O que demonstra a importância de uma etapa de polimento desse efluente, que apesar de não se ter um tratamento pela estação, no quesito coloração o sistema de polimento consegue entregar um efluente com aspecto límpido que não causaria uma mudança na qualidade do corpo hídrico, embora o efluente analisado esteja dentro dos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA 430/2011, o aspecto visual escuro do efluente descartado no corpo hídrico receptor levanta uma questão em relação ao Art. 5º da mesma resolução. Esse artigo estabelece que os

efluentes não devem conferir ao corpo receptor características de qualidade que desrespeitem as metas obrigatórias do enquadramento do corpo hídrico. No entanto, mesmo quando os parâmetros obrigatórios são atendidos, o §2º destaca que, para parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, a qualidade do corpo receptor deve seguir os padrões definidos pela sua classe de enquadramento.

A coloração escura do efluente, embora não esteja diretamente regulada pelos parâmetros obrigatórios da CONAMA 430, pode causar mudanças visíveis na qualidade estética e ambiental do corpo receptor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstraram que, embora os laudos operacionais indiquem conformidade com os padrões legais, o aspecto visual do efluente tratado e a proximidade de alguns parâmetros aos limites permitidos revelam limitações importantes no sistema de avaliação. O aspecto escuro do efluente final reforça a necessidade de maior rigor no controle e no monitoramento das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Recomenda-se a adoção de parâmetros adicionais além da utilização do Art. 21 da CONAMA 430 para incentivar o aprimoramento dos sistemas de tratamento, bem como a implementação de sistemas de automonitoramento, como os previstos na IN 01/2017 da SEUMA e a declaração de carga poluidora conforme o Art. 28 da CONAMA 430.

Além disso, é imprescindível incentivar o reuso de efluentes tratados, o que reduz os impactos ambientais sobre corpos hídricos, melhora a qualidade do efluente final e podendo até evitar interligações com a rede pública e a sobrecarga do sistema, podendo ser orientado pela Resolução COEMA 02/2017.

Por fim, destaca-se a necessidade de incluir uma etapa de polimento final no tratamento para garantir a remoção de contaminantes remanescentes e mitigar impactos ao meio ambiente. A combinação de controles mais rigorosos, incentivo ao reuso e melhorias nas etapas de tratamento é fundamental para a sustentabilidade dos recursos hídricos e para a eficiência das práticas de saneamento no Brasil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: estudo de concepções de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209: elaboração de projetos hidráulicos-sanitários de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17076: Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte — Requisitos**. Rio de Janeiro. 2024.

BARBOSA, Tiago Ribeiro. **Garantia probabilística em monitoramento da qualidade de efluente de um sistema de lagoas de estabilização**. 2023.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico**. Brasil, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> Acesso em: 20 ago. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 Novo Marco Legal do Saneamento Básico**. Brasil, 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm>. Acesso em: 17 de março de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução Nº 430 de 13/05/2011 (Federal) - 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. 2011. Disponível em: <<https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>. Acesso em 17 de março de 2024.

CYPRIANO, Marcia Mirella Almeida. Qualidade do efluente de uma estação de tratamento de esgotos: confiabilidade Fuzzy. 2021.

CRIZEL, Marcelo Guerreiro; LARA, Ana Claudia. Avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de efluentes instalada em uma universidade federal: questão de gestão ambiental. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, 2020.

LOBO, Isadora Vitali; PINHEIRO, J. H. P. A. Esgoto sanitário: caracterização, tratamento e ecotoxicidade. **Periódico Eletrônico–Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 17, n. 5, 2021.

LIMA, Rafael Monteiro de. **Avaliação da eficiência de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) operadas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb): estudo de caso da ETE Sobradinho**. 2021.

CORRÊA, Edinelson Sandanha; DE GODOI, Luciane; MANGINI, Lúgia. Avaliação e caracterização físico-química dos efluentes lançados em um corpo hídrico urbano na Amazônia. **Caderno Intersaberes**, v. 11, n. 34, p. 71-86, 2022.

MACIEL, Estéfani Barros et al. Eficiência da estação de tratamento de efluentes do Município de Corrente, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 19, p. 883-894, 2021.

MATSUMOTO, Ana Carolina Lanfredi. **Uso de sistemas descentralizados comparados a sistemas centralizados para tratamento de esgotos**. 2023.

PARANÁ. Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR. **Manual de projeto de saneamento, diretrizes para elaboração de projeto de sistema de tratamento de esgoto**. 2023

PIAUÍ. Conselho Estadual do Meio Ambiente do Piauí - CONSEMA. Resolução N° 46, de 13 de Dezembro de 2022. **Altera e acrescenta dispositivos à Resolução CONSEMA nº 040, de 17 de agosto de 2021, que estabelece o enquadramento dos empreendimentos e atividades passíveis de licenciamento ambiental no Estado do Piauí**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=439614>>. Ccesso em 26 de novembro de 2024.

PAIVA, Marcella Vianna Cabral *et al.* AVALIAÇÃO DE PARAMÊTROS FÍSICOS-QUÍMICOS DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ - PERNAMBUCO. *In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 21., 2024, Recife. **Anais [...]**. Recife: Associação Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental, 2024. II-06.

SAWADOGO, Bienvenue Joceline et al. Evaluation of the Purification Performance of the Kossodo Wastewater Treatment Plant in Ouagadougou. **Journal of Environmental Protection**, v. 12, n. 12, p. 1128-1143, 2021.

SILVA, Anthony Jeff Correia et al. **Análises dos parâmetros físicos-químicos e microbiológicos do efluente da ETE localizada no município de Rio Formoso.** 2022.

YULISTYORINI, Anie et al. Removal of BOD and TSS of Student Dormitory Greywater using Vertical Sub-Surface Flow Constructed Wetland of Ipomoea Aquatica. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.** IOP Publishing, 2019. p. 012056.