UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA

QUELLYA KETLLEN DANTAS NEVES

INFLUÊNCIA DA PISCICULTURA NA QUALIDADE DA ÁGUA DA BARRAGEM SAULO MAIA

AREIA

2023

QUELLYA KETLLEN DANTAS NEVES

INFLUÊNCIA DA PISCICULTURA NA QUALIDADE DA ÁGUA DA BARRAGEM SAULO MAIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Química da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelada em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Betania Hermenegildo dos Santos.

Coorientadora: Dra. Tereziana Silva da Costa

AREIA

2023

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N511i Neves, Quellya Ketllen Dantas.
Influência da piscicultura na qualidade da água da barragem Saulo Maia / Quellya Ketllen Dantas Neves. - Areia:UFPB/CCA, 2023.
47 f. : il.

Orientação: Maria Betania Hermenegildo dos Santos.
Coorientação: Tereziana Silva da Costa.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Química. 2. Parâmetros físico-químicos. 3. Análise bacteriológica. 4. Ecotoxicidade. I. Santos, Maria Betania Hermenegildo dos. II. Costa, Tereziana Silva da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA CDU 54(02)

Elaborado por LUCIANNA SILVESTRE DE CASTRO AZEVÊDO - CRB-15/973

QUELLYA KETLLEN DANTAS NEVES

INFLUÊNCIA DA PISCICULTURA NA QUALIDADE DA ÁGUA DA BARRAGEM SAULO MAIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Química da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelada em Química.

Aprovado em: 21/12/2022

BANCA EXAMINADORA

Maria Betania Hermenegildo dos Santos

Profa. Dra. Maria Betania Hermenegildo dos Santos (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Tereziana Silva da Costa

Dra. Tereziana Silva da Costa (Coorientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Luciana Gomes Barbosa

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Edilene Dantas T. Moreira

Profa. Dra. Edilene Dantas Teles Moreira
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

À Deus, o criador de tudo. E aos meus pais, que são tudo para mim, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me guiado, protegido e me capacitado nessa longa caminhada, por ter me dado forças e perseverança nos momentos mais difíceis para que eu não desistisse.

À minha mãe, Mykarla Dantas, que é minha grande companheira, que sempre esteve ao meu lado, explicitando todos os dias o quanto me ama, me incentivando, me dando forças e mostrando que eu sou capaz de alcançar todos os meus objetivos. Ela é minha maior inspiração!

A meu pai, Flaviel Neves, que desde que eu nasci fez de tudo por mim, meu porto seguro. Sou grata por todo cuidado e amor recebido.

Aos meus pequenos irmãos, Isis Gabriele e Nicholas Bernardo, por todo amor recebido.

À minha tia, Silvia Neves, que sempre me deu total apoio nos estudos, sempre demonstrando seu cuidado e amor comigo.

A Igor Revelles, que tive o prazer de conhecer no início da graduação, sou grata por todo apoio, incentivo, amor e companheirismo.

A todos os meus familiares que torceram e acreditaram em mim.

À professora/orientadora Dra. Maria Betania Hermenegildo dos Santos, que tem um coração gigante. Sempre me acolheu, incentivou, aconselhou e me deu oportunidades no meio acadêmico.

À minha Coorientadora Dra. Tereziana Silva da Costa (Terê), que esteve presente comigo no decorrer de todo o experimento, com toda sua calmaria e cuidado, sempre muito prestativa.

Ao técnico do laboratório, Deydeby Illan, por toda ajuda e apoio nas práticas laboratoriais.

À Taellyson, Sandro, Edinho e os demais colegas que me ajudaram nas análises.

À Laila, que esteve comigo a todo momento nessa reta final, sendo uma grande parceira.

Ao professor Péricles de Farias, que foi o primeiro professor a me dar oportunidade assim que cheguei na Universidade e aos demais professores que tive o prazer de conhecer. Levarei para o resto da vida cada ensinamento colhido em sala de aula.

À Vinícius, que sempre me ajudou nas atividades acadêmicas quando precisei.

Aos colegas e amigos que conheci na universidade e fizeram parte da minha trajetória acadêmica: Jarline, Priscila, Mayra, Nathalia, Pâmela, Jhon, Brenno, Ronaldo, Joabson, Diego, Thomas, Allissom e a todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação.

À Profa. Dra. Luciana Gomes Barbosa e a Profa. Dra. Edilene Dantas Teles Moreira, obrigada pela disposição em compor a minha banca avaliadora, e pelas contribuições para o meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Obrigada!

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

RESUMO

A água é um recurso natural fundamental para a vida dos seres vivos na Terra, e quando se trata de disponibilidade, o Brasil é privilegiado por ter uma grande parte da reserva de água doce. Apesar de sua importância, a intensificação de atividades poluidoras têm contribuído para a escassez. Atividades antropogênicas, como descarte de esgotos domésticos e industriais sem tratamento vêm influenciando na qualidade da água, assim como a piscicultura. O maior problema ambiental da piscicultura está relacionado aos seus efluentes com grande potencial de poluição das águas naturais. Em vista disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da piscicultura na qualidade da água da Barragem de Saulo Maia. Para o desenvolvimento deste estudo foram realizadas coletas entre os meses de setembro e novembro de 2022, próximo a margem da Barragem de Saulo Maia, onde a água foi utilizada recentemente na piscicultura, com criação de tilápia. Os parâmetros físico-químicos analisados foram pH, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, dióxido de carbono, alcalinidade total, magnésio, cálcio, dureza total, cloreto, fósforo total, nitrato, sulfato e salinidade, os quais seguiram as metodologias estabelecidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, com exceção da análise da amônia, que foi baseada no *Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water* (ASTM D1426-08), a fim de identificar a presença de um agente contaminante. Para a determinação da presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizou-se a técnica do substrato enzimático Colilert®. Os ensaios de ecotoxicidade foram baseados na NBR ABNT 12.648/2011, sendo utilizada a espécie *Chlorella vulgaris*. A partir dos resultados obtidos, para os parâmetros físico-químicos analisados, as amostras estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, com exceção do parâmetro fósforo, que se apresentou acima do estabelecido na maioria das coletas. Nas análises bacteriológicas verificou-se presença em todas as amostras para coliformes totais e *Escherichia coli*. Nas análises ecotoxicológicas não se observou ecotoxicidade crônica para o organismo-teste utilizado. Logo, pode-se concluir que houve influência da piscicultura na qualidade da água analisada, sendo observada principalmente pela concentração de fósforo total na primeira coleta. No entanto, observa-se uma melhoria na qualidade da água no decorrer do tempo, uma vez que o local está desativado para essa atividade. Com isso, a água pode ser considerada propícia para o consumo humano, após tratamento convencional.

Palavras-Chave: parâmetros físico-químicos; análise bacteriológica; ecotoxicidade.

ABSTRACT

Water is a fundamental natural resource for the life of living beings on Earth, and when it comes to availability, Brazil is privileged for having a large part of the freshwater reserve. Despite its importance, the intensification of polluting activities has contributed to the scarcity. Anthropogenic activities, such as disposal of untreated domestic and industrial sewage have been influencing water quality, as well as fish farming. The biggest environmental problem of fish farming is related to its effluents with great potential for pollution of natural waters. In view of this, the objective of this work was to evaluate the influence of fish farming on the water quality of the Saulo Maia Dam. To carry out this study, collections were carried out between the months of September and November 2022, near the shore of the Saulo Maia Dam, where the water was recently used in fish farming, with the creation of Tilapia. The physicochemical parameters analyzed were pH, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, carbon dioxide, total alkalinity, magnesium, calcium, total hardness, chloride, total phosphorus, nitrate, sulfate and salinity, which followed the methodologies established in the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, with the exception of the ammonia analysis which was based on the Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water (ASTM D1426-08) in order to identify the presence of a contaminating agent. To determine the presence or absence of total coliforms and Escherichia coli, the Colilert® enzymatic substrate technique was used. The ecotoxicity tests were based on NBR ABNT 12.648/2011, using the species Chlorella vulgaris. From the results obtained, for the physical-chemical parameters analyzed, the samples were within the limits established by CONAMA Resolution 357/2005, with the exception of the phosphorus parameter, which was above the established in most collections. In the bacteriological analysis, the presence of total coliforms and Escherichia coli was verified in all samples. In ecotoxicological analyses, chronic ecotoxicity was not observed for the test organism used. Therefore, it can be concluded that there was an influence of fish farming on the quality of the analyzed water, being observed mainly by the concentration of total phosphorus in the first collection, however, an improvement in the quality of the water is observed over time, since the place is disabled for this activity. Thus, the water can be considered suitable for human consumption, after conventional treatment.

Keywords: physical-chemical parameters; bacteriological analysis; ecotoxicity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização via satélite da Barragem Saulo Maia. 25
Figura 2 - Local de coleta onde havia criação de peixes. 26
Figura 3 - Amostras com resultado positivo para presença de coliformes totais (A) e Escherichia coli (B). 28
Figura 4 - Recipientes testes para determinação qualitativa de ecotoxicidade. 29
Figura 5 - Gráficos dos resultados obtidos nos parâmetros físico-químicos. 32
Figura 6 - Diferenças de médias para o crescimento algáceo entre o controle e a amostra coletada no dia 27 de setembro por meio do teste de Fisher (α=0,05). 39
Figura 7 - Diferenças de médias para o crescimento algáceo entre o controle e as amostras coletadas nos meses de outubro e novembro por meio do teste de Fisher (α=0,05). 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do meio de cultivo L. C. Oligo. 28
Tabela 2 - Resultados das análises bacteriológicas da água da Barragem Saulo Maia. 36
Tabela 3 -Resultados dos ensaios ecotoxicológicos com Chlorella vulgaris. 37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CCA – Centro de Ciências Agrárias

EDTA – Etilenodiaminotetracético

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

MS – Ministério da Saúde

PB – Paraíba

pH – Potencial Hidrogeniônico

SIGEP – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

USEPA United States Environmental Protection Agency

VMP – Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
2 REVISÃO DE LITERATURA 16
2.1 RECURSOS HÍDRICOS 16
2.2 INFLUÊNCIA DA PISCICULTURA NA QUALIDADE DA ÁGUA 16
2.3 PORTARIA E RESOLUÇÃO PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA ... 17
2.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA 18
2.4.1 Alcalinidade 18
2.4.2 Dureza 18
2.4.3 Cloretos 19
2.4.5 pH 19
2.4.6 Turbidez 19
2.4.7 Temperatura 20
2.4.8 Oxigênio Dissolvido 20
2.4.9 Condutividade Elétrica 21
2.4.10 Salinidade 21
2.4.11 Dióxido de Carbono 21
2.4.12 Amônia total 22
2.4.13 Fósforo total 22
2.4.14 Nitrato 22
2.4.15 Sulfato 23
2.5 ANÁLISE BACTERIOLÓGICA 23
2.6 ECOTOXICIDADE EM ÁGUAS SUPERFICIAIS 23
3 METODOLOGIA 25
3.1 LOCAL DE ESTUDO E COLETA DAS AMOSTRAS 25
3.2 ANÁLISE DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS 26
3.3 ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA DA BARRAGEM 27
3.4 ANÁLISES DE ECOTOXICIDADE 28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 31
4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS 31
4.2 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS 36
4.3 ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS 37

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 41
REFERÊNCIAS..... 42

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para a vida dos seres vivos na Terra, e quando se trata de disponibilidade, o Brasil é privilegiado, por ter uma grande parte da reserva de água doce do planeta (BRASIL, 2018; SILVA *et al*., 2019). Apesar de sua grande importância em todos os contextos da vida, a intensificação de atividades de caráter poluidor tem contribuído para que a água se torne uma substância natural escassa (CRISPIM, 2013).

Entre as atividades de caráter poluidor, destacam-se as de fontes antropogênicas, incluindo descarte de esgotos domésticos e industriais sem tratamento, que influenciarão na qualidade da água (ANA, 2019).

Além dessas, vem se destacado a piscicultura, que é a criação de peixes em cativeiro. A maneira como a atividade é conduzida, as práticas de manejo adotadas e os sistemas de produção utilizados desempenham um papel importante na influência da qualidade da água.

A piscicultura pode gerar efluentes, que são os resíduos resultantes das atividades de criação de peixes. Esses efluentes geralmente contêm excrementos, restos de ração e outros resíduos orgânicos. Se não forem adequadamente gerenciados, esses efluentes podem causar poluição da água, especialmente se houver uma densidade de peixes muito alta em relação à capacidade de assimilação do ambiente aquático. Os efluentes da piscicultura podem conter nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que são essenciais para o crescimento das plantas aquáticas. Quando em quantidades adequadas, esses nutrientes podem beneficiar o ecossistema aquático, estimulando o crescimento da vegetação aquática. No entanto, se houver um excesso de nutrientes nos efluentes, pode ocorrer a eutrofização da água, levando ao crescimento excessivo de algas e à diminuição do oxigênio dissolvido, o que pode prejudicar a qualidade da água e a vida aquática (AMÉRICO *et al.,* 2013).

A atividade de piscicultura em tanques-rede, ou seja, a criação de peixes em estruturas de tela ou rede, fechadas de todos os lados, que retêm os peixes e permitem a troca completa de água, de forma a remover os metabólitos e fornecer oxigênio aos peixes confinados, vem sendo realizada na Barragem de Saulo Maia, situada na microrregião do Brejo da Paraíba, no município de Areia.

Atualmente, a água dessa barragem vem sendo utilizada no abastecimento humano nas cidades de Areia e Pilões, por adutora, além de diversos municípios, por carros-pipa. Sendo assim, torna-se necessário averiguar e assegurar que a população receba água potável, cumprindo o estabelecido pelas Portarias GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério de Saúde e suas características físico-químicas e bacteriológicas estejam de acordo com o

enquadramento estipulado em sua classe de qualidade conforme Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Nesse cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da piscicultura na qualidade da água da Barragem de Saulo Maia, Areia – PB.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos são essenciais para a sobrevivência dos seres vivos no planeta e possuem grande abundância, equivalentes a cerca de 70% da superfície da Terra. Sua disponibilidade se dá de diversas maneiras, sendo 97% água salgada, 2,5% em geleiras e apenas 0,5% água doce e destinada ao consumo humano (SHIKLOMANOV; RODDA, 2003). A água fornece condições básicas para a sobrevivência das espécies e consegue manter o equilíbrio dos ecossistemas terrestres.

Seu uso é feito em diversas vertentes, seja ele para alimentação, higiene pessoal, irrigação de lavouras, geração de energia, entre outros (CASARIN; SANTOS, 2011). Embora haja grande importância e utilidade, a água ainda é um recurso ameaçado. O adensamento populacional, o desenvolvimento das atividades econômicas e tecnológicas, têm modificado drasticamente a dinâmica das águas em todo o mundo (ONE, 2022).

Com a necessidade de suprir essa má distribuição, foram criados os mananciais de abastecimento hídricos, para ajudar no controle de inundações, para represar águas como fonte de energia hidrelétrica, para fornecer água para consumo humano direto, uso industrial ou ainda para irrigar plantações (CMB, 2000).

2.2 INFLUÊNCIA DA PISCICULTURA NA QUALIDADE DA ÁGUA

Medeiros, Silva e Tosta (2022) afirmam que a qualidade da água é um dos fatores mais importantes para a produção de peixes, pois afeta diretamente a sua sobrevivência e o seu crescimento. Alguns dos fatores que influenciam a qualidade da água na produção de peixes incluem: temperatura, pH, nitrogênio, fósforo, microrganismos, resíduos na alimentação dos peixes e sais minerais.

A temperatura da água é importante para o conforto dos peixes e pode afetar o seu metabolismo. O pH é essencial para o equilíbrio químico da água e deve estar dentro de uma faixa ideal para garantir a saúde dos peixes; a alcalinidade e a dureza também influenciam o equilíbrio químico da água. O nitrogênio e o fósforo, no que lhe concernem, são nutrientes importantes para o crescimento dos peixes, mas em excesso podem causar a proliferação de algas e de bactérias indesejáveis (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). As bactérias podem ser benéficas ou prejudiciais aos peixes, dependendo da quantidade e do tipo. Os sais

minerais presentes na água são importantes para a saúde dos peixes, mas em excesso podem ser prejudiciais.

A criação de peixes pode ter uma influência significativa na qualidade da água. Isso ocorre porque o excesso de peixes pode levar a uma alta concentração de resíduos orgânicos, como excrementos e restos alimentares na água, o que pode resultar em uma elevação da carga biológica e na liberação de nutrientes como nitrogênio e fósforo, que levam a uma proliferação excessiva de algas e, consequentemente, a eutrofização (TOMASSETTI *et al.*, 2016). Isso pode ter efeitos negativos na saúde dos peixes, na qualidade da água para uso humano e na biodiversidade do ecossistema aquático (LEIRA *et al*., 2017).

Dessa forma, é importante que os criadores de peixes adotem medidas para minimizar os impactos na qualidade da água, tais como a manutenção de densidades de estoque adequadas, o uso de filtros para tratar os resíduos e a implementação de práticas de manejo de água que garantam sua renovação adequada (MANJABOSCO *et al*, 2021). Além disso, é fundamental que haja regulamentação e fiscalização por parte das autoridades competentes para garantir a sustentabilidade da criação de peixes e a preservação da qualidade da água (BASTOS; MATOS, 2019).

Dessa forma o monitoramento da qualidade da água é essencial, por permitir a detecção precoce de possíveis problemas, corrigir desequilíbrios e implementar medidas preventivas para manter o equilíbrio ambiental e garantir a saúde dos peixes. Além disso, acompanhar a qualidade da água também contribui para a eficiência da produção, aumentando a rentabilidade da atividade (ZANIBONI-FILHO *et al*., 2018).

2.3 PORTARIA E RESOLUÇÃO PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Para determinar a potabilidade da água para o consumo humano, faz-se necessário seguir os parâmetros dispostos na Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), que aborda procedimentos que envolvem o controle e o monitoramento da qualidade da água para consumo humano, de maneira que as doenças de veiculação hídricas sejam prevenidas, preservando o bem-estar e a saúde da população (RODRIGUES, 2014).

Além da portaria citada, deve-se seguir também a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), n° 357, de 17 de março de 2005, 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 outras providências. Essa resolução classifica

os corpos de água como: doce, salina e salobra, baseado em seus níveis de salinidade (CONAMA, 2005).

Segundo a Portaria Nº 888, as águas provenientes de manancial superficial devem ser submetidas a processo de filtração, desinfecção e realizar monitoramento mensal de *Escherichia coli* no(s) ponto(s) de captação de água (BRASIL, 2021).

2.4 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA

Corpos d'água possuem uma variedade de componentes, provenientes do próprio ambiente natural, introduzidos pelas atividades humanas ou que surgem a partir da interação dentro do próprio manancial (ANA, 2019). A caracterização da qualidade de água é realizada através de análises dos parâmetros físicos, tais como temperatura, turbidez, salinidade e sólidos dissolvidos; de parâmetros químicos como pH, condutividade, oxigênio dissolvido, nitrato, sulfato, entre outros, as quais serão descritas a seguir. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e uma vez que atingem os valores máximos estabelecidos pela portaria de potabilidade da água para um determinado uso, essa torna-se imprópria (BRASIL, 2021).

2.4.1 Alcalinidade

A alcalinidade determina a capacidade da água em neutralizar os ácidos e seu teor é dado pela soma das concentrações de hidróxido, carbonato e bicarbonato, expressas em carbonato de cálcio. Pode-se dizer que a alcalinidade mede a capacidade da água de neutralizar o ácido (FUNASA, 2013).

A determinação desse parâmetro é essencial em águas de abastecimento, pois irá auxiliar no controle de processos de tratamento. Além disso, se as concentrações forem controladas, a alcalinidade não acarretará problemas à saúde do ser humano (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009; SKOOG *et al*., 2010; PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011; BEZERRA *et al*., 2017).

2.4.2 Dureza

A dureza é a capacidade que a água tem de precipitar sabão, bloqueando o desenvolvimento de espuma (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009; FUNASA, 2013). A dureza da água se deve, essencialmente, à presença de sais de cálcio e magnésio em solução, que

reagem com os sais de sódio ou potássio dos ácidos graxos presentes no sabão para formar sais insolúveis (POHLING, 2009).

Águas duras podem acarretar danos a indústrias, gerando incrustações em suas tubulações ou até levando a casos mais extremos, como explosões em caldeiras (MEDEIROS FILHO, 2015).

2.4.3 Cloretos

Os cloretos de sódio, magnésio ou cálcio podem ser encontrados nos corpos hídricos, devido ao contato desses com a água salgada do mar ou por meio de rejeitos domésticos e industriais. Altos níveis da concentração desse parâmetro podem acarretar mudanças no sabor da água, deixando-a com gosto salino e com propriedades laxativas (MEDEIROS FILHO, 2015; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009; FUNASA, 2013)**.**

2.4.5 pH

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio, em escala antilogarítmica, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VEIGA, 2005). Na água, especificamente, o pH é um dos parâmetros de maior importância nas etapas do seu tratamento, já que é responsável por melhorar o processo de coagulação, desinfecção, controle da corrosividade e remoção da dureza.

O valor do pH pode variar de 0 a 14. A água é considerada ácida quando este valor é abaixo de 7 e acima de 7 a água é considerada alcalina, que contribui para as precipitações de sais, resultando em incrustações em tubulações (LENZI, FAVERO; LUCHESE, 2009; FUNASA, 2013). Este parâmetro deve ser analisado antes e depois da adição de produtos químicos e apenas valores muito baixos ou muito elevados acarretam danos à saúde (VON SPERLING, 2014).

2.4.6 Turbidez

A turbidez pode ser definida como a medida do espalhamento de luz produzido pela presença de partículas em suspensão ou coloidais, sendo expressa como Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU –*Nephelometric Turbidity Unity*).

Dentre as características físicas da água, avaliar a turbidez é importante uma vez que essa é um indicador de contaminação e pode estar relacionada à presença de bactérias, vírus e

parasitas na água (FUNASA, 2013). A presença de materiais sólidos em suspensão, tais como silte, argila, sílica ou colóides, matérias orgânicas e inorgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e algas podem influenciar este fator, representando riscos à saúde humana, especialmente quando utilizadas para consumo ou para preparação de alimentos. A origem desses materiais pode ser diversa, desde o solo; mineração; indústrias ou o esgoto doméstico lançado no manancial sem tratamento.

2.4.7 Temperatura

A temperatura determina a intensidade do calor na água. Esse calor pode ter origem natural ou antropogênica. O calor natural pode ser gerado a partir de três processos de transmissão: radiação, condução e convecção. Já o calor antropogênico é causado por despejos irregulares e torres de resfriamento. Nos corpos hídricos, a variação de temperatura é frequente ao longo do dia e de acordo com as estações do ano. Mudanças bruscas de temperatura poderão ocorrer com o descarte de dejetos industriais com temperaturas elevadas, podendo causar sérios danos às fontes (FUNASA, 2013).

2.4.8 Oxigênio Dissolvido

Oxigênio Dissolvido (OD) é a concentração de oxigênio (O_2) contida na água, sendo essencial para todas as formas de vida aquática (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005). Os sistemas aquáticos produzem e consomem o oxigênio, o qual é retirado da atmosfera na interface água - ar e também é obtido como resultado de atividades fotossintéticas de algas e plantas (BRAGA *et al*., 2005).

A concentração de oxigênio presente na água vai variar de acordo com a pressão atmosférica (altitude), a quantidade de sais presentes e com a temperatura do meio. Águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio; já em maiores altitudes, onde é menor a pressão atmosférica, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade (SCHAUTZ, 2015).

A solubilidade dos gases aumenta com a diminuição da temperatura e aumento da salinidade. A determinação da concentração de OD é de fundamental importância na avaliação da qualidade das águas, uma vez que o oxigênio está envolvido praticamente em todos os processos químicos e biológicos (ANA, 2019).

2.4.9 Condutividade Elétrica

A condutividade indica a capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica e está relacionada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons, comumente usada para avaliar os níveis de salinidade ou a concentração de sais solúveis na água (FEITOSA *et al*., 2008).

2.4.10 Salinidade

A salinidade da água refere-se à quantidade de sais dissolvidos em uma determinada massa de água, sendo utilizada para avaliar a concentração total de sais, tais como cloreto de sódio, magnésio e cálcio, que estão presentes na água em forma de íons. A salinidade da água pode ser medida por meio da condutividade elétrica. A quantidade de sais na água pode variar significativamente em diferentes regiões do mundo devido a fatores como a evaporação, a precipitação, o fluxo de rios e a interação com o gelo marinho (FEITOSA *et al*., 2008).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, as águas podem ser classificadas como doces (salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), salobras (salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰), ou salinas (salinidade é igual ou superior a 30 ‰).

É fundamental monitorar e controlar a salinidade da água potável, pois águas com alto teor de sal podem ter um sabor desagradável e podem causar problemas de saúde, como desidratação e desequilíbrios eletrolíticos, além disso, a salinidade é um fator determinante para a sobrevivência e a saúde dos organismos aquáticos, já que muitas espécies são adaptadas a ambientes de água doce ou salgada. A variação na salinidade da água pode afetar a composição da comunidade de organismos e impactar a biodiversidade, além de influenciar o comportamento reprodutivo, a fisiologia e o desenvolvimento de muitas espécies aquáticas (ASSIS, 2002; SILVA, 2019).

2.4.11 Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono é considerado um ácido fraco existente na água e sua concentração geralmente é menor do que 10 mg/L em águas superficiais, que dependendo das concentrações, pode contribuir para a corrosão de estruturas metálicas e de cimento, como, por exemplo, em um sistema de abastecimento de água (FUNASA, 2013).

2.4.12 Amônia total

A amônia pode ser encontrada na forma ionizada (NH_4^+) ou não ionizada (NH_3) nas soluções aquosas e uma vez somadas essas duas espécies resultarão na quantificação da amônia total. Essa substância pode ocorrer de forma natural nos corpos de água, proveniente da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos da água e do solo, sendo consequência da redução do nitrogênio gasoso da água por ação de microrganismos, troca gasosa que ocorre entre a atmosfera e excreção da biota (REIS; MENDONÇA, 2009).

Segundo Reis; Mendonça (2009), as atividades antrópicas podem alterar os níveis de amônia na água, uma vez que este composto faz parte da composição do esgoto sanitário, advindo de efluentes domésticos, industriais, da hidrólise da ureia, da degradação biológica de aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados.

2.4.13 Fósforo total

O fósforo é um nutriente de grande importância para a evolução dos processos biológicos na água, estocando energia e atuando na estruturação celular. Sua ocorrência em águas naturais é devida, principalmente, às descargas de efluentes de indústrias de fertilizantes, pesticidas, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, em quantidades elevadas. Esse composto mostra grande acessibilidade para formar compostos com inúmeros íons e complexos com minerais de argila, originando sua forma no meio (ANA, 2019; FEITOSA *et al*., 2008) e se adicionado ao ambiente aquático em grande quantidade induz o processo de eutrofização em virtude do maior crescimento de algas (CADONÁ *et al*., 2018).

2.4.14 Nitrato

Geralmente, as formas de nitrogênio presentes na água são nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. Normalmente, o nitrato está presente em pequenas quantidades em águas naturais, podendo vir de várias fontes, como esgoto doméstico, resíduos industriais, depósitos de lixo, emissões de fertilizantes nitrogenados (ANA, 2019; FEITOSA *et al*., 2008).

Níveis elevados de nitrato na água indicam um risco potencial de outras substâncias indesejáveis, como moléculas sintéticas de muitos pesticidas agrícolas, que podem se comportar de forma semelhante ao nitrato (NUGENT *et al*., 1988).

2.4.15 Sulfato

O sulfato é um ânion habitual na natureza, que está presente em águas naturais e suas concentrações são oscilantes. Em altas concentrações nas águas de abastecimento público, pode-se haver alteração de seu sabor para salgado ou amargo, provocando rejeição por parte do consumidor, causando efeito laxativo sobre os seres humanos, ocasionando diarreia e desidratação (VASCONCELOS, 2018).

2.5 ANÁLISE BACTERIOLÓGICA

A qualidade da água destinada ao consumo humano precisa estar livre de microrganismos patogênicos, sendo a análise bacteriológica relevante (FUNASA, 2014).

Segundo a portaria do Ministério da Saúde n° 888, de 4 de maio de 2021, para que a água seja apta para o consumo humano ela deve estar livre de coliformes totais e *Escherichia coli*. Para águas que passarão por tratamento, a legislação estabelece um limite dessas bactérias (CONAMA, 2005). Uma vez que é feito o uso da água e ela apresenta a presença desses microrganismos, pode-se ocorrer infecção e apresentar uma série de riscos à saúde humana, como diarreias e vômitos (FORTES; GUEDES, 2022).

A *Escherichia coli* é usada como indicador de contaminação, por ser uma bactéria derivada inteiramente das fezes. Essas bactérias estão presentes no intestino humano e de animais de sangue quente (FUNASA, 2014).

2.6 ECOTOXICIDADE EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

A ecotoxicidade em águas superficiais acontece a partir do momento em que há descarga de produtos químicos nocivos à saúde humana e animal em uma fonte hídrica. Esses resíduos podem advir de atividades domésticas, agrícolas e industriais, incluindo estações de tratamento de esgoto (BAILÃO *et al*., 2020). A análise ecotoxicológica é exigida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente e deve seguir uma série de normas e procedimentos. Ela fornece um retrato mais preciso da qualidade do ambiente, determinando os verdadeiros efeitos tóxicos que a contaminação estaria exercendo (ARIAS *et al*., 2007; ABNT, 2011).

Para a investigação desse parâmetro, é necessário fazer uma série de testes com organismos, os bioensaios. Eles são realizados em laboratório e vão indicar o efeito biológico de uma substância desconhecida (USEPA, 2002). Esses bioensaios são executados com organismos indicadores, que devido às suas características de baixo limite de tolerância

ecológica a certas substâncias químicas, mostram alguma modificação quando expostas a determinados poluentes (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008). Os ensaios de ecotoxicidade podem ser feitos com mais de um organismo-teste e de níveis tróficos diferentes (SILVA; POMPÊO; PAIVA, 2015).

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE ESTUDO E COLETA DAS AMOSTRAS

O local de estudo foi a Barragem Saulo Maia (Figura 1), que se localiza no município de Areia (Paraíba), na microrregião do Brejo (6°55’42.1”S 35° 40’36.9”W). A barragem faz parte da bacia hidrográfica do rio Mamanguape e possui capacidade de 9.833.615m^3 (AESA, 2021).

Figura 1 - Localização via satélite da Barragem Saulo Maia.

Fonte: Adaptado de Google Maps, 2022.

As coletas de amostras de água foram realizadas entre os meses de setembro a novembro de 2022, em um ponto da barragem, onde a água era utilizada na piscicultura, com criação de tilápia, desativada desde maio de 2022 (Figura 2).

Figura 2 - Local de coleta onde havia criação de peixes.

Fonte: Elaboração própria, 2022.

As amostras foram coletadas em frascos de vidro, devidamente higienizados e identificados, para fins de análises físico-químicas e ecotoxicológicas, e também esterilizados quando as amostras eram destinadas a análises bacteriológicas, conforme o proposto por Brasil (2013).

Posteriormente, os recipientes foram acondicionados sob refrigeração e conduzidos imediatamente para análise nos Laboratórios de Química Analítica e de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita do Departamento de Química e Física do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Os resultados foram comparados com os padrões estabelecidos na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), após classificação na Classe 2 de águas doces, devido à sua utilização no abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado.

3.2 ANÁLISE DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

Baseado nas metodologias estabelecidas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2017), foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, cloreto, sulfato, alcalinidade, condutividade elétrica, salinidade, dióxido de carbono livre, magnésio, cálcio, dureza total, fósforo e nitrato. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os métodos utilizados são descritos no Quadro 1.

Os equipamentos utilizados nas análises de pH, turbidez e condutividade elétrica foram, respectivamente: pHmetro MS Tecnopon, modelo luca-210; turbidímetro Del Lab, modelo DLT WV; e condutivímetro MS Tecnopon, modelo luca-150.

Quadro 1 – Parâmetros e metodologias utilizadas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewate*.

VARIÁVEIS	MÉTODO
Turbidez	2130 B – Método nefelométrico
Salinidade	2520 B - Método de Condutividade Elétrica
pH	4500-H^+ B - Método eletrométrico
Alcalinidade	320 B – Método de titulação
Dureza total	2340 C – Método Titulométrico (EDTA)
Cloreto	4500-Cl^- B - Método Argentométrico
Condutividade elétrica	2510 B – Método laboratorial
Gás carbônico livre	4500-CO_2 C – Método Titulométrico para Dióxido de Carbono Livre
Magnésio	3500-Mg B - Método de cálculo
Cálcio	3500-Ca B – Método Titulométrico (EDTA)
Fósforo total	4500-P C - Método Colorimétrico do Ácido Vanadomolibdofosfórico
Nitrato	4500-NO_3^- B - Método de triagem espectrofotométrica ultravioleta
Sulfato	4500-SO_4^{2-} E – Método Turbidimétrico

Fonte: Elaboração própria, 2022.

O parâmetro amônia foi analisado conforme descrito em *Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water* (ASTM, 2008). O princípio desse método é determinar os íons de amônia através de análise colorimétrica, utilizando o reagente de Nessler e um espectrofotômetro em determinado comprimento de onda.

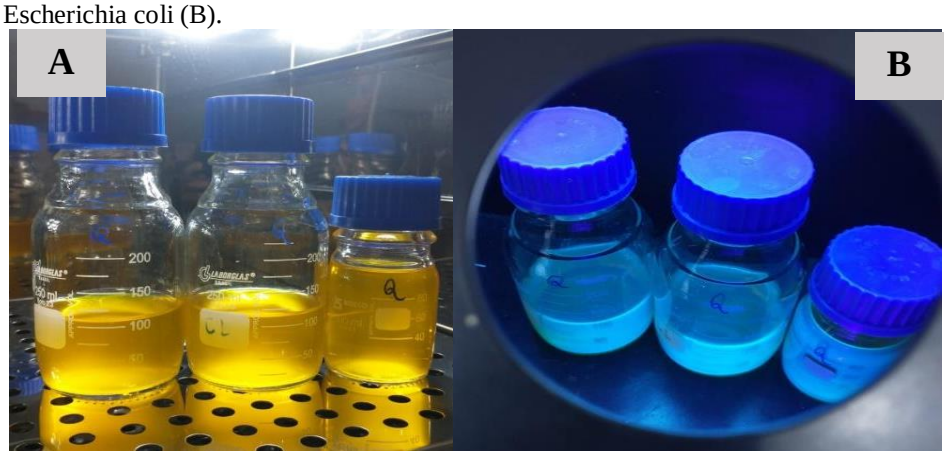
3.3 ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA DA BARRAGEM

Através das análises bacteriológicas foi determinada a presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*. Todas as análises foram realizadas em triplicata, através da técnica do substrato enzimático Colilert® (APHA; AWWA; WEF, 2017).

Os substratos presentes no meio de cultura utilizado foram o substrato cromogênico orto-nitrofenil-β-D-galactopiranosídeo (ONPG), usado para detectar a enzima β-D-galactosidase que é produzida por bactérias coliformes totais, e o substrato fluorogênico 4-metil-umbeliferil-β-D-glucuronídeo (MUG), para detectar a enzima β-D glucuronidase, que é produzida pela maioria das cepas de *Escherichia coli*.

À medida que os coliformes vão crescendo, eles usam enzima β-galactosidase para metabolizar o ONPG, logo sua coloração muda de incolor para amarelo, como mostra a Figura 3A. Já a *Escherichia coli* utiliza a β-glucuronidase para metabolizar MUG e criar fluorescência, como se pode observar na Figura 3B, uma vez que a maioria dos coliformes não possuem essas enzimas.

Figura 3 - Amostras com resultado positivo para presença de coliformes totais (A) e Escherichia coli (B).



Fonte: Elaboração própria, 2022.

3.4 ANÁLISES DE ECOTOXICIDADE

Os ensaios de ecotoxicidade foram desenvolvidos baseado na NBR ABNT 12.648/2011, a qual detalha um método de avaliação da toxicidade crônica para microalgas da família *Chlorophyceae*, sendo utilizada a espécie *Chlorella vulgaris*, cultivada em meio de cultivo L.C. Oligo. A Tabela 1 mostra a composição do meio de cultivo do L.C. Oligo.

Tabela 1 - Composição do meio de cultivo L. C. Oligo.

SOLUÇÃO	REAGENTE	CONCENTRAÇÃO G/L
1	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	40
2	KNO_3	100
3	$MgSO_4.7H_2O$	30
4	K_2HPO_4	40
	$CuSO_4.5H_2O$	0,03
	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	0,06
	$ZnSO_4.7H_2O$	0,06

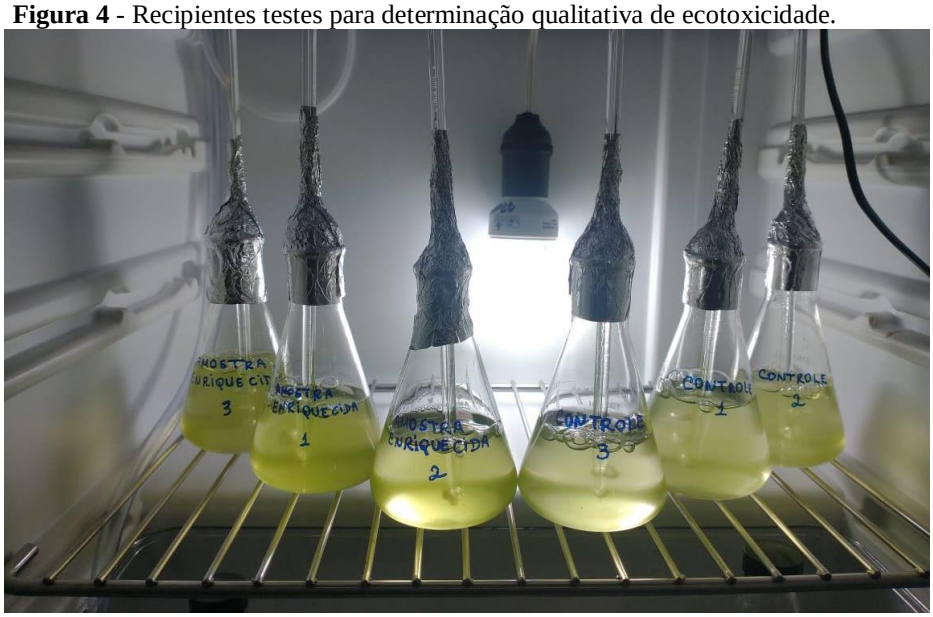
5	$CoCl_2.6H_2O$	0,06
	$Mn(NO_3)_2.H_2O$	0,06
	$C_6H_8O_2.H_2O$	0,06
	H_3BO_3	0,06
6	$C_6H_5FeO_7.5H_2O$	1,63
	$FeCl_3.6H_2O$	0,63
	$FeSO_4.7H_2O$	0,63
7	$NaHCO_3$	15

Fonte: ABNT, 2011.

A avaliação de ecotoxicidade crônica foi realizada qualitativamente através de amostras sem diluição, as quais foram enriquecidas com os mesmos nutrientes utilizados na preparação do controle (meio de cultivo). Em seguida, foi adicionado nas amostras enriquecidas e no controle, o volume do inóculo, que variou em função da sua concentração celular, de forma que a concentração inicial de microalgas nos recipientes testes foi sempre 1,00 x 10^5 células mL^{-1}.

Os testes foram realizados em triplicata e os recipientes contendo a amostra foram mantidos a 25 ± 2ºC, com luminosidade de cerca de 4.500 lux e aeração constante por 72 horas. Estes recipientes foram distribuídos de forma aleatória (Figura 4), alternando suas posições todos os dias.

Figura 4 - Recipientes testes para determinação qualitativa de ecotoxicidade.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

A validação do ensaio foi baseada na NBR ABNT 12.648/2011, considerando o aumento de 16 vezes da biomassa algácea média do controle, após 72 horas de exposição e coeficiente de variação da biomassa algácea entre as réplicas do controle inferior ou igual a 20%.

O crescimento algáceo foi determinado a partir de contagens com câmara de Neubauer em microscópio óptico. Além disso, foi calculado o Crescimento Relativo (CR) da amostra enriquecida em relação ao controle utilizando a seguinte equação:

$$CR = 1 + \left[\frac{CA_{amostra} - CA_{controle}}{CA_{controle}}\right]$$

Sendo CR Crescimento Relativo e CA Crescimento Algáceo. Soma-se 1 para não obter valor de crescimento relativo negativo, assim como foi feito por Sykora *et al*., (2021). Valores iguais a 1 correspondem ao crescimento igual para controle e amostra, valores maiores que 1 representam efeitos de estimulação e valores menores que 1 refletem em efeito de inibição.

O Crescimento Algáceo foi avaliado estatisticamente, através do Teste de Fisher, para verificar a existência de diferenças significativas no ponto de coleta de água da Barragem Saulo Maia. A análise estatística foi realizada através do software Minitab® 17.0, utilizando-se nível de significância (α) de 0,05.

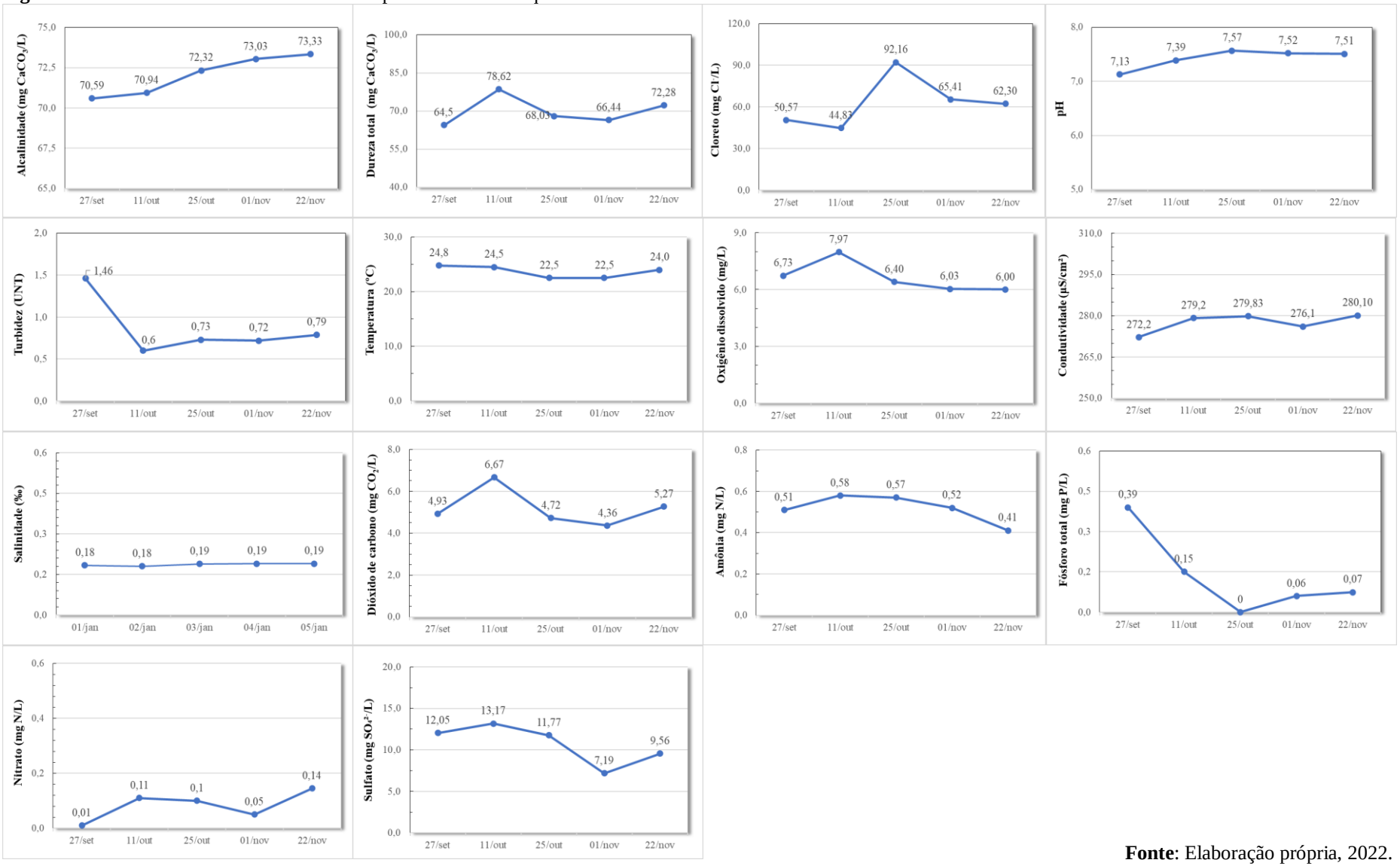
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o principal uso que se faz da água da Barragem Saulo Maia, localizada em Areia-PB, que é destinada ao consumo humano, após tratamento convencional, e a salinidade verificada durante o período de coletas, inferior a 0,5‰, é possível afirmar que essa água se enquadra na Classe 2 de águas doces da Resolução CONAMA 357/2005. Essa classificação foi utilizada como base para definição dos limites para cada parâmetro avaliado neste trabalho.

4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: alcalinidade, dureza, cloreto, pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, salinidade, dióxido de carbono, amônia, fósforo, nitrato e sulfato. Foram analisadas cinco amostras nos meses de setembro a novembro de 2022 e os resultados obtidos estão expostos na Figura 5.

Figura 5 - Gráficos dos resultados obtidos nos parâmetros físico-químicos.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

No parâmetro alcalinidade, os resultados apresentaram uma pequena variação ao longo das coletas. Grande parte das águas naturais apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L^{-1} de $CaCO_3$ (BRASIL, 2006; PEREIRA *et* al., 2010). Amostras com valores altos de alcalinidade apresentam uma alta capacidade de tamponamento e são menos afetadas quando alguma substância ácida é adicionada ao meio. Este parâmetro possui grande importância no tratamento de água, pois conhecendo a sua concentração é possível calcular a quantidade de reagentes a serem adicionados durante o seu tratamento (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Os níveis de dureza total das amostras variaram de 64,5 a 78,62 mg $CaCO_3$/L, sendo considerado baixo, uma vez que o limite para águas destinadas ao consumo humano é de 300 mg $CaCO_3$/L (BRASIL, 2021). Em altas concentrações, esse parâmetro pode causar deposição de incrustações nas estações de tratamento e em sistemas de distribuição (WHO, 2017). A dureza total é calculada com a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio e pode ser classificada como branda, moderada ou muito dura, a água analisada, nessa pesquisa, se enquadra como branda (FUNASA, 2013).

Os níveis de cloretos nas amostras variaram de 44,83 a 92,16 mg Cl^-/L, estando de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, que preconiza o valor máximo permitido para cloretos de 250 mg Cl^- /L. Altas concentrações desse parâmetro conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas (LUCAS *et al.*, 2014) e podem ser indicativos de poluição em um corpo hídrico por esgoto doméstico (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009, FUNASA, 2013). Os cloretos estão presentes nas águas em forma de cloretos de sódio, magnésio e cálcio.

O pH apresenta a concentração dos íons de hidrogênio e indica se o meio é ácido, alcalino ou neutro (FUNASA, 2013). Nas amostras coletadas esse parâmetro ficou em uma faixa de neutralidade, com valores de 7,13 a 7,57, estando de acordo com o preconizado na Resolução n° 357/2005 do CONAMA, que estabelece valores de 6,0 a 9,0 para a proteção da vida aquática. Sua alteração pode acontecer de origem natural, através da dissolução das rochas, ou antrópica, por meio de despejo de resíduos domésticos e industriais (COSTA, 2021).

De acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA, o limite máximo para turbidez em água destinada ao consumo humano, após tratamento convencional, é 100 UNT. No presente estudo, os resultados mantiveram-se abaixo deste limite, indicando, potencialmente, baixa quantidade de material suspenso no ponto de amostragem na Barragem Saulo Maia. Uma das justificativas pode ser pelo fato do local estar desativado para criação de peixes, e não haver presença de resíduos como ração e fezes de peixes, no período de coleta das amostras. Águas

com baixa turbidez são esteticamente agradáveis e também podem indicar uma menor presença de poluentes e contaminantes (AMÉRICO *et al*., 2013).

No período das coletas, a temperatura variou de 22,5 °C à 24,5 °C. Na Resolução CONAMA nº 357/2005 não há um valor determinado para a comparação com os valores obtidos para esse parâmetro, porém, sabe-se que a temperatura tem influência sobre muitas reações que ocorrem no meio aquático e elevadas temperaturas podem reduzir a qualidade da água, principalmente por diminuir a quantidade de oxigênio dissolvido.

As concentrações de oxigênio dissolvido variaram de 6,0 a 7,97 mg/L, estando em conformidade com a Resolução do CONAMA 357/2005, que estabelece o valor mínimo de 5,0 mg/L para águas doces Classe 2. O resultado obtido é adequado para o principal uso que se faz da água da Barragem Saulo Maia e também para manutenção da vida aquática, embora não se tenha avaliado esse parâmetro em diferentes profundidades, pois as amostras foram coletadas na superfície, local onde grandes quantidades de oxigênio são dissolvidas pelo contato direto com a atmosfera.

A presença de organismos vivos, como plantas aquáticas e algas, pode aumentar a quantidade de oxigênio dissolvido na água durante o processo de fotossíntese. Esses organismos consomem dióxido de carbono e liberam oxigênio como subproduto. França *et al*., (2019), ao analisar as águas superficiais do Rio São Francisco nos municípios de Juazeiro/BA e Petrolina/PE, observam que a maioria dos resultados possuem valores maiores que o mínimo estabelecido. Portanto, o índice de oxigênio dissolvido nas amostras da Barragem Saulo Maia encontra-se semelhante aos valores obtidos por França *et al.* (2019).

Os níveis de condutividade elétrica apresentaram variação entre 272,2 a 280,10 μS/cm². Quanto a este parâmetro não há referência sobre os limites aceitáveis na Resolução CONAMA n° 357/2005, porém a condutividade elétrica indica a capacidade de uma água conduzir corrente elétrica, por meio da presença de sais e está diretamente relacionada com a salinidade; assim, através de cálculo, possibilita obter o nível de salinidade da água (CETESB, 2017).

Os valores obtidos para salinidade tiveram uma pequena variação (0,18 a 0,19), não interferindo na classificação da água da Barragem Saulo Maia, com base na Resolução do CONAMA n° 357/2005. A água analisada foi classificada como água doce, se enquadrando na classe 2, uma vez que é utilizada para abastecimento após o tratamento convencional.

Os teores de dióxido de carbono, expressos em mg CO_2/L, variaram de 4,93 a 5,27 mg CO_2/L, estando de acordo com a colocação de FUNASA (2013), que aponta concentração geralmente menor que 10 ml/L em águas superficiais. Segundo Dodds e Whiles (2019), um dos

principais fatores que pode levar a altos teores de CO_2 na água são organismos aquáticos, como peixes e microrganismos, que realizam a respiração, produzindo CO_2 como subproduto. Em áreas densamente povoadas com organismos ou em sistemas aquáticos com altas concentrações de biomassa, os níveis de CO_2 podem aumentar devido à respiração intensa ou decomposição de matéria orgânica. Portanto, embora não exista valor máximo permitido para esse parâmetro, ele fornece indícios da qualidade da água.

Os resultados para a amônia registraram uma variação de 0,41 a 0,58 mg/L e seus níveis se mantiveram baixos, estando em conformidade com a Resolução do CONAMA 357/2005, que estabelece VMP igual a 1,2 mg/L. Valores baixos de amônia na água indicam menor contaminação e uma melhor qualidade da água, sendo assim desejados para a saúde dos ecossistemas aquáticos, pois em níveis elevados e em conjunto com outros fatores podem levar à eutrofização.

De acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA, o valor máximo permitido para fósforo total é de 0,030 mg P/L. Em todas as amostras coletadas os níveis de fósforo obtidos estavam acima do que é permitido pela resolução, exceto no dia 25 de outubro; porém, o resultado obtido nessa data e nas outras duas coletas subsequentes foram próximos (0,00, 0,06 e 0,07 mg/L), quando comparados com as duas primeiras coletas (0,39 e 0,15 mg/L). Essa variação pode ser explicada em virtude das chuvas que ocorrem entre os meses de agosto e setembro na região e pode ter arrastado essa substância das proximidades, pois as atividades humanas podem contaminar as águas superficiais, como descargas de esgoto tratado inadequadamente, efluentes industriais e áreas agrícolas fertilizadas (SANTOS, 2018); entretanto, sua redução ao longo do período monitorado pode ter relação com a desativação da piscicultura no local, já que essa atividade interfere negativamente na qualidade da água devido à liberação de fósforo proveniente da ração e dejetos dos peixes (MANJABOSCO *et al.*, 2021). Sabe-se que o fósforo é um nutriente de grande importância para os animais e plantas. Contudo, em grandes quantidades ele torna-se prejudicial para o ecossistema.

As concentrações de nitrato nas amostras analisadas foram baixas, variando de 0,01 a 0,14 mg N/L. Segundo a Resolução do CONAMA n°357/2005, o valor máximo permitido para nitrato é de 10,0 mg N/L, estando assim as amostras analisadas dentro do estabelecido. Baixos valores de nitrato na água potável são geralmente preferíveis para evitar riscos à saúde humana. No entanto, em ecossistemas aquáticos naturais, é importante manter um equilíbrio adequado de nutrientes, incluindo o nitrato, para sustentar a vida aquática saudável.

O nitrato é um composto químico que se forma naturalmente quando há a combinação do nitrogênio com o oxigênio ou com ozônio. Altos índices de nitrato na água apontam uma ameaça potencial de substâncias indesejáveis, como moléculas sintéticas de muitos pesticidas agrícolas, que podem se comportar de forma semelhante ao nitrato (NUGENT *et al*., 1988).

Nos resultados de sulfato houveram uma variação de 7,19 a 13,17 mg SO_4^{2-}/L nas amostras coletadas. De acordo com a Resolução do CONAMA n° 357/2005, o valor máximo permitido para este parâmetro é de 250,0 mg SO_4^{2-}/L. A origem do sulfato em águas pode advir de origem geológica e origem antrópica (CASADO *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2013; MUBARAK *et al.*, 2015). Concentrações elevadas de sulfato em abastecimento público de água podem conferir um sabor amargo ou adstringente à água, causando rejeição por parte dos consumidores, e também podem ter um efeito laxante, levando a diarreia e desidratação (VASCONCELOS; OLIVEIRA, 2016). Esses aspectos não são encontrados no manancial Saulo Maia, pois os níveis de sulfato estão inferiores ao preconizado pela portaria.

4.2 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

As amostras coletadas nos meses de setembro a novembro de 2022 apresentaram a presença de coliformes totais e de *Escherichia coli* (Tabela 2). Neste trabalho não foi possível realizar a quantificação destas bactérias e nem o monitoramento por longo período, porém, a presença é indicativa de contaminação fecal e possibilidade de contaminação com bactérias patogênicas. Coliformes totais e *Escherichia coli* devem estar ausentes em águas utilizadas para consumo humano, porém, para águas doce Classe 2, que ainda serão submetidas à tratamento convencional, a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que não deverá ser excedido um limite de 1.000 *Escherichia coli* por 100 mililitros, em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Tabela 2 - Resultados das análises bacteriológicas da água da Barragem Saulo Maia.

DIAS DAS COLETAS	COLIFORMES TOTAIS	*ESCHERICHIA COLI*
27/ Setembro	Presença	Presença
11/ Outubro	Presença	Presença
25/ Outubro	Presença	Presença
01/ Novembro	Presença	Presença
22/ Novembro	Presença	Presença

Fonte: Elaboração própria, 2022.

A água encontra-se fora dos padrões exigidos pela portaria do Ministério da Saúde para águas destinadas ao consumo humano (BRASIL, 2021), conforme esperado, devido a água analisada ser considerada bruta, e a Barragem Saulo Maia ser um manancial aberto, ocasionando condições favoráveis para a proliferação de bactérias. Um dos problemas associados à presença destes organismos é que a água desse manancial também é coletada e distribuída por carros-pipa para as comunidades sem passar por tratamento convencional, o que pode acarretar doenças de veiculação hídrica caso não seja realizada a sua desinfecção.

Sousa *et al*. (2016) relatam que em suas análises, seis pontos de coleta do rio Grajaú não apresentaram presença de coliformes totais. Morais *et al*. (2020) também relatam que foi obtido 100% de positividade para presença dessas bactérias.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), inúmeras pessoas chegam a óbito por contraírem patologias advindas do consumo de água contaminada e fora dos padrões de potabilidade. O tratamento da água é imprescindível, uma vez que, uma água distribuída de forma contaminada põe em risco a vida de todos que a consomem (BRASIL, 2006).

4.3 ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS

Os ensaios de ecotoxicidade, preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005, foram executados e validados em conformidade com a NBR ABNT 12.648/2011. Na Tabela 3 pode-se observar os resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos.

Tabela 3 -Resultados dos ensaios ecotoxicológicos com Chlorella vulgaris.

Dia da coleta	Amostra	Crescimento Algác. (Cél./mL)	Média	Aumento celular	Coef. de variação	Crescimento relativo
27/set	A1	5,37E+06	5,36E+06	54,56	3,81%	---
	A2	5,10E+06				
	A3	5,60E+06				
	B1	5,43E+06	4,87E+06	49,67	8,46%	0,91
	B2	4,70E+06				
	B3	4,47E+06				
11/out	A1	3,02E+06	2,36E+06	24,61	19,67%	---
	A2	2,00E+06				
	A3	2,07E+06				
	B1	4,12E+06	2,97E+06	30,67	27,91%	1,26
	B2	2,20E+06				
	B3	2,58E+06				

25/out	A1	1,71E+06	1,77E+06	34,49	2,46%	---
	A2	1,80E+06				
	A3	1,81E+06				
	B1	1,76E+06	2,11E+06	40,78	13,91%	1,19
	B2	2,08E+06				
	B3	2,48E+06				
01/nov	A1	3,52E+06	3,56E+06	24,39	0,96%	---
	A2	3,60E+06				
	A3	3,56E+06				
	B1	4,18E+06	3,81E+06	39,11	8,22%	1,07
	B2	3,83E+06				
	B3	3,42E+06				
22/ nov	A1	3,52E+06	3,56E+06	24,39	0,96%	---
	A2	3,60E+06				
	A3	3,56E+06				
	B1	3,38E+06	3,58E+06	36,83	12,42%	1,01
	B2	4,20E+06				
	B3	3,17E+06				

(A) Controle / (B) Amostra enriquecida.

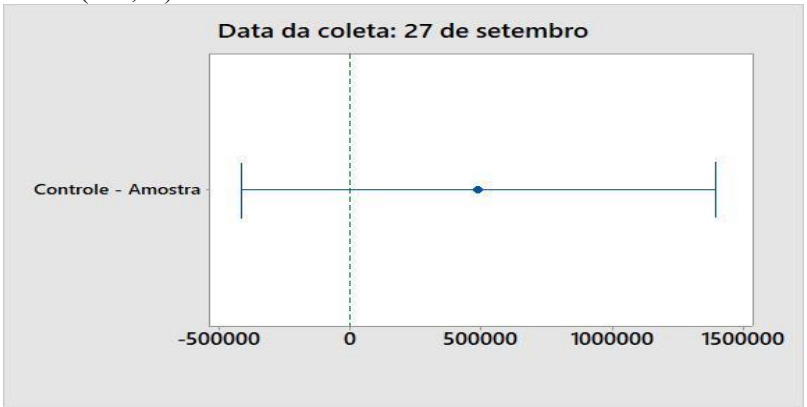
Fonte: Elaboração própria, 2022.

Dentre os critérios de validação do ensaio ecotoxicológico, tem-se o aumento da biomassa algácea no controle que variou de 24,39 à 54,56 vezes, estando acima do mínimo exigido, que são 16 vezes para 72h de exposição, de acordo com a norma utilizada (ABNT, 2011). Outro critério de validação é o coeficiente de variação no controle ser inferior a 20%, e como pode ser observado na Tabela 3, os resultados foram de 0,96% a 19,67%.

Se tratando do crescimento relativo, a amostra do dia 27 de setembro apresentou efeito inibição (CR=0,91), uma vez que é utilizado o valor 1 como referência para determinar se houve efeito de inibição ou estimulação. Já nos dias 11 de outubro, 25 de outubro e 1 de novembro, as amostras apresentaram estimulação do crescimento algáceo. A amostra do dia 22 de novembro apresentou um valor de 1,01, ou seja, quase igual ao valor de referência.

A verificação do efeito de inibição na reprodução das microalgas é feita através do Teste de Fisher. Na Figura 6 é possível observar as diferenças de médias para o crescimento algáceo entre o controle e a amostra enriquecida do dia 27 de setembro, onde houve uma inibição no crescimento. Como o intervalo contém o valor zero, as médias correspondentes não apresentaram diferença significativa, logo, a amostra não é considerada tóxica.

Figura 6 - Diferenças de médias para o crescimento algáceo entre o controle e a amostra coletada no dia 27 de setembro por meio do teste de Fisher (α=0,05).

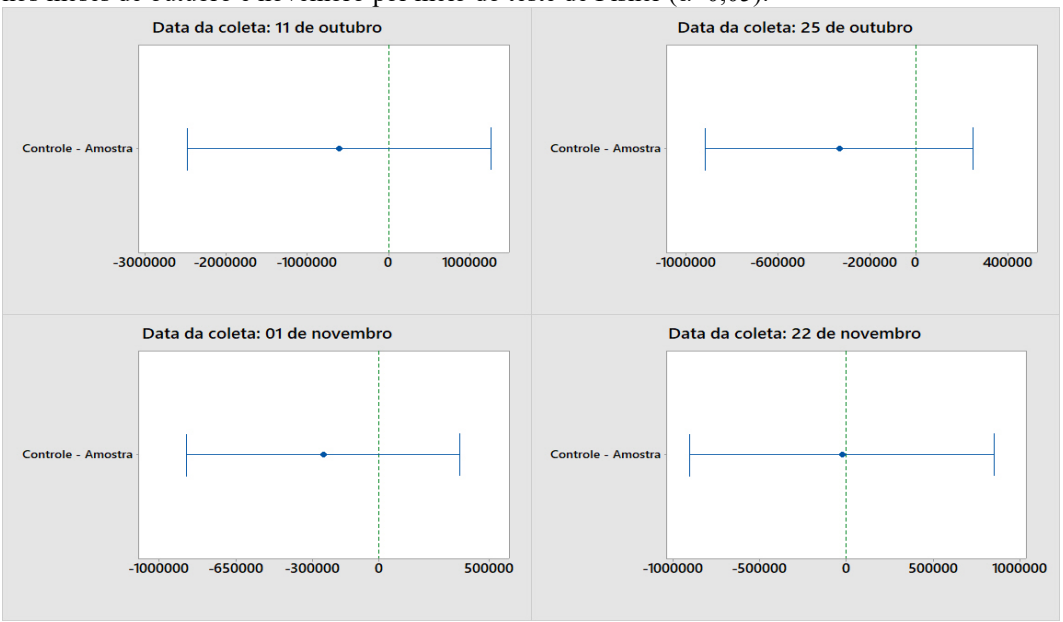


Se um intervalo não contém zero, as médias correspondentes são significativamente diferentes.
Fonte: Elaboração própria, 2022.

Como foi observado, a amostra coletada em 25 de setembro apresentou inibição no crescimento algáceo, logo, é possível correlacionar com os resultados obtidos na análise físico-química de fósforo, nos quais, na mesma data, se verificou a maior concentração desse parâmetro (0,39 mg/L), podendo ter causado influência e afetado o crescimento das microalgas, pois mesmo sendo um nutriente para as microalgas, seu excesso pode prejudicá-las.

A Figura 7 mostra as diferenças para o crescimento algáceo entre o controle e as amostras enriquecidas nos meses de outubro e novembro, nas quais as análises não apresentaram inibição e sim estimulação para o crescimento algáceo.

Figura 7 - Diferenças de médias para o crescimento algáceo entre o controle e as amostras coletadas nos meses de outubro e novembro por meio do teste de Fisher (α=0,05).



Se um intervalo não contém zero, as médias correspondentes são significativamente diferentes.
Fonte: Elaboração própria, 2022.

Portanto, não foi observado ecotoxicidade nas amostras, uma vez que o efeito de inibição só foi verificado em uma coleta e, mesmo assim, não teve diferença significativa. Logo, a amostra analisada estava de acordo com o exigido pela Resolução do Conama 357/2005, pois não apresentou ecotoxicidade crônica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação da influência da piscicultura na qualidade da água da Barragem Saulo Maia foi realizada por meio de análises físico-químicas, bacteriológicas e ecotoxicológicas, cujos resultados foram comparados com os limites preconizados pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces de Classe 2.

Com base nos resultados obtidos das análises físico-químicas é possível afirmar que a água da Barragem Saulo Maia, no ponto em que as amostras foram coletadas, apresenta qualidade compatível com a utilização para consumo humano, após tratamento convencional, exceto pelas concentrações de fósforo total, que apresentou valor acima do máximo permitido em quatro das cinco análises. Verificou-se ainda um decaimento nas concentrações dessa substância no decorrer do período monitorado, o que pode ser associado à desativação da piscicultura no local.

Nas análises bacteriológicas, as amostras indicaram presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, embora o limite estabelecido na Resolução CONAMA seja de até de 1.000 *Escherichia coli* por 100 mililitros, e não foi possível realizar a quantificação dessas bactérias. Assim, os resultados demostram a importância do tratamento da água antes do consumo.

Com relação aos ensaios de ecotoxicidade, a primeira amostra coletada apresentou efeito de inibição, assim como observou-se a concentração mais elevada de fósforo, sendo, possivelmente, um efeito negativo da atividade de piscicultura que era desenvolvida no local. Nas amostras coletadas subsequentemente foi observado efeito de estimulação algácea e na última coleta não se observou nenhum efeito. Porém, nenhuma amostra apresentou ecotoxicidade crônica, uma vez que o efeito de inibição só foi verificado em uma coleta e, mesmo assim, não teve diferença significativa. Logo, a amostra está de acordo com o exigido pela Resolução do Conama 357/2005.

Logo, pode-se concluir que houve influência da piscicultura na qualidade da água analisada, sendo observada principalmente pela concentração de fósforo total na primeira coleta. No entanto, observa-se uma melhoria na qualidade da água ao decorrer do tempo, uma vez que o local está desativado para essa atividade. Com isso, a água pode ser considerada propícia para o consumo humano, após tratamento convencional. Este conjunto de resultados pode servir como referência para futuros trabalhos em que o objeto de estudo sejam águas superficiais, enfatizando aquelas destinadas ao consumo humano e que sofrem interferência de piscicultura.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.648.** Ecotoxicologia aquática – toxicidade crônica – método de ensaio com algas (Chlorophyceae). Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Volume de Açudes.** João Pessoa, 2021. Disponível em: http://siegrh.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude/?id_acude=11814#:~:text=Bacia%3A%20Mamanguape%20%7C%20Capacidade%3A%209.833,%2C00%20m%C2%B3%20%7C%20Munic%C3%ADpio%3A%20Areia&text=Per%C3%ADodo%3A,Gr%C3%A1ficos. Acesso em: 23 out. 2022.

AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; MACHADO, A. A.; CARVALHO, S. L. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. **Revista Científica ANAP Brasil**, Tupã, v. 6, n. 7, p. 137-150, 2013.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil.** Brasília: ANA, 2019.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 23th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, 2017.

ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.

ASSIS, Edvania Gomes de. **A salinidade das águas superficiais e sua interferência nas condições socioeconômicas na sub-bacia do Rio Caraibeiras – Curimataú Paraibano**. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2002.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1426.** Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water. West Conshohocken: ASTM, 2008

BAILÃO, E. F. C.; ZAGO, L. M. S.; SILVA, N. C.; MACHADO, K. B.; D'ABADIA, P. L.; OLIVEIRA, P. H. F.; NABOUT, J. C.; ALMEIDA, L. M. Urban Occupation Increases Water Toxicity of an Important River in Central Brazil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, Anápolis, v. 9, n.1, p. 73–86, 2020

BASTOS, A. T.; MATOS, F. R. N. Redes interorganizacionais: um meio para disseminação de práticas e conhecimentos sobre sustentabilidade. **Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**, Belém, v. 8, n. 2, p. 79-98, 2019.

BEZERRA, D. A; NOGUEIRA, E. R; ARAUJO, F. G. D. M; BRANDÃO, M. G. A; CHAVES, B. E; PANTOJA, L. D. M. Análise da potabilidade de água de chafarizes de dois bairros do município de Fortaleza, Ceará. **Revista Acta Biomedica Brasiliensia**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 24-34, 2017.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S.; GALLARDO, A.; BONECCARRERE, J.; SOUZA, T.; RONAN, C. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2.ed. São Paulo: Perarson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 20 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Orientações técnicas para coleta, acondicionamento e transporte de amostras de água para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Qualidade da Água para Consumo Humano cartilha para promoção e proteção da saúde.** Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde, 2006.

CADONÁ, E. A.; LOURENZI, R. C.; SOUZA, E. L.; RAMPINELLI, E. C.; SANTOS, M. L.; SETE, P. B.; SOARES, C. R. F. S. Contaminação por nitrogênio e fósforo de águas destinadas ao consumo humano em região com intensa atividade suinícola. **Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 883-891, 2018.

CASADO, J.; CALVO, D.; MONTEVERDE, E.; ALFONSO, P**.** Determinación del origen de los sulfatos disueltos en las aguas de la cuenca del Llobregat en el Bages. *In:* CONGRESO INTERNACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA AMBIENTAL PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y EL DESARROLLO, 3., 2013. Cardona**. Anais [...]**. Cardona, ISBN: 978-99920-1-769-2, 2013. p. 287-296.

CASARIN, F.; SANTOS, M. **Água:** o ouro azul, usos e abusos dos recursos hídricos. Rio de Janeiro: Garamond, 2011.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**: Apêndice E – Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. 2017. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade.pdf. Acesso em: 30 nov. 2022.

CMB - COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS. **Barragens e desenvolvimento:** um novo modelo para a tomada de decisões. 2000. Disponível em: https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/41/cmb_sumario.pdf. Acesso em: 20 nov. 2022.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **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. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 20 nov. 2022.

COSTA, D. P. **Análise da qualidade da água para fins de abastecimento público no Rio do Peixe, município de Lindóia-SP**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2021.

CRISPIM, D. L. **Caracterização físico-química preliminar das águas subterrâneas às margens oeste do centro da cidade de Pombal-PB.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal. 2013.

DODDS, W. K.; WHILES, M. R. **Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications of Limnology.** 3. ed. Cambridge: Academic Press, 2019.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMÉTRIO, J. G. A. **Hidrogeologia:** Conceitos e Aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM; LABHID, 2008.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI-FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ambientes aquáticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 22, p. 10-16, 2005.

FORTES, C. S.; GUEDES, M. R. A. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE NASCENTES NO MUNICÍPIO DE PIRAÍ/RJ. **Episteme Transversalis**, Volta Redonda, v. 13, n. 1, p. 287-304, 2022.

FRANÇA, C. L. E.; ANJOS, F. S. C.; ANJOS, D. S. C.; SOUZA, L. S. S.; SOUZA, R. S.; FINAZZI, G. A.; SILVA, A. M. C. Caracterização físico-química das águas superficiais do Rio São Francisco nos municípios de Juazeiro/BA e Petrolina/PE. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientai**s, Aracajú, v.10, n.6, p.218-230, 2019.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. 1. ed. Brasília: FUNASA 2014.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água.** 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.

LEIRA, M. H.; CUNHA, L. D.; BRAZ, M. S.; MELO, C. C. V.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 11-17, 2017.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à Química da água:** ciência, vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

LIU X.; SIMUNEK, J.; LI, L.; HE, J. Identification of sulfate sources in groundwater using isotope analysis and modeling of flood irrigation with waters of different quality in the Jinghuiqu district of China. **Environmental Earth Sciences**, Berlin, v. 69, n. 5, p. 1589-1600, 2013.

LUCAS, A. A. T.; MOURA, A. S. A; AGUIAR NETTO, A. O.; FACCIOLI, G. G; SOUSA, I. F. Qualidade da água no riacho Jacaré, Sergipe e Brasil usada para irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 2, p. 98-105, 2014.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 355-381, 2008.

MANJABOSCO, G. J.; SCHAFER, D. L.; HENKE, D. A.; COGO, F. SZYMANOWSKI, M.; GALIOTTO, R. Impacto ambiental causado pela atividade de piscicultura. *In:* SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28., 2021, Ijuí. **Anais [...]**. UNIJUÍ, 2021.

MEDEIROS FILHO, C. F. **Abastecimento de Água.** Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2015. Disponível em: https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-federal-de-uberlandia/abastec-de-agua-e-redes-de-esgoto/livro-abastecimento-de-agua/41950568. Acesso em: 20 nov. 2022.

MEDEIROS, G. O.; SILVA, W. S.; TOSTA, M. C. R. A água como entrave da piscicultura semi-intensiva no estado do Espírito Santo (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Recife, v. 10, n. 2, p. 259-280, 2022.

MORAIS, M. E. F.; MONTEIRO, M. F. G.; JÚNIOR, D. L. S.; AQUINO, P. E. A.; FERREIRA, S. S.; MARINHO, A. D.; SARAIVA, C. R. N.; LEANDRO, M. K. N. S.; LEANDRO, L. M. G.; da SILVA, R. O. M. Análise bacteriológica da água de um poço profundo localizado na zona rural de Penaforte-Ceará. **Revista Arquivos Científicos**, Macapá, v. 3, n. 2, p. 114-119, 2020.

MUBARAK, N.; HUSSAIN, I.; FAISAL, M.; HUSSAIN, T.; SHAD, M. Y.; ABDEL-SALAM, N. M.; SHABBIR, J. Spatial Distribution of Sulfate Concentration in Groundwater of South-Punjab, Pakistan. **Water Qual Expo Health**, CIDADE, v. 7, n. 3, p. 503-513, 2015.

NUGENT, M.; KAMRIM, M. A.; WOLFSON, L.; D'ITRI, F. M**.** Nitrate: a drinking water concern. **Water Quality Series**, 1988. Disponível em: https://archive.lib.msu.edu/DMC/extension_publications/wq19/wq19.pdf. Acesso em: 20 nov. 2022.

ONE, G. M. C. (org.). **Meio Ambiente:** Os desafios do novo cenário. João Pessoa: IMEA, 2022.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 68 p.

PEREIRA, S. F. P.; COSTA, A. C.; CARDOSO, E. S. C.; CORRÊA, M. S. S.; ALVES, D. T. V.; MIRANDA R. G. Condições de potabilidade da água consumida pela população de Abaetetuba-Pará. **Revista de estudos ambientais**, Blumenau, v.12, n. 1, p. 50-62, 2010.

POHLING, R. **Reações Químicas na Análise de Água**. Fortaleza: Arte Visual, 2009.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 353-362, 2009.

RODRIGUES, A. B. **Avaliação de risco da qualidade da água de abastecimento de um Hospital público regional de urgência e emergência**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

SANTOS, A. S. S. **Determinação de fósforo total em águas superficiais com o uso de imagens digitais obtidas por Smartphone.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Ambiental) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2018.

SCHAUTZ, L. C. A. **Avaliação da qualidade da água do Rio Dourados/MS: variáveis físico-químicas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015.

SHIKLOMANOV, I. A.; RODDA, J. C. (ed.). **World water resources atthe beginning of the twenty-first century**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 452 p.

SILVA, A. B.; SILVA, J. D. C.; MELO, B. F.; NASCIMENTO, R. F.; DUARTE, J. D. S.; SILVA FILHO, E. D. Análise microbiológica da água de bebedouros nas escolas públicas da cidade de Esperança/PB. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological,** Rio Branco, v. 6, n. 1, p. 15-26, 2019.

SILVA, Aline Gabrielle Gomes da. **Efeito da salinidade sobre ganho de peso e sobrevivência de tilápias vermelhas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

SILVA, D. C. V. R.; POMPÊO, M; PAIVA, T. C. B. A Ecotoxicologia no contexto atual no Brasil. *In:* Pompêo, M.; Moschini-Carlos, V.; Nishimura, P. Y.; Silva, S. C.; Doval, J. C. L. (org.). **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. 460 p.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SOUSA, S. S.; SILVA, W. S.; MIRANDA, J. A L.; ROCHA, J. A. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú-MA. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1615-1625, 2016.

SYKORA, V.; CLAVIJO, A.; CALVO, D.; KRONBERG, M. F.; DÍAZ, S.; GÓMEZ, C.; MUNARRIZ, E.; ROSSEN, A. Aplicación de bioensayos ecotoxicológicos para evaluar la calidad del agua del arroyo Cañuelas (Buenos Aires, Argentina). **Tecnología y ciencias del agua**, [s.l], v. 12, n. 1, p. 261-312, 2021.

TOMASSETTI, P.; GENNARO, P.; LATTANZI, L.; MERCATALI, I.; PERSIA, E.; VANI, D.; PORRELLO, S. Benthic community response to sediment organic enrichment by Mediterranean fish farms: Case studies. **Aquaculture**, Texas, v. 450, p. 262-272, 2016.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms.** 4 th ed. Washington, D.C.: USEPA, 2002. 335 p.

VASCONCELOS, M. A.; OLIVEIRA, I. B. Caracterização preliminar da qualidade da água subterrânea no estado da Bahia quanto aos teores de sulfato. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2016, Campinas. **Anais [...]**. Campinas, 2016.

VASCONCELOS, M. A.; OLIVEIRA, I. B. Especiação Química do Sulfato em Águas Subterrâneas do Domínio Hidrogeológico Sedimentar do Estado da Bahia-Brasil, utilizando o Método Tableau. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 256-266, 2018.

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**. 2005. Relatório de Estágio Supervisionado (Bacharelado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

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

WHO - World Health Organization. **Guidelines for drinking-water quality:** fourth edition incorporating the first addendum. 4. ed. Geneva: WHO, 2017.

ZANIBONI-FILHO, E.; PEDRON, J. S.; RIBOLLÍ, J. Opportunities and challenges for fish culture in Brazilian reservoirs: a review. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 30, e302, 2018.