INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIOGRANDE DO NORTE

LUANA LEE LIMA DA SILVA

RELAÇÃO ENTRE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA NA LAGOA DE EXTREMOZ – RN

NATAL

2023

LUANA LEE LIMA DA SILVA

RELAÇÃO ENTRE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E QUALIDADE DAÁGUA NA LAGOA DE EXTREMOZ - RN

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnóloga em gestão ambiental.

Orientadora: Profa. Ma. Ceres Virginia da Costa Dantas.

Coorientador: Prof. Dr. André Luis Calado Araujo.

NATAL

2023

Silva, Luana Lee Lima da.
S586r Relação entre uso e ocupação do solo e qualidade da água na Lagoa de Extremoz-RN / Luana Lee Lima da Silva. – 2023.
31 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.
Orientadora: Ma. Ceres Virgínia da Costa Dantas.
Coorientador: Dr. André Luis Calado Araújo.

1. Preservação permanente - Lagoa de Extremoz – Rio Grande do Norte. 2. Solo – Uso e ocupação. 3. Qualidade da água. 4. Cianobactérias - Indicadores fisico-químico. 5. Área de preservação ambiental. I. Título.

CDU 504.05

Catalogação na Publicação elaborada pela Bibliotecária Sandra Nery S. Bigois – CRB-15/439
Biblioteca Central Sebastião Fernandes (BCSF) – IFRN

LUANA LEE LIMA DA SILVA

RELAÇÃO ENTRE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E QUALIDADE DAÁGUA NA LAGOA DE EXTREMOZ – RN

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnóloga em gestão ambiental.

Orientadora: Prof. M.ª Ceres Virginia da Costa Dantas

Coorientador: Prof. Dr. André Luis Calado Araujo

Trabalho de conclusão de curso apresentado e aprovado em 14 /02/2023 pela seguinte Banca Examinadora:

Profa. Ma. Ceres Virginia da Costa Dantas

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. André Luis Calado Araujo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Profa. Dra. Dayana Melo Torres

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Luiz Eduardo Lima de Melo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

AGRADECIMENTOS

Nessa etapa final, gostaria de agradecer primeiramente a Deus por me dar saúde e força para não desistir, e conseguir meu objetivo final, a produção desse trabalho e a conclusão do curso de Gestão Ambiental.

Gostaria de agradecer as professoras da minha vida, minha Mãe Luzimar, e minha Tia Antonia, obrigada por sempre acreditarem em mim, ser amparo e resiliência, por me incentivarema estudar, serem minha maior torcida e vibrar cada conquista minha.

Do início ao fim, eu não tive dúvidas que escolhi a melhor professora do curso para ser minha orientadora. Ceres foi mais que uma orientadora, foi amiga, e soube me conduzir em todo processo fazendo com que tudo fosse mais leve. Obrigada por toda paciência, cuidado e por me incentivar no processo do mestrado, você foi essencial nessa conquista.

Também gostaria de agradecer ao meu coorientador, André Calado, obrigado por toda orientação nas análises estatísticas, e por também ser um excelente professor durante o curso. Obrigada ao professor Luiz, meu orientador de estágio, por toda orientação, e por também ter sido um professor incrível no curso. Desde já agradeço a professora Dayana, por ter aceitado fazer parte da minha banca, saiba que você é inspiração na área de saneamento.

Durante o curso de Gestão Ambiental, encontrei professores que me acolheram e contribuíram de forma significativa para minha trajetória no curso, agradeço aos professores Samir Cristino e Maurílio Gadelha por ter tido a oportunidade de estar com vocês em três projetos de pesquisa.

A CAERN, pela autorização dos dados para contribuir com o estudo desse trabalho, e por todo conhecimento adquirido ao longo do meu estágio na ETA Extremoz. Obrigada a Jean Anjo e Grazielly Witte, por todo apoio e incentivo, vocês foram essenciais nessa caminhada.

Agradeço a Matheus Fortunato por todo apoio durante o curso, por ser cuidado, amparo e calmaria, por me ajudar na produção dos mapas deste trabalho, sua ajuda foi essencial para atingir um dos objetivos, meu muito obrigado a você e sua família por me incentivarem sempre.

Agradeço a minha parceira de curso, estágio, a amiga que ganhei e levarei pra vida, Analu, sem você essa caminhada não seria a mesma, obrigada por estar sempre ao meu lado, torcendo por mim e sendo incrível. Fora do IF, também tive uma rede de apoio dos melhores amigos, que posso contar sempre e são fonte de inspiração: Rayssa Fernandes, Sarah Santos, Amanda Nobre, Larissa Macedo, Amanda Vieira, Mariana Guerra, Matheus Massinelli, Bianca Araújo, Vitória Anolino, Raquel Marinho e Jacimaria Soares, muito obrigada.

RESUMO

É um desafio manter a quantidade e qualidade dos mananciais de abastecimento diante do uso e ocupação do solo por atividades antrópicas. É necessário uma gestão e monitoramento dos recursos hídricos, em conjunto com o zoneamento, delimitado a partir do Plano Diretor de cada município. Na lagoa de Extremoz, observa-se o uso e ocupação do solo dentro de área protegida, o que implica na alteração do estado trófico do corpo d'água, causando o surgimento de cianobactérias, produtoras de toxinas. O objetivo geral deste estudo foi relacionar a qualidade da água na lagoa de Extremoz, ao longo de quatro anos (2018 a 2021), com a evolução do uso e ocupação do solo no seu entorno. Para tanto, foram utilizados dados de monitoramento da qualidade da água da CAERN e, na avaliação do uso e ocupação do solo, a elaboração de mapas gerados com as ferramentas do Google Earth e o Qgis. A partir da elaboração dos mapas de ocupação e cobertura do solo na área de estudo, pôde-se constatar a diminuição da área total da lagoa de Extremoz e aumento da área alagada ao longo dos anos, além do crescimento das atividades antrópicas, bem como, a evidência de um processo de eutrofização em curso. É importante considerar que a lagoa é um ecossistema que necessita ser conservado, pois se trata de um manancial de abastecimento para população de Natal, além de ser fonte de recursos para atividades de carcinicultura e agricultura.

Palavras-chaves: Cianobactérias; Uso e ocupação do solo; Lagoa de Extremoz; Manancial superficial.

ABSTRACT

It is a challenge to maintain the quantity and quality of water supply sources in the face of land use and occupation by human activities. Management and monitoring of water resources are necessary, along with zoning, delimited from the Master Plan of each municipality. In the Extremoz lagoon, land use and occupation within a protected area are observed, which implies changes in the trophic state of the water body, causing the emergence of cyanobacteria, producers of toxins. The general objective of this study was to relate the water quality in the Extremoz lagoon, over a four-year period (2018 to 2021), to the evolution of land use and occupation in its surroundings. To do so, water quality monitoring data from CAERN were used, and in the assessment of land use and occupation, maps generated with Google Earth and Qgis tools were used. From the elaboration of occupation and land cover maps in the study area, a decrease in the total area of the Extremoz lagoon and an increase in the flooded area over the years were verified, as well as the growth of human activities, and evidence of an ongoing eutrophication process. It is important to consider that the lagoon is an ecosystem that needs to be conserved, as it is a water supply source for the population of Natal, as well as a source of resources for shrimp farming and agriculture.

Keywords: Cyanobacteria; Land use and occupation; Extremoz lagoon; Surface water source.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9

2 OBJETIVOS 11

3 REFERENCIAL TEÓRICO 12

4 METODOLOGIA 15

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 15

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 16

4.2.1 Indicadores de qualidade da água: obtenção dos dados físico-químicos, de cianobactérias e do Índice do Estado Trófico (IET) 16

4.2.2 Avaliação do uso e ocupação da Lagoa de Extremoz 17

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 19

5.1 INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA E DA PRESENÇA DE CIANOBACTÉRIAS 19

5.2 ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO 23

5.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 24

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 30

7 REFERÊNCIAS 31

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, 43% dos municípios são abastecidos, exclusivamente, através de mananciais superficiais, enquanto 14% possuem abastecimento misto, com uso do manancial superficial, atendendo cerca de 156 milhões de habitantes, o que corresponde a 85% da população urbana. No Rio Grande do Norte, 51% do abastecimento é feito por meio, exclusivo, de mananciais superficiais, e 44% é, exclusivamente, por subterrâneos, sendo que os 5% restantes utilizam ambos os mananciais, lembrando que 90% do seu território correspondem ao semiárido nordestino (ANA, 2021).

Os mananciais sofrem a pressão das atividades antrópicas, que causam complicações com a água destinada ao abastecimento. Atividades agrícolas, a drenagem pluvial urbana, e o lançamento de esgotos, são exemplos de atividades que provocam a elevação na concentração de nutrientes no corpo d'água, favorecendo o crescimento excessivo de plantas aquáticas, conhecido como processo de eutrofização (ANA, 2005).

Um corpo d'água com poluição aquática tem o aumento das florações de microalgas e cianobactérias, produtoras de cianotoxinas, letais para o homem e os animais, além de gerar dificuldades para os processos de tratamento de água, a fim de garantir sua potabilidade. Dessa forma, os procedimentos de controle e monitoramento dos mananciais são uma ferramenta básica e fundamental, para melhorar a gestão e a governança dos recursos hídricos (SANTOS *et al.*,2022).

A área do entorno da lagoa de Extremoz é considerada uma Área de Preservação Permanente (APP), descrita mediante a lei nº12. 651/2012, no qual estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, descrita no Art. 3º da seguinte forma: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humana.

A Lagoa de Extremoz, área referente a esse estudo, está localizada na Região Metropolitana de Natal. Fornece água para atender às sedes urbanas de Natal, Extremoz e São Gonçalo do Amarante, através da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Extremoz. Tal Estação fornece uma vazão de água tratada de, cerca de, 1,3 m^3/s à região (ANA, 2021).

Em Extremoz, de acordo com o seu Plano Diretor, de 2006, no Art. 100: "Considera-se de preservação permanente a faixa marginal de 30,00m (trinta metros) ao longo dos rios e ao redor das lagoas, a partir das suas cotas mais altas".

Além disso, não é permitido o parcelamento do solo, diante o Art.146, III: a faixa de 50,00m (cinquenta metros), a partir de leito maior de curso de água e das margens de lagoas, gamboas e mangues, medidas em seu nível máximo normal, em prejuízo da conveniência de maior afastamento que venha a ser exigido em função de estudos relativos a áreas determinadas.”

Apesar do zoneamento apresentado no Plano Diretor do município e legislação vigente, o uso do solo no entorno da lagoa para atividades agropecuárias, industrial e urbana provocou a redução da qualidade do solo, o qual compromete, diretamente, a qualidade da água da lagoa, devido ao enriquecimento de nutrientes e a presença de metais pesados (FARIA, 2013).

Esse trabalho justifica-se devido à importância da preservação da qualidade e quantidade da água para abastecimento humano, essencial para o desenvolvimento social e econômico de uma região. Pode, igualmente, contribuir no processo de planejamento estratégico e gestão eficiente dos recursos hídricos locais.

2 OBJETIVOS

Este trabalho teve, como objetivo geral, relacionar a qualidade da água na lagoa de Extremoz, ao longo do período de 2018 a 2021, com a evolução do uso e ocupação do solo no seu entorno.

São objetivos específicos da pesquisa:

1) Apresentar dados sobre indicadores de qualidade da água: físico-químicos, cianobactérias, Índice de Estado Trófico, relativos aos anos de 2018, 2019, 2020 e 2021.
2) Identificar as principais atividades humanas desenvolvidas, no entorno da lagoa, nos anos de 2002, 2012 e 2022.
3) Analisar, comparativamente, nos anos de 2002, 2012 e 2022, os cenários de uso e ocupação do solo no entorno da Lagoa de Extremoz.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A água é um direito de todos, e sua disponibilidade é imprescindível para a qualidade da vida humana (ONU, 2010). Além de ser um recurso natural limitado, a água é um bem de domínio público, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997), devendo ter sua gestão de forma descentralizada, seguindo legislações de âmbito nacional e estadual.

O Brasil possui cerca de 12% dos recursos hídricos do mundo, distribuídos entre rios, lagos, reservatórios e aquíferos. Mesmo contendo a maior reserva hídrica mundial, as proporções são diferentes nas diferentes regiões do país, enquanto o Nordeste contém a menor proporção de águas, possuindo apenas 8% do valor total, a Amazônia detém 70% (ANA, 2021).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) define, entre seus objetivos: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (BRASIL, 1997). E o Plano Nacional de Recursos Hídricos, de 2022 a 2040, prevê em suas macrodiretrizes, a ampliação da cobertura de tratamento de esgotos como uma das principais medidas de proteção dos mananciais de abastecimento (BRASIL, 2022).

De acordo com a Portaria GM/SM nº888 de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, em seu Art. 42, explicitam que: “os responsáveis por sistemas de abastecimento de água (SAA) devem analisar pelo menos uma amostra semestral da água bruta em cada ponto de captação com vistas a uma gestão preventiva de risco.” (BRASIL, 2021).

Os parâmetros a serem analisados estão de acordo com o § 1º da referida Portaria: “Nos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, supridos por manancial superficial, devem realizar análise dos parâmetros Demanda Química de Oxigênio(DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos”. Além disso, determina que, quando a contagem de cianobactérias exceder 20.000 cel/ml, a análise de cianotoxinas deve ocorrer semanalmente (BRASIL, 2021).

É observado que as florações de cianobactérias que produzem cianotoxinas, se dãopelo fato de uma área receber, de forma desordenada, efluentes de ações antrópicas, como

esgotos e fertilizantes de áreas agrícolas. O contato humano com as cianotoxinas se dá pelo uso da água contaminada, seja através de atividades recreativas, ou pelo consumo de água de abastecimento que não passou por um tratamento adequado (CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006).

O Índice do Estado Trófico (IET) corresponde a uma classificação dos corpos d'água em diferentes graus de trofia. A partir do enriquecimento por nutrientes, ocorre o crescimento excessivo de algas, afetando a qualidade da água, e o índice determina qual a qualidade e se há interferências para uso do corpo d' água (IGARN, 2023). A classificação é da seguinte forma:

- Ultraoligotrófico: corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa, com concentrações insignificantes de nutrientes, que não geram prejuízos aos usosda água.
- Oligotrófico: corpos d'água limpos, de produtividade baixa, mas a concentração presente de nutrientes não ocasiona interferência aos usos da água.
- Mesotrófico: corpos d'água de produtividade intermediária, com possíveis interferências sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
- Eutrófico: corpos d'água de alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, alterações indesejáveis na qualidade da água, decorrentes do aumento da concentração de nutrientes, provenientes de atividades antrópicas.
- Supereutrófico: corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, com frequência de alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, ocasionando interferência na qualidade e no uso da água.
- Hipereutrófico: corpos d'água com elevadas concentrações de matéria orgânicae nutrientes, ocorrência de episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, como as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas (IGARN, 2023).

Segundo a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) resolução N° 357, nº VIII, as cianobactérias são classificadas da seguinte forma: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de

ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde (CONAMA, 2005).

O documento técnico-jurídico da gestão do espaço urbano consiste no plano diretor, que deve conter o zoneamento do município, incluindo o adensamento, expansão territorial, definição de zonas de uso de solo e redes de infraestrutura, conforme o Estatuto das Cidades, lei nº 10.257 de 2001 (BRASIL, 2001).

Conforme a Resolução CONAMA nº 303/2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, “considera-se dever do Poder Público e dos particulares, preservar a biodiversidade, notadamente a flora, a fauna, os recursos hídricos, as belezas naturais e o equilíbrio ecológico, evitando a poluição das águas, solo e ar” (CONAMA, 2002).

4 METODOLOGIA

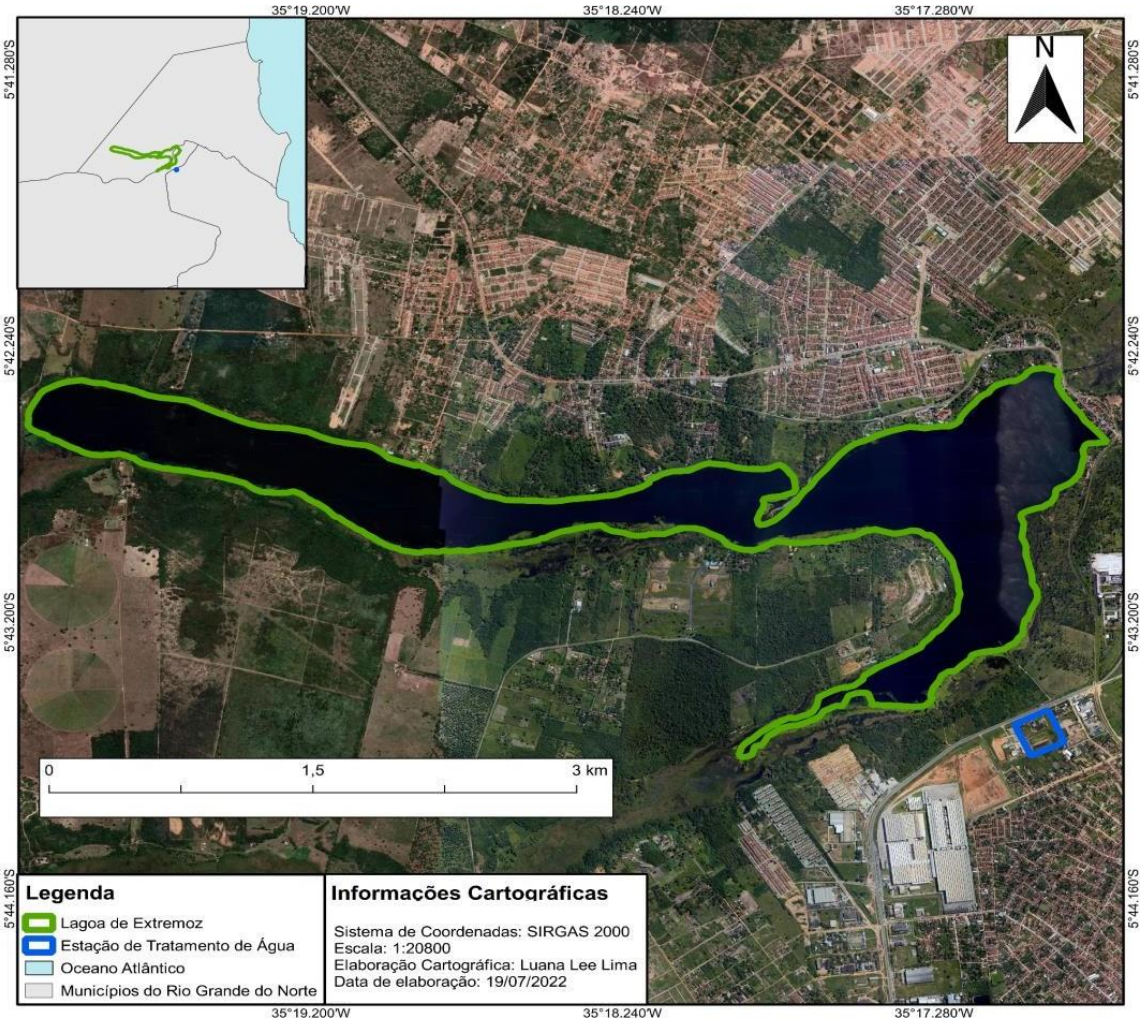
Essa pesquisa se caracterizou como sendo do tipo exploratória, descritiva e explicativa, sendo realizada por meio de pesquisa bibliográfica, documental, experimental e de campo. Este tipo de abordagem possibilita a testagem de hipóteses, que podem ser estabelecidas antes e durante o estudo, além da identificação dos processos de relação de causa e efeito das variáveis que cercam o fenômeno estudado (GIL, 2008).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O manancial estudado refere-se à Lagoa de Extremoz (LE), localizada, em sua maior parte, no município de Extremoz, possuindo uma área que se encontra localizada no município vizinho, de São Gonçalo do Amarante. É um manancial com extensão de 7,5 km e área de 4,284 km², sendo um afloramento freático que recebe água dos Rios Doce e Guajiru. Possui as seguintes profundidades: máxima: 9,26m; mínima: 0,82m; média: 4,2m. Tem capacidade total de acumulação de 14.659.848m³. Na lagoa, existe um ponto de captação da CAERN, que encaminha a água bruta com vazão de 750 l/s para a chegada da Estação de Tratamento de água (ETA), que fornece uma vazão de, cerca de, 1,3 m³/s de água tratada.

No mapa 01, a seguir, é mostrada a localização da lagoa, no município de Extremoz, com destaque para a sua área e localização da ETA (em azul).

Mapa 01 – Localização da Lagoa de Extremoz e da ETA de mesmo nome.



Fonte: Elaboração própria em 2023.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para consecução dos objetivos, foram levantadas informações para fins de caracterização da lagoa, da área do seu entorno e da qualidade de sua água, conforme descrito nos itens a seguir.

4.2.1 Indicadores de qualidade da água: obtenção dos dados físico-químicos, de cianobactérias e do Índice do Estado Trófico (IET)

Foram disponibilizados, pela Companhia de Águas e Esgotos do RN (CAERN), dados de parâmetros físico-químicos e de cianobactérias da água, obtidos através de amostras coletadas na adutora de água bruta, com frequência mensal ao longo dos anos 2018 a 2021. Para discutir a qualidade da água, foram escolhidos os seguintes parâmetros físico-químicos: Cor aparente (uC), Nitrato (mg/LN), Ferro total (mg/L Fe), Turbidez (uT) e pH; além da ocorrência de cianobactérias (células/ml).

Após os dados serem coletados, foram compilados para o Excel e, em seguida, foram elaborados gráficos, para possibilitar uma melhor visualização das alterações na qualidade da água ao longo dos anos.

De forma complementar, também, foram obtidos, a partir do *site* do Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), os dados do índice trófico da Lagoa de Extremoz, relativo aos anos de 2018, 2019 e 2021. No ano de 2020, não foi realizada a análise do índice, devido ao período de pandemia. A classificação dos estados tróficos corresponde à produtividade de algas e concentrações de nutrientes.

4.2.2 Avaliação do uso e ocupação da Lagoa de Extremoz

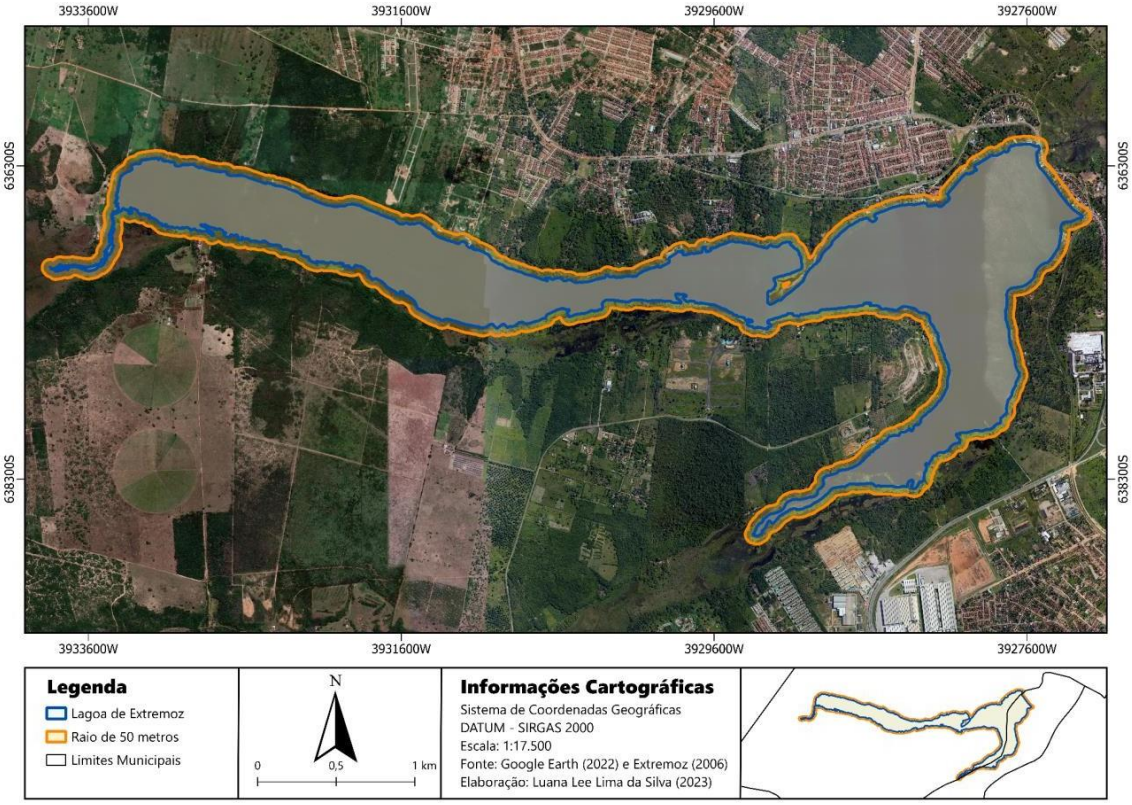
Para identificação dos principais tipos de uso e ocupação existentes na lagoa, utilizou-se de representação cartográfica. Duas ferramentas de licença aberta foram usadas, sendo a primeira o *Google Earth*, para desenho das feições que, posteriormente, formariam as camadas dos projetos, e a segunda, o *software* livre de Sistema de Informação Geográfica, QGIS, em sua versão 3.16.4.

Com finalidade de cumprir o objetivo proposto em completude, inicialmente, estabeleceu-se uma faixa de proteção de 50 metros de largura em relação à margem da lagoa, considerando o Plano Diretor do município de Extremoz, que estabelece a não permissão do parcelamento do solo dentro dessa área (EXTREMOZ, 2006). A partir da feição criada da LE de 2022, utilizou-se, no QGIS, da ferramenta *buffer* para criação de área poligonal em torno do *shape* criado da lagoa. Na geração da área, criou-se uma nova camada para a distância estabelecida. Assim, os mapas foram construídos partindo de três anos, com intervalos de 10 anos: 2002, 2012 e 2022, um intervalo grande para comparar melhor o uso e ocupação do solo. Para comparativo de mudanças ocorridas na lagoa, no período estabelecido, fixou-se o raio de 2022.

Foram identificadas cinco tipos de categorias durante o desenho das feições no Google Earth: 1. Áreas Alagadas - Consistem em áreas próximas à lagoa que não estão totalmente cobertas por água; 2. Vegetação - Áreas de flora, naturais ou não; 3. Agricultura - Sem identificação específica do tipo de plantio; 4. Área edificada - Casas, sítios, fazendas e hotéis existentes; e 5. Vias de acesso - Estradas, rodovias e linhas de trem próximas.

No mapa 02, a seguir, encontra-se delimitada, em “azul”, a área da lagoa de Extremoz no ano de 2022 e, em “laranja”, a faixa de proteção de 50 metros, correspondente à Área de Preservação Permanente.

Mapa 02 – Delimitação, segundo o Plano Diretor de Extremoz, da área da Lagoa de Extremoz e da faixa de proteção da Área de Preservação Permanente.



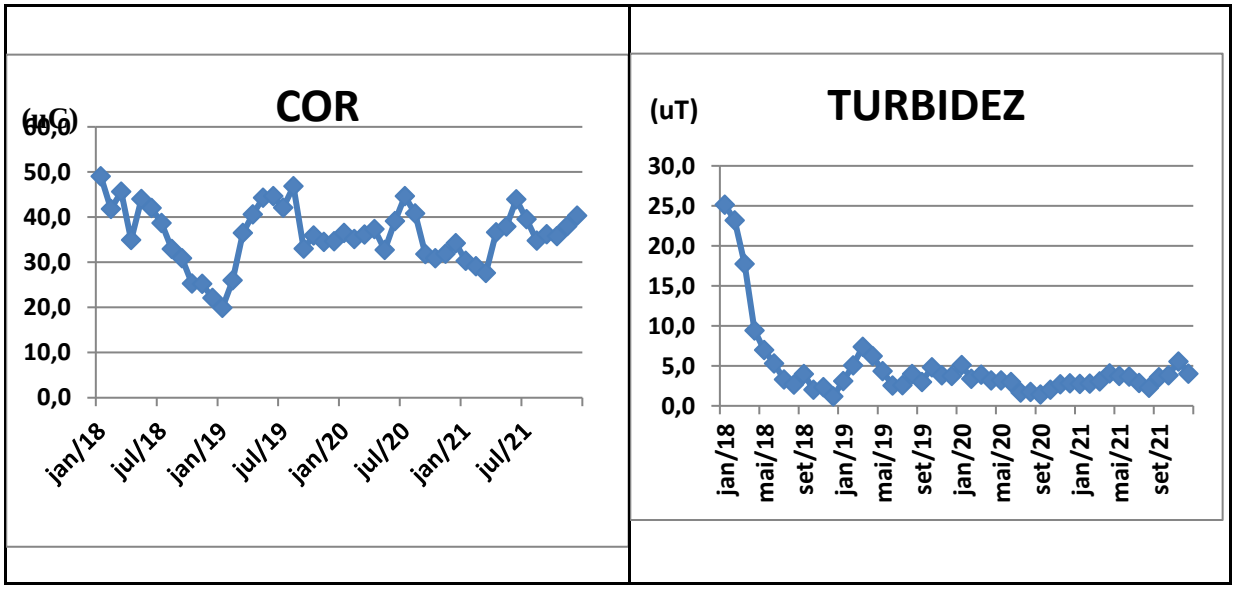
Fonte: Elaboração própria em 2023.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA E DA PRESENÇA DE CIANOBACTÉRIAS

Os dados físico-químicos de Cor aparente (uC), Nitrato (mg/LN), Ferro total (mg/L Fe), Turbidez (uT), e pH, no período analisado, não mostraram uma variação significativa ao longo dos anos, conforme apresentado na figura 01. Pode-se observar, nos gráficos de linhas, uma tendência de valores maiores, em períodos específicos do ano, para alguns indicadores.

Figura 01 – Gráficos descrevendo o comportamento da "cor aparente" e da "turbidez" ao longo do período de estudo.



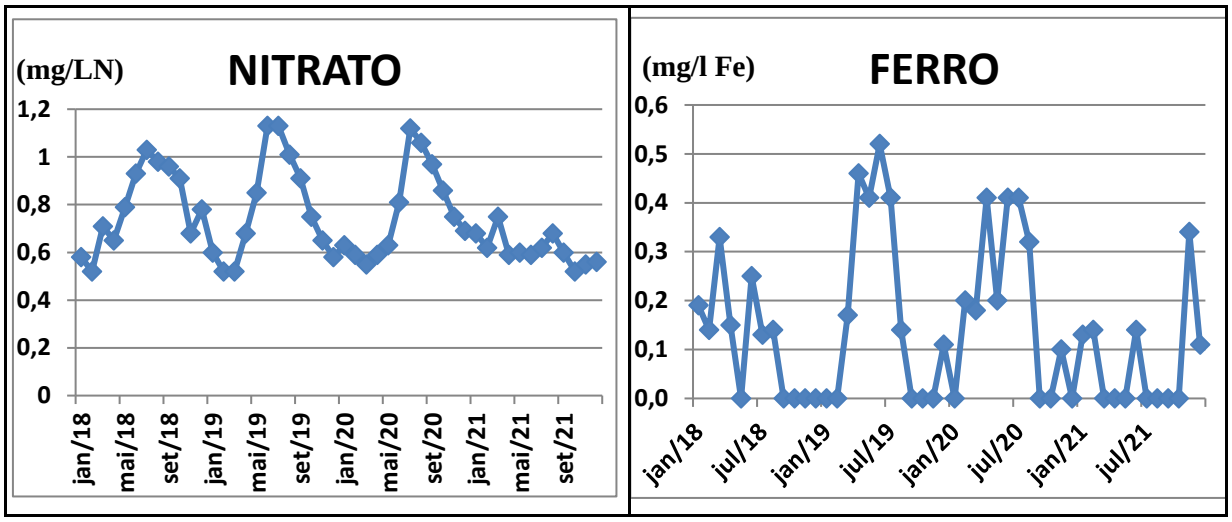
Fonte: Elaboração própria em 2023.

Nos meses de abril a julho, identificou-se, em todos os anos estudados, que a cor apresentou uma elevação do seu resultado, e esse fato pode estar associado ao período de chuvas. Segundo dados Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), em 2019, abril foi o mês com maior precipitação de chuvas, além disso, o período chuvoso é de março a julho.

Observando os dados de turbidez, constam valores parecidos ao longo de todo o período de estudo, tendo uma maior discrepância no ano de 2018, comparado com o restante dos anos, onde encontrou-se um valor de 25,0 (uT) em janeiro do referido ano, o que pode indicar um erro de análise.

Na figura 02, a seguir, são apresentados os resultados para nitrato e ferro.

Figura 02 – Gráficos descrevendo o comportamento do “nitrato” e do “ferro” ao longo do período de estudo.

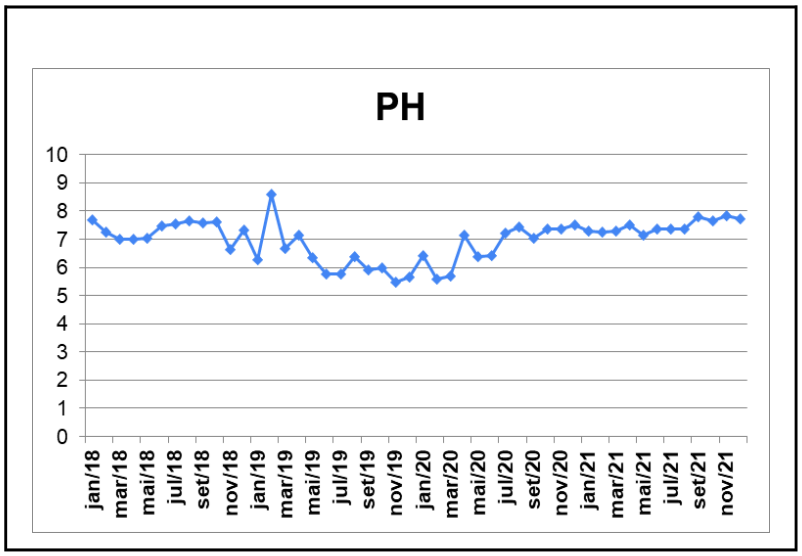


Fonte: Elaboração própria em 2023.

O nitrato apresentou uma taxa de crescimento nos meses de abril a agosto, podendo estar associado, também, ao período chuvoso. A variável “ferro” não apresentou uma tendência ao longo dos anos, apenas o período chuvoso causou variação entre abril e julho.

A variável “pH” não apresentou uma tendência de crescimento nos anos estudados, sendo o menor valor encontrado de 5,49, em dezembro de 2019, e o máximo foi de 8,6, também, em fevereiro de 2019, como mostra a figura 03.

Figura 03 – Gráfico descrevendo o comportamento do “pH” ao longo do período de estudo.

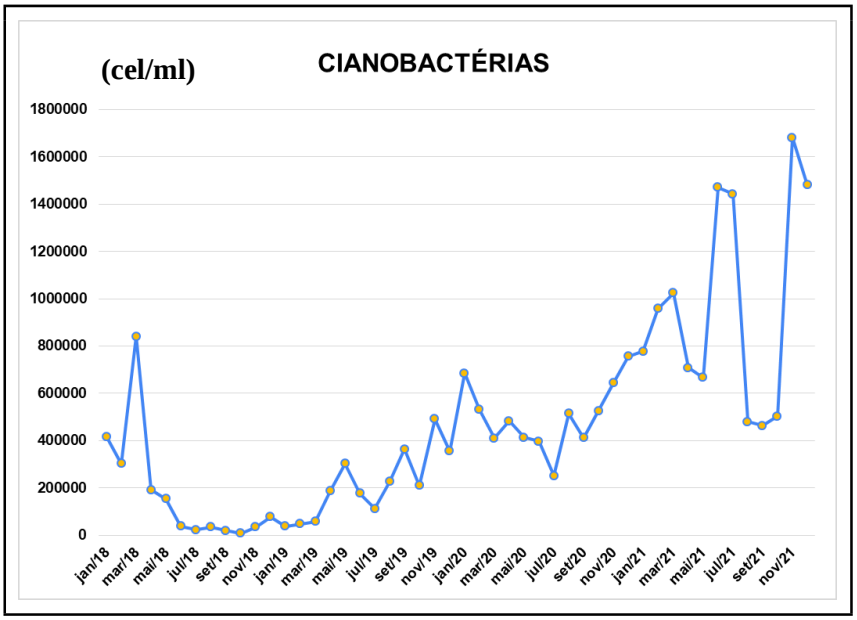


Fonte: Elaboração própria em 2023.

A seguir, na figura 04, são apresentados os resultados obtidos para cianobactérias.

Figura 04 – Gráfico descrevendo o comportamento das cianobactérias ao longo do período

de estudo.



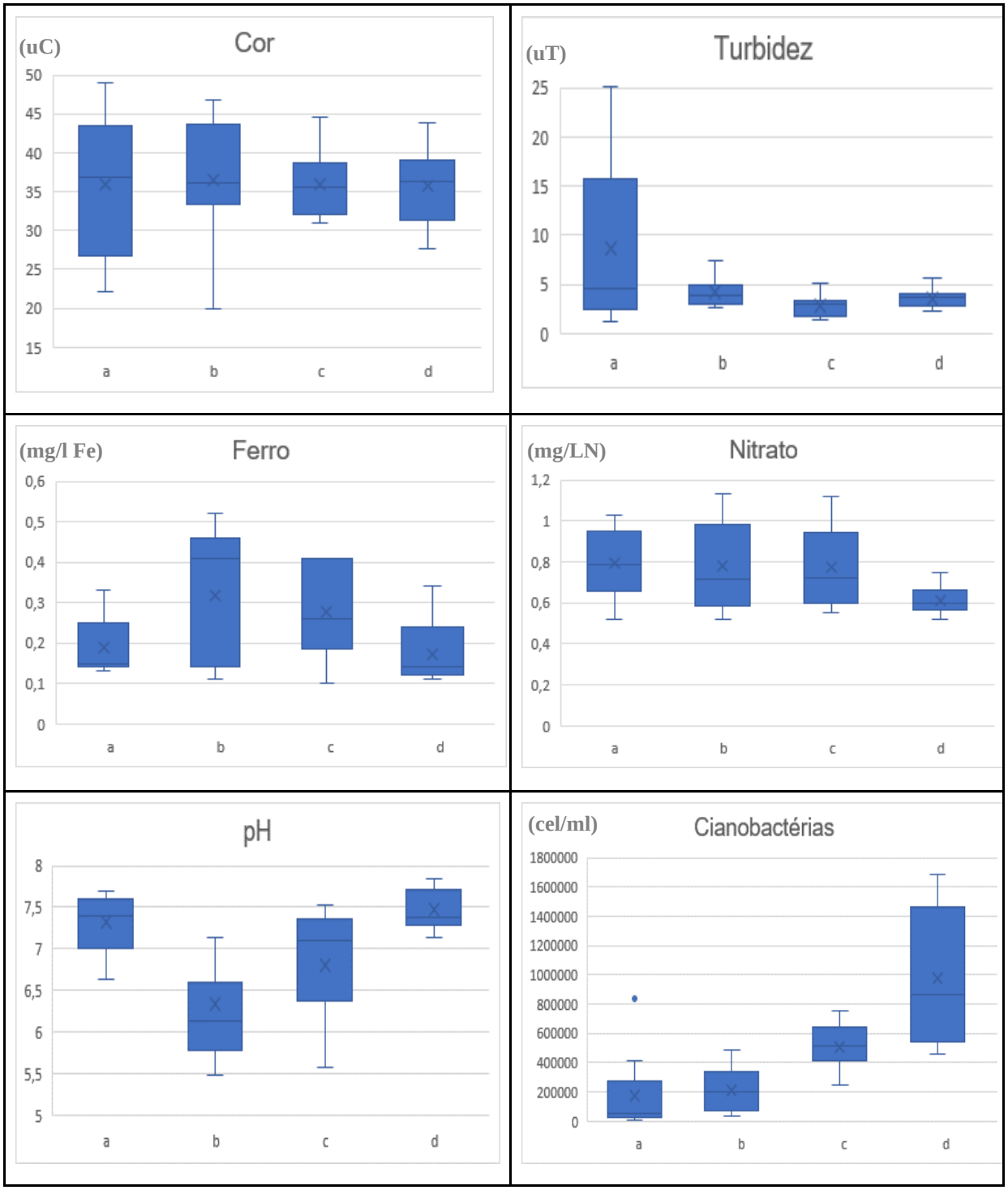
Fonte: Elaboração própria em 2023.

Os resultados de cianobactérias apontam para um crescimento ao longo dos anos estudados. Em 2018, a média anual da contagem de células era 178.078,5 cel/ml; em 2019, passou para 213.939,41 cel/ml; em 2020, esse número duplicou, com média de 461.668,33 cel/ml; e, por fim, em 2021 esse valor chegou a 971.682,38 cel/ml. O aumento de cianobactérias está associado, diretamente, com o estado trófico da água: o aporte de nutrientes, provenientes de despejos de atividades antrópicas (sanitários, agrícolas e industriais) favorece a proliferação das microalgas.

Destaca-se, também, que a presença de microalgas deteriora a qualidade da água para fim de abastecimento humano, provocando um maior esforço para a Estação de Tratamento de água tratar essa água para fins potáveis.

A seguir, na figura 05, são apresentados os valores médios, mínimos e máximos para cada parâmetro estudado, com destaque para a amplitude de variação do conjunto de dados.

Figura 05 – Gráficos mostrando os valores médios, mínimos e máximos encontrados para os parâmetros estudados nos anos de: 2018 (a), 2019 (b), 2020 (c) e 2021 (d).



Fonte: Elaboração própria em 2023.

Observou-se que a Cor e Turbidez apresentaram médias parecidas em todos os anos estudados, não havendo acréscimo ou redução de tais indicadores no período. No ano de 2021, a Cor apresentou um valor máximo de 44,0 uC e a Turbidez, um máximo de 6,0 uT no

mesmo ano.

Analisando o gráfico para pH, observa-se que não há um comportamento de aumento ou redução ao longo do período estudado. O indicador de cianobactérias, por sua vez, pode ser tomado como o mais expressivo, pois, observa-se que, ao longo dos anos, o número de células cresce visivelmente, chegando a triplicar em 2021, em relação a 2018.

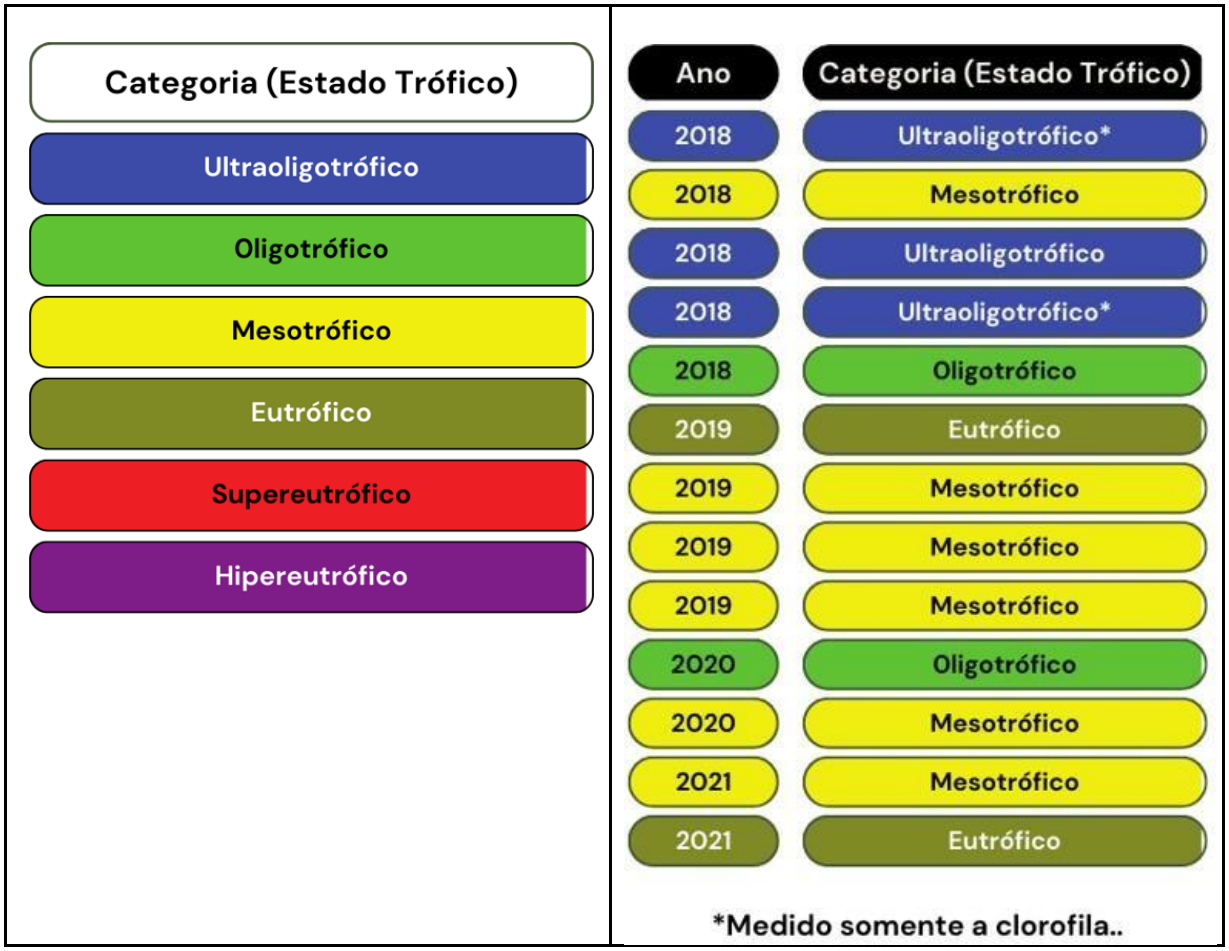
5.2 ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO

O estado trófico da lagoa está diretamente relacionado com o comportamento das variáveis de qualidade de sua água. De acordo com os dados do Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN), o estado trófico da lagoa, de 2018 a 2021, vem se deteriorando.

Constatou-se, no estudo, a existência de uma correlação direta entre o resultado de IET obtidos pelo IGARN, e os dados sobre as concentrações de cianobactérias determinadas pela CAERN, apresentados na seção anterior (figura 04), o que evidencia a ocorrência de um processo de eutrofização no ambiente em estudo. Em 2018, foram identificados os menores valores de células de cianobactérias, e o estado trófico identificado foi o “ultraoligotrófico”. Já, em 2021, o número de células triplicou, e o resultado obtido pelo IGARN apontou para as categorias “mesotrófico” e “eutrófico”, que apresentam riscos ao manancial.

Na figura 06, a seguir, estão elencados os resultados do monitoramento de IET durante os anos de estudo, e as faixas de estado trófico, determinadas a cada ano, representadas por cores.

Figura 06 – Classificação do Índice do Estado Trófico (IET) para a lagoa de Extremoz, ao longo do período de 2018 a 2021.

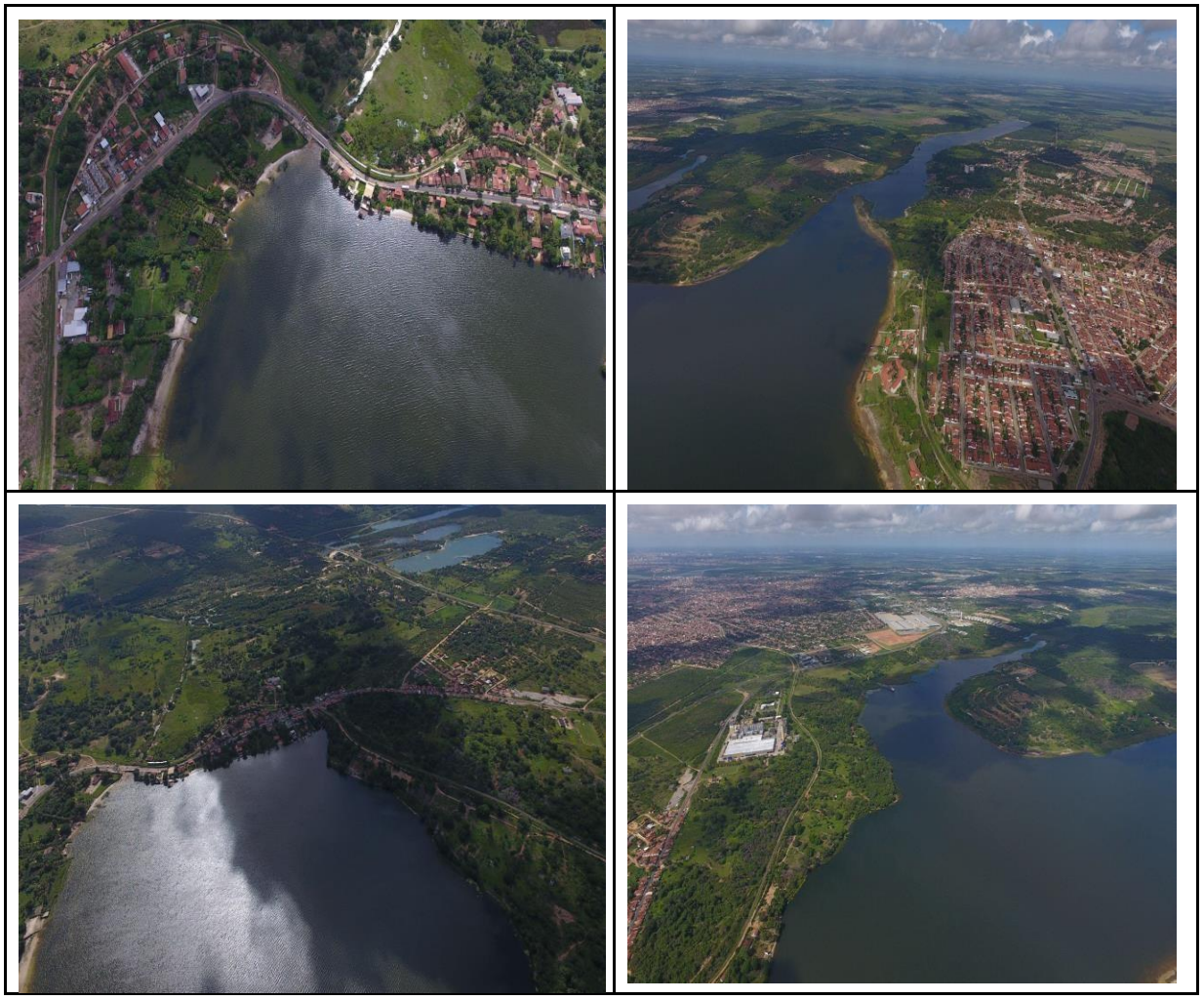


Fonte: IGARN (2023).

5.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Por meio de imagens aéreas obtidas no ano de 2017, fornecidas pelas CAERN, pode-se ver como as ocupações existentes são próximas à margem da lagoa, sem respeitar as legislações vigentes. São encontradas atividades de agricultura, residências, e áreas de banhistas, como balneários, conforme pode ser visto na figura 07, a seguir.

Figura 07 – Imagens aéreas da lagoa de Extremoz no ano de 2017.



Fonte: CAERN (2017).

Em imagens de 2022, na figura 08, observa-se, na área próxima ao ponto de captação, o aumento das florações de algas e, consequentemente, da multiplicação de cianobactérias. Essa imagem serve para evidenciar a ocorrência do processo de eutrofização na área, causado pelo enriquecimento de nutrientes, provenientes de atividades antrópicas, podendo apresentar futuros problemas ao sistema de captação da CAERN.

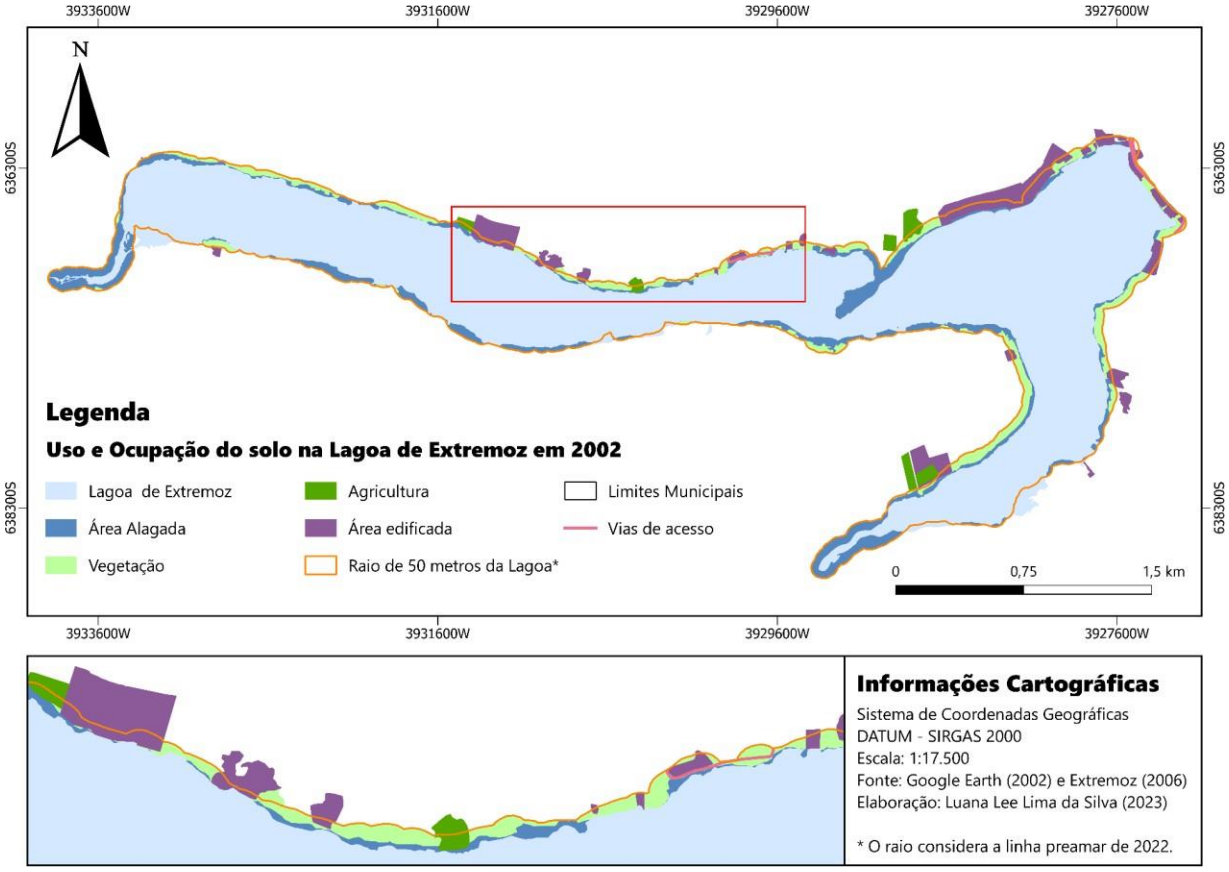
Figura 08 – Imagens aéreas da lagoa de Extremoz no ano de 2022.

Fonte: MELO (2022).

A seguir, os mapas 03,04 e 05 mostram os cenários de uso e ocupação do solo encontrados na paisagem do entorno da lagoa, nos anos de 2002, 2012 e 2022, destacando a Área de Preservação Permanente e a ocupação do solo.

Dos três anos utilizados para análise, em 2002 (mapa 03), a Lagoa apresentava uma maior área, com 3,58 Km², e a menor área alagada, dentro da faixa de proteçao de 50 metros estabelecida: 0,36 Km². Observa-se uma maior presença de vegetação nativa e uma menor presença de agricultura. A área de banhistas, presente nos mapas de 2012 e 2022, ainda não é evidente na imagem de satélite analisada, o que levou a não estar presente no mapa. As edificações presentes nas porções Norte e Nordeste mostram que foram construídas e consolidadas em décadas anteriores a 2002, havendo poucas alterações em relação aos dois anos seguintes.

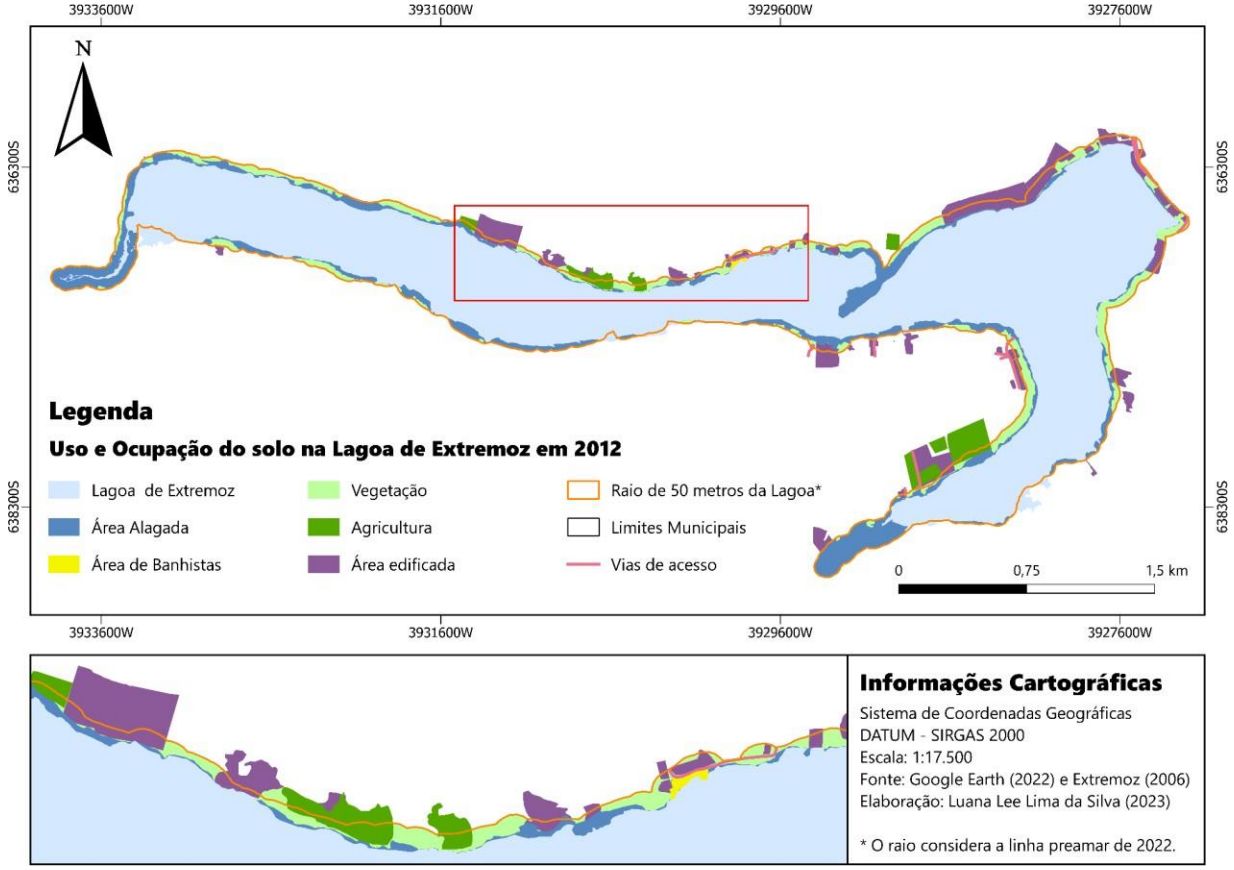
Mapa 03 – Situação do uso e ocupação do solo na Lagoa de Extremoz, no ano de 2002.



Fonte: Elaboração própria em 2023.

No ano de 2012 (mapa 04), a lagoa era maior que em 2022, com área de 3,47 Km² e, por consequência, apresentava uma área alagada menor, com 0,44 Km². Porções localizadas a Noroeste e Sudeste da Lagoa, mostram a mesma atravessando os limites fixados do raio de 50 metros, partindo dos limites da lagoa em 2022. Por outro lado, o nível de ocupação chega a ser maior, no que diz respeito à agricultura e edificações, em comparação ao ano mais recente.

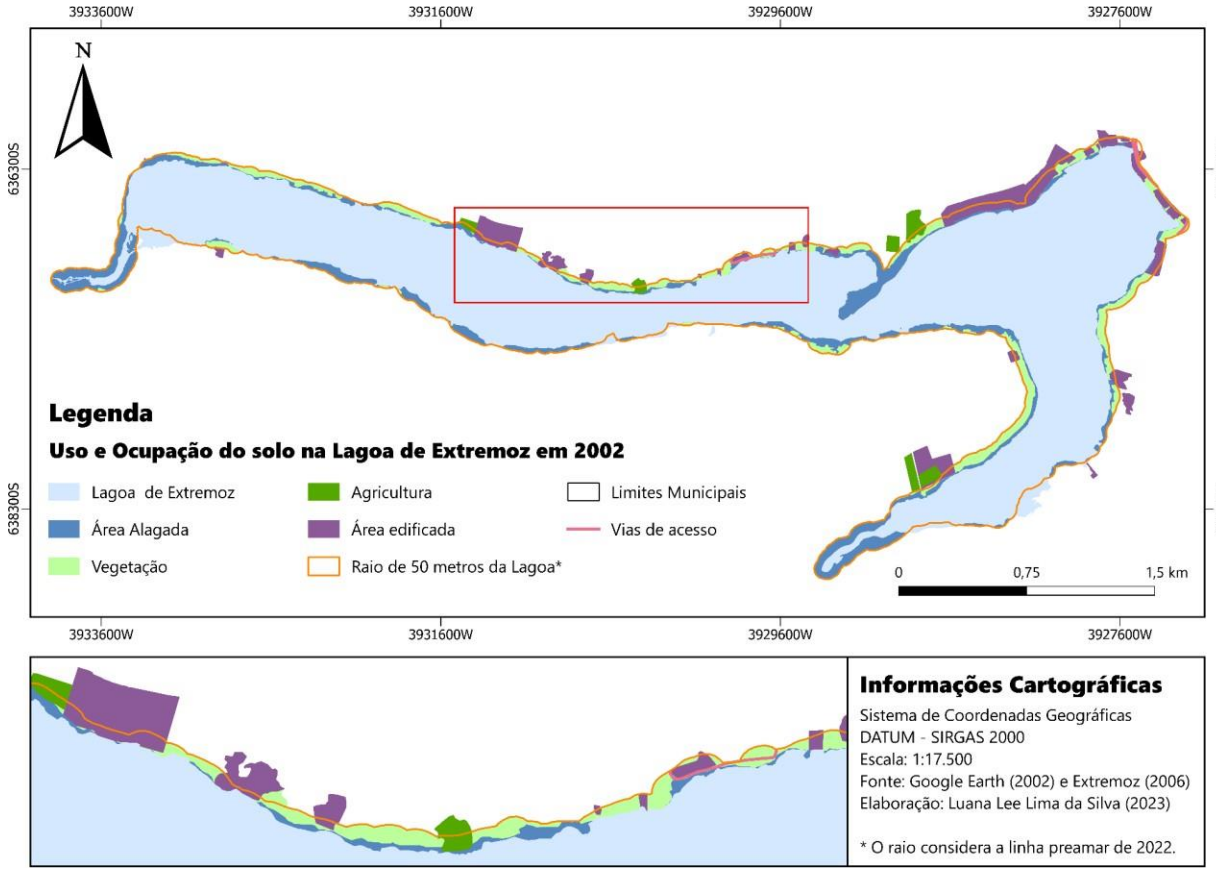
Mapa 04 – Situação do uso e ocupação do solo na Lagoa de Extremoz no ano de 2012.



Fonte: Elaboração própria em 2023.

Dos três anos utilizados para análise, em 2002 (mapa 05), a Lagoa apresentava uma maior área, com 3,58 Km², e a menor área alagada, dentro da faixa de proteçao de 50 metros estabelecida: 0,36 Km².

Mapa 05 – Situação do uso e ocupação do solo na Lagoa de Extremoz, no ano de 2002.



Fonte: Elaboração própria em 2023.

Observa-se uma maior presença de vegetação nativa e uma menor presença de agricultura. A área de banhistas, presente nos mapas de 2012 e 2022, ainda não é evidente na imagem de satélite analisada, o que levou a não estar presente no mapa. As edificações presentes nas porções Norte e Nordeste mostram que foram construídas e consolidadas em décadas anteriores a 2002, havendo poucas alterações em relação aos dois anos seguintes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados analisados da qualidade da água, constatou-se estar havendo uma correlação direta entre as concentrações de cianobactérias, determinadas, pela CAERN na água da Lagoa, e o Índice de Estado Trófico, medido pelo IGARN. A Estação de Tratamento de água de Extremoz deve-se atentar a esses resultados, identificando se o tratamento adotado está conseguindo eliminar as cianobactérias para fornecer para abastecimento humano dentro dos padrões de potabilidade exigidos, devido as altas concentrações desses organismos afetarem a saúde humana.

Por meio da elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo na área de estudo, pode-se constatar a diminuição da área da lagoa de Extremoz e um aumento da área alagada, isso decorre de como as atividades antrópicas ao decorrer dos anos alteraram o manancial, afetando também a qualidade da água, resultado do aumento de cianobactérias e alteração do estado trófico da lagoa.

É importante considerar que a lagoa é um ecossistema, que necessita ser conservado, sendo, também, um manancial de abastecimento para população de Natal, além de ser fonte de recursos para atividades de carcinicultura e agricultura.

Existe um problema ambiental, a partir do momento em que se identifica a sobreposição da ocupação do solo em áreas ambientalmente protegidas por lei. A Resolução CONAMA nº 303/2002, a legislação federal e o Plano Diretor do município, não permitem as ocupações antrópicas dentro da faixa de até 50 metros da margem do corpo d'água. A retirada de mata ciliar, com o desmatamento para construção civil, possibilita a ocorrência de processos erosivos e assoreamento às margens da lagoa.

Dessa maneira, a análise dos indicadores da qualidade da água, e os impactos ambientais na área em estudo, indicam que se deve ter um melhor planejamento no Plano Diretor do município de Extremoz, com instrumentos de monitoramento e controle das ocupações, para garantir uma gestão ambiental eficiente, visando à conservação desse aquífero.

7 REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas águas:** segurança hídrica do abastecimento urbano. Brasília : ANA, 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Estudo de Alternativas - Ampliação do Sistema - Sistema Integrado Lagoa Extremoz/RN.** Ficha Resumo de Termo de Referência - TdR – Brasília: ANA, 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil** / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. - Brasília : ANA, SPR, 2005. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx# . Acesso em: 15 jan. 2023.

BRASIL. Governo do Estado do Rio Grande do Norte. **Relatório Pluviométrico.** Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A – EMPARN. Parnamirim / RN, [2022?]. Disponível em: https://meteorologia.emparn.rn.gov.br/graficos. Acesso em: 18 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Novo Plano Nacional de Recursos Hídricos para 2022-2040 é aprovado.** Brasilia [2022]. Disponível em: Novo Plano Nacional de Recursos Hídricos para 2022-2040 é aprovado — Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (www.gov.br). Acesso em: 16 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde (org.). **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562. Acesso em: 01 dez. 2022.

BRASIL. **Lei nº9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Dispõe sobre a política Nacional dos recursos hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 de janeiro de 1997, p. 470. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 01 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de junho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 de junho de 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm#:~:text=Para%20todos%20os%20efeitos%2C%20esta,bem%20como%20do%20equil%C3%ADbrio%20ambiental. Acesso em: 01/02/2022.

BRASIL. **Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 maio 2012. Seção 1, p. 1

CALIJURI, Maria do Carmo; ALVES, Michela Suely Adriani; SANTOS, André Cordeiro Alves dos. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais.** São Carlos: RiMa, 2006.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 mar. 2002. Seção 1, p. 27-33. Disponível em: https://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_12_2013_14.59.14.834f63ee467e90be10cdf563383b3ade.pdf . Acesso em: 10 jan. 2023.

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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 mar. 2005. Seção 1, p. 27-33. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 10 de jan. 2023.

FARIA, Bruno Gazola de. **Alteração da qualidade do solo em zona ripária sob diferentes usos: potencial de poluição para um manancial tropical.** 2013. 41 f. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IGARN. Monitoramento Qualitativo. **Tabela de Indicadores de índices de estado trófico**. Disponível em: http://www.igarn.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=29753&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Gest%E3o+das+%C1guas. Acesso em: 10 de janeiro de 2023.

ONU- Organização das Nações Unidas. **O Direito Humano à Água e Saneamento.** Programa da Década da Água da ONU-Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC), 2010. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf Acesso em: 12 de janeiro de 2023.

PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO. **Lei N° 493/2006.** Extremoz-RN, 2006. Disponível em: https://extremoz.rn.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/Lei- 493_2006_Dispoe-sobre-o-Plano-Diretor-do-Municipio-de-Extremoz.pdf. Acesso em: 10 jan. 2023.

SANTOS *et al.* **Aspectos da Ecotoxicologia de Cianobactérias**. POMPÊO, Marcelo; CARLOS, Viviane Moschini; LÓPEZ, Julio Cesar (São Paulo) (org.). **ASPECTOS DA ECOTOXICIDADE EM AMBIENTES AQUÁTICOS.** 2022. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/portal/ecotoxicidade/index_arquivos/0_all_book_ecotoxicidade.p df. Acesso em: 06 jan. 2023.