



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM QUÍMICA**

ILANY SOUSA PAES LANDIM

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DO
MATO, EM SÃO RAIMUNDO NONATO - PI**

SÃO RAIMUNDO NONATO - PI

2023

ILANY SOUSA PAES LANDIM

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DO
MATO, EM SÃO RAIMUNDO NONATO - PI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Vale do São Francisco
– UNIVASF, Campus Serra da Capivara, como
requisito para obtenção do título de graduada
em Licenciatura em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Aparecida Maria
Simões Mimura

SÃO RAIMUNDO NONATO - PI

2023

Landim, Ilany Sousa Paes

L257a

Avaliação dos parâmetros de qualidade da água da Lagoa do Mato em São Raimundo Nonato – PI / Ilany Sousa Paes Landim. - São Raimundo Nonato-PI, 2023.

43 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Serra da Capivara, São Raimundo Nonato, 2023.

Orientadora: Profa^a Dra. Aparecida Maria Simões Mimura.

1. Água - análise. 2. Qualidade da água. I. Mimura, Aparecida Maria Simões. II. Título. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 628.16

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

ILANY SOUSA PAES LANDIM

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA
ÁGUA DA LAGOA DO MATO, EM SÃO RAIMUNDO
NONATO - PI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Química, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovado em: 30 de Novembro de 2023.

Banca Examinadora

Aparecida Maria Simões Mimura

Professora Dra. Aparecida Maria Simões Mimura - Orientadora
Colegiado de Licenciatura em Química - UNIVASF

Fernando Damasceno

Professor Dr. Fernando Cruvinel Damasceno
Colegiado de Licenciatura em Química - UNIVASF

Paloma Bispo Coelho

Ma. Paloma Bispo Coelho
UNIVASF

Dedico este trabalho aos meus pais, Hildovan (*In memoriam*) e Ivanete, e à minha irmã Izamara.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado forças para persistir e chegar até aqui.

À minha mãe Ivanete e ao meu pai Hildovan, por todo apoio e incentivo ao longo de minha jornada acadêmica.

À minha irmã Izamara, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais desafiadores, expresse meu sincero agradecimento. Seu incentivo e apoio foram fundamentais.

À minha orientadora, professora Aparecida, agradeço por aceitar a tarefa de me orientar neste trabalho. Sua dedicação e orientação foram essenciais para o sucesso desta pesquisa.

À banca examinadora por aceitar o convite e pelas contribuições.

À técnica de laboratório Paloma Coelho pela atenção e colaboração durante as atividades experimentais.

À Empresa Soloagri - Análises de Solo e de Produtos Agrícolas LTDA, na cidade de Petrolina-PE, agradeço por disponibilizar os recursos necessários para a realização de algumas das análises.

À Prefeitura Municipal de São Raimundo Nonato – PI, por patrocinar algumas análises das amostras, possibilitando a realização desta pesquisa.

Aos meus colegas de curso pelas trocas de conhecimento, discussões e apoio mútuo ao longo desta jornada acadêmica.

À UNIVASF e a todos os funcionários, pela colaboração durante a minha graduação, em especial aos professores do Colegiado de Licenciatura em Química.

“Confia no Senhor de todo o teu coração e não te estribes no teu próprio entendimento; reconhece o Senhor em todos os teus caminhos, e Ele endireitará as tuas veredas.”

(Provérbios 3:5-6)

RESUMO

A água é um recurso indispensável para a vida, pois é o meio onde ocorrem diversas reações químicas fundamentais a todos os seres vivos presentes na Terra. Uma das principais dificuldades enfrentadas no Brasil é a preservação dos recursos hídricos, uma vez que a degradação dos mesmos é comum e ocasionada principalmente devido aos lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais sem o tratamento adequado. Em regiões de clima semiárido, as lagoas desempenham um papel crucial como reservas de água para as atividades do cotidiano. Na cidade de São Raimundo Nonato (PI) existem poucas reservas naturais de água, como a Lagoa do Mato, que no passado foi considerada uma fonte de água de boa qualidade para a população. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar e discutir a qualidade da água na Lagoa do Mato, localizada em São Raimundo Nonato. Para isso, foram realizados estudos com amostras coletadas em setembro de 2023, em três pontos nos entornos da lagoa. Foram avaliados parâmetros físicos, químicos e biológicos, como cor, temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos, pH, cloretos, oxigênio dissolvido (OD), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), metais (Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn), coliformes fecais e *Escherichia coli*. Os parâmetros temperatura, pH, OD e os teores da maioria dos metais se mantiveram dentro dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA n° 357/2005, para águas doces. As amostras de água da lagoa apresentaram coloração amarelada, com partículas em suspensão, quando deveriam ser incolores. Os resultados de condutividade elétrica variaram de 6.690 a 6.900 $\mu\text{S cm}^{-1}$, acima do limite (1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$) estabelecido pela Vigilância de Controle de Qualidade da Água para o Consumo Humano. Os teores de sólidos totais dissolvidos variaram de 5.825 a 7.228 mg L^{-1} , superando o limite máximo (500 mg L^{-1}) estabelecido pela resolução CONAMA. Da mesma forma, os valores de cloretos (2351 a 2430 mg L^{-1}) ultrapassaram significativamente o estabelecido por esta resolução (até 250 mg L^{-1}). Em relação aos parâmetros DQO e DBO, os resultados variaram entre 1633 a 2209 mg L^{-1} e 14,6 a 50,7 mg L^{-1} , respectivamente, indicando alta carga de matéria orgânica no meio. Além disso, foram encontradas grandes quantidades de coliformes fecais (5.600 a 11.000 UFC/100 mL) e *Escherichia coli* (5.600 a 9.400 UFC/100 mL), os quais deveriam estar ausentes na água, segundo a Portaria n° 888, do Ministério da Saúde. Os resultados encontrados indicaram que a Lagoa do Mato está sofrendo contaminação por esgoto doméstico, o que também pode ser evidenciado através de visitas ao local, onde se observa grande quantidade de efluentes despejados diretamente na lagoa, resultando em um desagradável mau cheiro. Este tipo de poluição pode trazer sérias consequências à vida selvagem que habita nesse ecossistema, como peixes, jacarés, patos e outros animais, que são diretamente afetados, como também à população que habita nas proximidades. Cabem aos órgãos públicos a promoção de estratégias de remediação e controle.

Palavras-chave: água, Lagoa do Mato, esgoto doméstico.

ABSTRACT

Water is an indispensable resource for life, as it is the medium where several chemical reactions occur that are fundamental to all living beings present on Earth. One of the main difficulties faced in Brazil is the preservation of water resources since their degradation is common and caused due to the discharge of domestic sewage and industrial effluents without adequate treatment. In regions with a semi-arid climate, ponds play a crucial role as water reserves for daily activities. In the city of São Raimundo Nonato (PI) there are few natural water reserves, such as Lagoa do Mato, which in the past was considered a source of good quality water for the population. In this context, the aim of this study was to evaluate and discuss the water quality in Lagoa do Mato, located in São Raimundo Nonato. To this end, studies were conducted with samples collected in September 2023, at three points in the surroundings of the pond. Physical, chemical and biological parameters such as color, temperature, conductivity, total dissolved solids, pH, chlorides, dissolved oxygen (DO), Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), metals (Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn and Zn), fecal coliforms and *Escherichia coli* were evaluated. The parameters temperature, pH, DO and the most metal contents remained within the limits established by CONAMA Resolution No. 357/2005 for fresh waters. The water samples showed a yellowish color, with suspended particles, when they should be colorless. The electrical conductivity results ranged from 6,690 to 6,900 $\mu\text{S cm}^{-1}$, above the limit (1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$) established by the Water Quality Surveillance Program for Human Consumption. The levels of total dissolved solids found ranged from 5,825 to 7,228 mg L^{-1} , exceeding the maximum limit (500 mg L^{-1}) established by the CONAMA resolution. Likewise, chloride values (2351 to 2430 mg L^{-1}) significantly exceeded those established by this resolution (up to 250 mg L^{-1}). Regarding the COD and BOD parameters, the results ranged from 1633 to 2209 mg L^{-1} and 14.6 to 50.7 mg L^{-1} , respectively, indicating a high load of organic matter in the medium. In addition, substantial amounts of fecal coliforms (5,600 to 11,000 CFU/100 mL) and *Escherichia coli* (5,600 to 9,400 CFU/100 mL) were found, which should be absent in the water, according to *Portaria* n° 888 of the Brazilian Ministry of Health. The results indicated that the Lagoa do Mato is suffering contamination by domestic sewage, which can also be evidenced through visits to the site, where a large number of effluents is discharged directly into the pond, resulting in an unpleasant smell. This type of pollution can have dire consequences for the wildlife that inhabits this ecosystem, such as fish, alligators, ducks, and other animals, which are directly affected, as well as for the population that lives nearby. It is up to public agencies to promote remediation and control strategies.

Keywords: water, Lagoa do Mato, domestic sewage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Lagoa do Mato, em São Raimundo Nonato, PI.....	13
Figura 2: Lagoa do Mato, com destaque para os pontos de coleta.....	19
Figura 3: Condições das ruas próximas ao ponto 1 no fim do período chuvoso (19/05/23)...	22
Figura 4: Condições das ruas próximas ao ponto 1 no fim da estação seca (26/09/23).....	23
Figura 5: Condições do ponto 1 no final do período chuvoso (19/05/23)	25
Figura 6: Condições do ponto 1 no final da estação seca (26/09/23).....	25
Figura 7: Despejo de esgoto na lagoa através das valas no asfalto (19/05/23)	26
Figura 8: Valas contendo esgoto atingindo a lagoa (19/05/23).....	26
Figura 9: Quintal e curral inundados, próximos ao ponto 2 (19/05/23).....	27
Figura 10: Ponto 2 com acúmulo de lixo no final do período chuvoso (19/05/23)	27
Figura 11: Ponto 2 com acúmulo de lixo no final do período seco (26/09/23).....	29
Figura 12: Ponto 3 no final do período chuvoso (19/05/23)	29
Figura 13: Ponto 3 no final do período seco (26/09/23)	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA.....	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
4	METODOLOGIA	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA LAGOA DO MATO	22
5.2	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NAS AMOSTRAS	29
5.3	AVALIAÇÃO DO TEOR DE METAIS NAS AMOSTRAS.....	32
5.4	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS RELACIONADOS À PRESENÇA DE ESGOTO NAS AMOSTRAS	33
6	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a vida, pois é o meio onde ocorrem diversas reações químicas fundamentais a todos os seres vivos presentes na Terra (Almeida, 2010; Baird; Cann, 2011). Conforme descreve Von Sperling (2005), a água se caracteriza como o constituinte inorgânico encontrado em maior quantidade na matéria viva, compondo mais de 60% do corpo humano em massa.

Estima-se que 97% da água que existe no mundo está presente nos oceanos e mares, sob a forma de água salgada e, portanto, não se constitui como água potável para o ser humano. Outras fontes de água incluem as calotas polares, lençóis freáticos e o vapor de água presente na atmosfera. Por outro lado, os rios, lagos e lagoas, se caracterizam como fontes de água potável e correspondem a 0,1 % da água doce disponível no planeta, sendo, dessa forma, importantes reservas de água para os seres vivos (Baird; Cann, 2011; Tundisi; Tundisi, 2011). No entanto, uma das principais dificuldades enfrentadas no Brasil é a preservação dos recursos hídricos, uma vez que a degradação dos mesmos é comum e ocasionada principalmente devido aos lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais sem o tratamento adequado (Rocha; Rosa; Cardoso, 2008; Von Sperling, 2005).

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), atualmente, existem diversas leis e normativas para a conservação ambiental, bem como indicadores para a classificação dos corpos de água e diretrizes de conservação para os ecossistemas aquáticos, as quais também estabelecem parâmetros para condições dos descartes de efluentes em corpos hídricos. Por exemplo, a resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece parâmetros para a classificação dos corpos hídricos em águas doces, salobras e salinas, enquanto a ANVISA RDC N° 91 de 30 de junho de 2016 determina critérios (físicos, químicos e biológicos) de controle de qualidade da água que é fornecida pelo sistema de abastecimento para o consumo humano. Além disso, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) estabelece dentro da perspectiva dos direitos humanos, através da Resolução n° 64/292 de julho de 2010, o acesso à água potável e limpa e aos serviços de saneamento básicos (ONU, 2010).

Em áreas urbanas, o tratamento da água distribuída é fundamental para a saúde humana, a fim de eliminar microrganismos, já que cerca de 99% das bactérias e vírus se encontram nas águas (Rocha; Rosa; Cardoso, 2008). Segundo Grassi e Jardim (1993), desde 1849 já se suspeitava que através da ingestão de águas não tratadas poderiam ser transmitidas

diversas doenças, como é o caso da cólera. Apesar da existência das legislações, em muitos locais é possível observar o lançamento irregular de poluentes nos ambientes aquáticos, ocasionando diversos impactos que atingem tanto os seres vivos quanto o meio ambiente. Dessa forma, surge a necessidade de discutir e avaliar a poluição dos corpos hídricos em uma dada região.

A poluição dos corpos hídricos está relacionada a qualquer modificação realizada no meio que afete a qualidade da água, seja do ponto de vista químico, físico ou biológico. Um dos fenômenos que pode ocorrer em ambientes aquáticos por consequência da poluição é a eutrofização, que corresponde à elevação da concentração de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, nesses ambientes (Rocha; Lougon; Garcia, 2009). A principal causa desse fenômeno é decorrente dos lançamentos de esgotos domésticos ou efluentes industriais (Rocha; Rosa; Cardoso, 2008).

Teoricamente, os esgotos provenientes das casas em áreas urbanas deveriam ser tratados antes de serem despejados em rios, lagos ou oceanos. No entanto, em muitos municípios brasileiros esse procedimento de tratamento não é realizado. Segundo o Painel Saneamento Brasil, em 2021, 55,8 % da população brasileira possuía coleta de esgoto, enquanto que no Nordeste este número caía para 30,2 %, e especificamente no estado do Piauí, para apenas 18,3 % (BRASIL, 2021). No que se refere ao tratamento do esgoto, os números são ainda menores. Já em relação à cidade de São Raimundo Nonato - PI, não há nenhuma informação sobre a coleta e o tratamento. Neste contexto, os esgotos se caracterizam como uma grande fonte de poluição nos ambientes aquáticos em todo o país, gerando aumento significativo na quantidade de matéria orgânica (Rocha; Rosa; Cardoso, 2008; Baird; Cann, 2011; Weber, 1992).

Em pesquisas sobre este assunto, o parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO) é amplamente empregado para avaliar a quantidade de matéria orgânica presente em corpos d'água superficiais e resíduos aquosos, capaz de ser consumida por meio de oxidação aeróbica (Baird; Cann, 2011). O método em si é eficiente e rápido, envolvendo reações entre a água e um agente oxidante forte, como o dicromato de potássio, na presença de ácido sulfúrico, com a adição de sulfato de prata como catalisador (Rocha; Rosa; Cardoso, 2008). Durante o processo de análise, o dicromato de potássio que não foi consumido na reação com a matéria orgânica é quantificado através de métodos titulométricos ou colorimétricos (Ageerdink; Hurk; Epema, 2017; Aquino; Silva; Chernicharo, 2006; Rocha; Rosa; Cardoso, 2008). O método titulométrico ocorre por meio de titulação e apresenta uma vantagem distintiva, pois permite a análise de amostras que possuem uma turbidez significativa, ou

seja, com partículas em suspensão. Por outro lado, no método colorimétrico faz-se o uso de um espectrofotômetro, com o comprimento de onda em torno de 600 nm (Aquino; Silva; Chernicharo, 2006; Baird; Eaton; Rice, 2017).

Além disso, avaliar o teor de oxigênio dissolvido (OD) na água é fundamental, a fim de verificar se há quantidade suficiente deste, o que geralmente é feito usando um instrumento chamado oxímetro. Em um ambiente aquático não poluído, é necessário um valor mínimo de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ de OD para garantir a respiração de organismos aeróbicos (Baird; Cann, 2011).

Outro parâmetro empregado em análises de água é a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a fim de determinar a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica, na presença de bactérias, sob condições de oxigenação e temperatura controladas, durante um período de incubação, que na maioria das vezes é de 5 dias (DBO_5) (Rocha; Rosa; Cardoso, 2008). O procedimento envolve a medida do OD no início da análise e novamente após a incubação da amostra. A variação na concentração de oxigênio representada pela DBO corresponde à quantidade de oxigênio consumida na oxidação da matéria orgânica através da atividade respiratória dos microrganismos (Valente; Padilha; Silva, 1997).

Uma das principais vantagens da DQO em relação à DBO é a rapidez com que os experimentos são realizados. Além disso, a partir de seus resultados, é possível fazer estimativas da DBO. No entanto, é importante destacar que a DBO fornece informações específicas sobre a parcela de substâncias que são biodegradáveis (Rocha; Rosa; Cardoso, 2008).

Nessa perspectiva, é relevante realizar a medida destes parâmetros para obter resultados sobre o grau de matéria orgânica que o ambiente possui, uma vez que altas quantidades tornam o meio inadequado para a vida, devido ao consumo excessivo de oxigênio, podendo impedir a fotossíntese das plantas aquáticas e levar até a morte dos peixes (Guimarães; Nour, 2001).

Dessa forma, neste trabalho pretende-se avaliar e discutir a qualidade da água da Lagoa do Mato, localizada no município de São Raimundo Nonato – PI.

1.1 JUSTIFICATIVA

A cidade de São Raimundo Nonato está localizada no sul do Piauí e possui aproximadamente 35.065 habitantes (IBGE, 2021). Nesta região predomina o clima

semiárido, com altas temperaturas no decorrer do ano, poucas chuvas, longo período de seca e escassez de água. Por apresentar esse clima, é comum a população buscar atender suas necessidades hídricas através do armazenamento de água em reservatórios, tais como cisternas em casa, para facilitar o acesso à água no decorrer do ano (Macêdo, 2016).

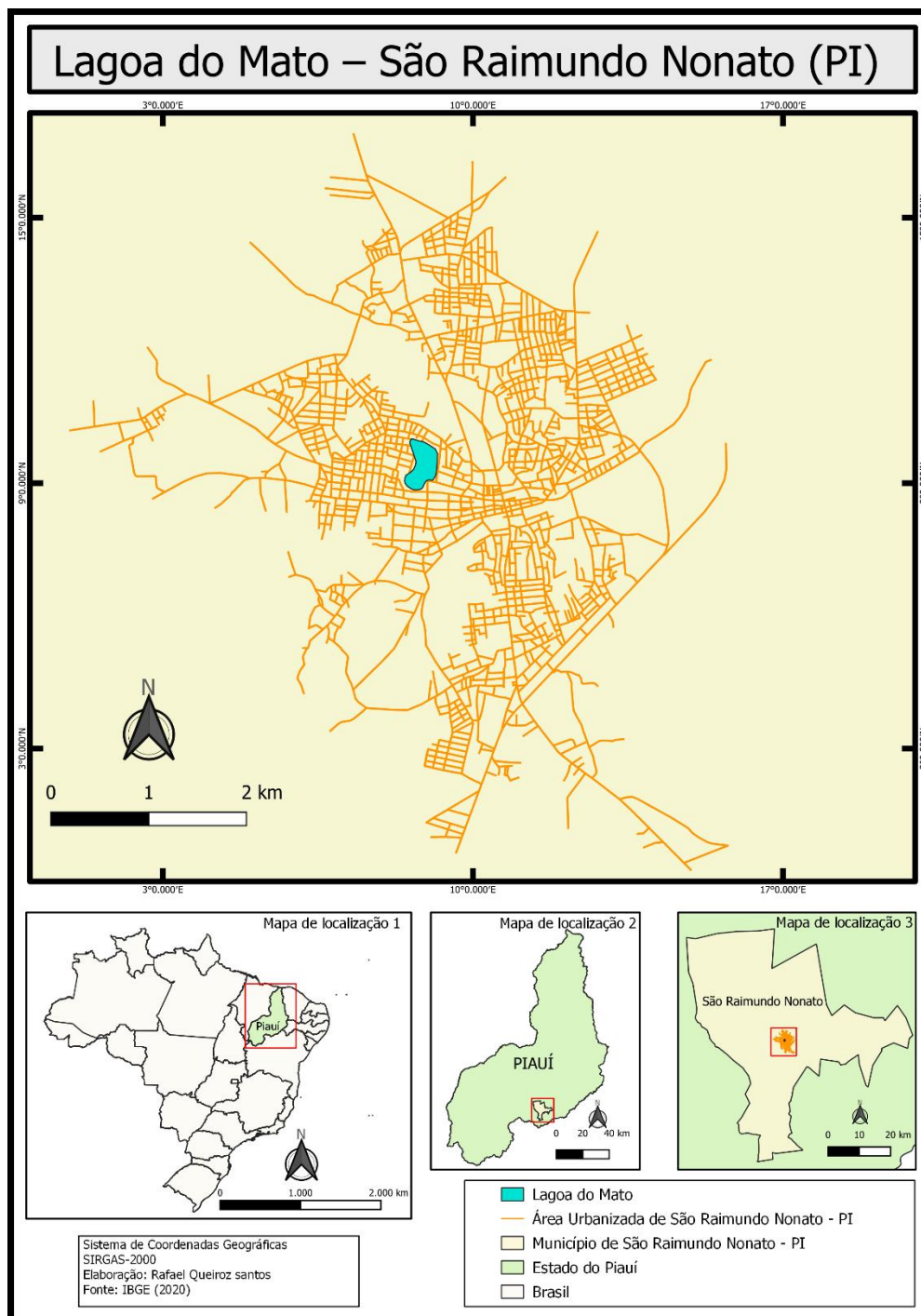
Nesta cidade, o abastecimento de água conta com o Sistema Adutor do Garrincho (conhecido popularmente por fornecer a “água da onça”), desde 2006, e com a Estação de Tratamento de Água Serra Branca (que fornece a “água da serra”) (Macêdo, 2016). Apesar disso, a população ainda enfrenta problemas no abastecimento, questionando muitas vezes se a água fornecida é ideal para o consumo, conforme publicado pelo Portal O Dia.com (2020). Além disso, devido a problemas na manutenção dos encanamentos, a falta de água é constante, de acordo as notícias publicadas no portal Globo – G1 (2021).

Em regiões de clima semiárido os rios, lagos, açudes e lagoas são importantes reservas de armazenamento de água para auxiliar no desenvolvimento das atividades cotidianas (Silva; Guedes, 2020). A cidade descrita nesse trabalho, possui poucas reservas naturais de água e as que possui, não são preservadas, como a Lagoa do Mato, que no passado foi usada como fonte de água de boa qualidade para a população. A Lagoa do Mato está situada na zona urbana de São Raimundo Nonato e abrange várias localidades, como o centro da cidade, os bairros Milonga, Aldeia e Santa Fé. A figura 1 apresenta o mapa do município com destaque para a Lagoa do Mato.

Atualmente, a Lagoa do Mato não é mais utilizada pelos moradores, pois recebe grande quantidade de resíduos aquosos, os quais são lançados de forma inadequada ou despejados diretamente na lagoa. Diante deste cenário, é de fundamental importância avaliar os possíveis impactos ocasionados por essas ações antrópicas, uma vez que a contaminação de ambientes aquáticos com grande carga de matéria orgânica torna a água imprópria para o consumo humano e animal. Com isso, prejudica-se a vida dos seres que estão presentes na mesma, como por exemplo os peixes, invertebrados e plantas aquáticas, devido à redução do teor de OD. Vale ressaltar que em ambientes aquáticos contaminados há a proliferação de insetos, que podem transmitir doenças como dengue, febre amarela, malária, dentre outras.

Portanto, ter a Lagoa do Mato como objeto de estudo é importante a fim de avaliar os parâmetros de qualidade da água e observar as condições que a população está exposta, visto que muitas pessoas residem nas proximidades da mesma.

Figura 1: Localização da Lagoa do Mato, em São Raimundo Nonato, PI



Fonte: Santos (2023)

Dessa forma, esse estudo pode fornecer informações a respeito da qualidade da água e dos impactos ambientais que são ocasionados através dos lançamentos de esgotos domésticos, como também servir como um material de apoio a fim de exigir dos órgãos municipais possíveis propostas de intervenção e remediação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar e discutir a qualidade da água da Lagoa do Mato, localizada no município de São Raimundo Nonato – PI.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Visitar a lagoa e documentar através de fotos as características da mesma;
- Coletar amostras de água da Lagoa do Mato;
- Avaliar os parâmetros de qualidade da água;
- Comparar os resultados obtidos sobre a água com os dados da legislação;
- Fornecer aos órgãos municipais os dados referentes às condições da água da lagoa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Durante a avaliação da qualidade da água de uma determinada região, vários parâmetros podem ser utilizados. Portanto, é importante compreender se o ambiente aquático é utilizado para irrigação, consumo humano ou se é um local comumente usado pela população local para lançamentos de esgotos.

Conforme descreve a Resolução CONAMA nº 357/2005, a água pode ser classificada em diferentes categorias, incluindo a classe especial, que é adequada para o consumo humano após a devida desinfecção, bem como as classes 1, 2 e 3, destinadas ao consumo humano após tratamentos simplificados, convencionais e avançados, respectivamente. A classe 4, por outro lado, não é própria para consumo humano, sendo destinada principalmente à navegação. Em cada caso, um parâmetro específico pode ser estudado.

Um parâmetro que afeta as condições da qualidade da água é o potencial hidrogeniônico (pH), pois dependendo da classe, os valores de pH podem ser diferentes. Por exemplo, no caso das águas da classe 2, que podem ser consumidas após um tratamento convencional, o pH deve estar na faixa de 6,0 a 9,0. De acordo com a Vigilância de Controle de Qualidade da Água para o Consumo Humano (2006), os valores de pH têm influência direta na corrosividade e agressividade da água. Valores baixos podem aumentar a corrosão, enquanto valores elevados podem levar a incrustações, além de afetarem os equilíbrios biogeoquímicos. Portanto, a manutenção do pH dentro de intervalos específicos é relevante para garantir a qualidade da água e minimizar problemas.

Nessa perspectiva, Rosa Santos *et al.* (2018) analisaram a água de uma bacia costeira do Sapucaia, em Japarutuba e Pirambu (SE), cujos valores de pH encontrados foram de 4,6 a 7,6. Em alguns casos, os indicadores apontados no trabalho estiveram abaixo do limite mínimo estabelecido na resolução. Von Sperling (2005) afirma que valores de pH baixos estão associados à presença de efluentes industriais, enquanto que valores altos estão relacionados com a proliferação das algas, sendo, por isso, fundamental medir este parâmetro e avaliar sua influência na vida aquática.

A presença de cloretos na água é mais um parâmetro essencial para a avaliação da qualidade da mesma, uma vez que através desta medida é possível observar o nível de poluição do ambiente que geralmente é ocasionada por despejos de esgotos domésticos ou industriais (Von Sperling, 2005). Luz Netto, Danelon e Rodrigues (2011) avaliaram a quantidade de cloretos na bacia hidrográfica do córrego Terra Branca, em Uberlândia (MG), apontando os valores mínimos e máximos para a nascente da bacia hidrográfica como 24 mg

L^{-1} e 56 mg L^{-1} , enquanto, para a foz do córrego, os valores variaram de 40 mg L^{-1} a 61 mg L^{-1} . Conforme descreve a resolução CONAMA nº 357/2005, o valor limite da quantidade de cloreto é de 250 mg L^{-1} . Assim, os resultados obtidos no trabalho mostraram que os valores encontrados estavam abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução. Os cloretos nos ambientes aquáticos podem ter diversas origens, sendo uma delas a descarga de efluentes industriais e urbanos. Isso se deve em grande parte ao fato de que muitos produtos, incluindo produtos de limpeza, conterem cloretos em sua composição. A presença de cloreto no corpo humano é comum, seja no suor, na urina e nas fezes, mas de acordo Luz Netto, Danelon e Rodrigues (2011), valores altos de cloretos estão, muitas vezes, relacionados à presença de compostos orgânicos industriais.

Outro aspecto que afeta a qualidade da água são a presença de sólidos totais. Esses sólidos podem estar distribuídos na água de diferentes formas, em suspensão ou dissolvidos, sendo provenientes de fontes naturais ou antrópicas. Segundo a Vigilância de Controle de Qualidade da Água para o Consumo Humano (2006), a presença de sólidos na água pode ocorrer naturalmente, devido aos transportes dos sedimentos. Em contrapartida, quando ocorre de forma antrópica, está muitas vezes relacionada a lixos ou fezes humanas. Segundo a resolução CONAMA nº 357/2005, os valores aceitáveis para sólidos totais dissolvidos (STD) são de até 500 mg L^{-1} para águas doces. Dessa forma, é importante estudar quais os sólidos que estão presentes nos ambientes aquáticos. Por exemplo, Rosa Santos *et al.* (2018), na avaliação da água da bacia costeira do Sapucaia, obtiveram os teores de sólidos totais na faixa de $20,00$ a $1.840,00 \text{ mg L}^{-1}$. Em outra pesquisa, Jacoboski e Fachinetto (2022) analisaram a presença de sólidos suspensos na água do Arroio Matadouro no Ijuí (RS) e encontraram valores na faixa de $5,60 \text{ mg L}^{-1}$ a $26,60 \text{ mg L}^{-1}$. Assim, avaliar a presença de sólidos totais em ambientes aquáticos é relevante a fim de obter um indicativo das contaminações por matéria orgânica, esgotos, como também processos erosivos (Fuzinato, 2009).

A condutividade elétrica na água refere-se ao processo pelo qual a corrente é transmitida devido a presença de íons (Atkins, 2012). Medeiros, Silva e Lins (2018) desenvolveram um trabalho sobre qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, apresentando resultados a respeito da condutividade elétrica no decorrer do período seco e chuvoso. No período seco obteve-se o valor médio de $132,2 \mu\text{S cm}^{-1}$ e de $80,4 \mu\text{S cm}^{-1}$ para o período chuvoso. Conforme descreve a Vigilância de Controle de Qualidade da Água para o Consumo Humano (2006), os ambientes aquáticos que apresentam valores de condutividade entre 10 e $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ são caracterizados como naturais, enquanto que

ambientes contaminados por efluentes domésticos podem apresentar valores de até 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, ou mais.

Quando se suspeita que há presença de esgotos no meio é importante avaliar o teor de OD. As concentrações de OD são evidências de processos de oxidação que ocorrem na água. Quando se leva em consideração apenas a concentração do OD, as águas poluídas são as que possuem baixas concentrações, e, em contrapartida, as águas que não são poluídas têm quantidade de OD altas (Fuzinato, 2009). De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, os valores de OD não podem ser inferiores a 5,0 mg L^{-1} (BRASIL, 2005). No estudo realizado por Rosa Santos *et al.*, (2018) na água da Bacia Costeira do Sapucaia, os valores de OD ficaram entre 6,04 e 8,98 mg L^{-1} , garantindo que a água estava adequada para a respiração dos seres vivos dali. Em outra investigação, realizada por Vasco *et al.*, (2011), foi observada que a concentração de OD da água na sub-bacia do rio Poxim, Aracaju (SE), durante o período chuvoso oscilou na faixa de 2,1 a 4,7 mg L^{-1} , enquanto que no decorrer do período seco, os valores ficaram entre 4,3 e 5,7 mg L^{-1} . A maioria dos dados encontrados nesse trabalho ficaram abaixo do limite estabelecido na Resolução, indicando a possível presença de efluentes nesse ambiente. Pôde-se observar ainda que os valores sofreram variações de acordo com a sazonalidade.

Os parâmetros DQO e DBO são utilizados para determinar se as águas naturais estão contaminadas por efluentes orgânicos, uma vez que altas concentrações de matéria orgânica afetam o consumo de oxigênio e, conseqüentemente, a vida dos seres vivos. Diante disso, ao estudarem a água na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí (SC), Sizabeli dos Santos *et al.*, (2018) determinaram a DQO, que ficou na faixa de 62 a 519 mg L^{-1} , enquanto, que os valores de DBO variaram de 38 a 98 mg L^{-1} . Estima-se que em ambientes contaminados por esgotos domésticos os valores encontrados normalmente estão em torno de 300 mg L^{-1} para DBO, e 600 mg L^{-1} para DQO (Von Sperling, 2005; Baird; Cann, 2011). Valores mais acentuados desses parâmetros estão relacionados à excessiva concentração de matéria orgânica no meio.

A avaliação da presença de coliformes fecais também é necessária para garantir a qualidade dos corpos hídricos. A Portaria n° 888 do Ministério da Saúde (2021) estabelece a ausência de coliformes totais em 100 mL de água como padrão microbiológico para as águas para o consumo humano. Lemos, Ferreira Neto e Dias (2010) estudaram a água da Lagoa do Apodi, no RN, a qual apresentou uma variação de 0 a $2,2 \times 10^6$ de coliformes totais. Assim, os valores de coliformes fecais encontrados classificavam a água como contaminada e não satisfatória para o consumo humano, de acordo com a portaria citada. Outro parâmetro

de relevância a ser investigado é a presença de *Escherichia coli*, também chamada de *E. coli*, uma vez que esse micro-organismo pode apresentar grande risco à saúde humana quando presente na água (Batistella; Gottardo; Oliveira, 2019). A ingestão de água contaminada por bactérias pode resultar diversas doenças, especialmente aquelas relacionadas ao sistema gastrointestinal, tais como náuseas, vômitos, diarreia, e outros desconfortos que, em casos mais graves, podem até resultar em complicações fatais (Rosa; Barros; Santos, 2016). Portanto, conforme a portaria, a ausência de *E. coli* em 100 mL na água é fundamental para assegurar a qualidade da água destinada ao consumo humano.

Neste contexto, o descarte inadequado de efluentes domésticos e industriais pode causar diversos impactos para o meio ambiente, para os corpos hídricos, os seres vivos em geral e para o ser humano. Diante disso, muitos estudos buscam avaliar os parâmetros físicos, químicos e biológicos para garantir a qualidade das águas e identificar possíveis alterações nos ambientes aquáticos, conforme descrito acima. No entanto, além de determinar os parâmetros que serão analisados numa determinada região é importante conhecer também o histórico local.

4 METODOLOGIA

Este estudo possui uma abordagem de natureza experimental.

Inicialmente, foram feitas visitas à Lagoa do Mato, situada no município de São Raimundo Nonato – PI, e realizada a documentação através de fotos, ressaltando as características e condições da mesma.

A primeira visita ocorreu no dia 19 maio de 2023 às 9h, durante a qual foram feitas observações iniciais sobre o local de estudo. Neste dia, foram coletadas amostras de água em frascos plásticos com capacidade de 1L e foram conduzidas algumas análises iniciais para determinar quais parâmetros seriam investigados com mais detalhes.

A segunda visita foi realizada no dia 26 de setembro de 2023, às 8h. Neste momento, além do registro de imagens e da observação visual da lagoa, foram também coletadas três amostras de água, em três pontos determinados a partir das observações dos entornos da Lagoa do Mato, com as seguintes coordenadas geográficas: ponto 1 (latitude: 9°00'43" S, longitude: 42°41'45"O), ponto 2 (latitude: 9°00'39"S, longitude: 42°41'42"O), ponto 3 (latitude: 9°00'30"S, longitude: 42°41'48"O). A Figura 2 ilustra a Lagoa do Mato e a disposição desses pontos de coleta.

Figura 2: Lagoa do Mato, com destaque para os pontos de coleta



Fonte: Google Earth (16/11/2023)

As amostras foram coletadas em frascos plásticos com capacidade de 1,5 L. As medidas de temperatura, pH e OD foram efetuadas *in loco*, utilizando instrumentos portáteis,

como termômetro, pHmetro digital (marca Instrutherm) e oxímetro (marca AT 150), respectivamente. Em seguida, as amostras foram armazenadas em caixas térmicas e levadas ao laboratório de química da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) – Campus Serra da Capivara, onde foram submetidas às demais análises.

No laboratório, foi realizada a avaliação da qualidade da água da referida lagoa, mediante a análise de diversos parâmetros físicos e químicos, incluindo cor, STD, condutividade elétrica e cloretos.

A avaliação da cor das amostras foi realizada visualmente, devido à indisponibilidade de um fotocolorímetro no laboratório. Para a determinação da quantidade de STD foram utilizadas uma balança (marca Marte) e uma chapa de aquecimento (marca Biomixer), conforme o seguinte procedimento: a massa de três béqueres vazios e secos foi obtida, e foram adicionados 1000 mL das amostras de água (uma em cada béquer). Os béqueres foram então colocados sobre a chapa de aquecimento, a 100 °C, até a completa evaporação das amostras, o que durou cerca de 12h. A massa de STD foi obtida pela diferença entre a massa do béquer após a evaporação das amostras e a massa inicial. A condutividade elétrica foi quantificada utilizando um condutivímetro (marca MS TecnoPON) previamente calibrado com uma solução padrão de 146,9 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

A determinação de cloretos foi executada através de volumetria de precipitação, seguindo o método de Mohr (Baccan *et al.*, 2001), no qual utiliza-se AgNO_3 como titulante e K_2CrO_4 como indicador. Primeiramente, foi preparada uma solução de AgNO_3 0,0505 mol L^{-1} , a qual foi devidamente padronizada com solução padrão de NaCl 0,0500 mol L^{-1} . No processo de análise das amostras, uma bureta foi preenchida com a solução de AgNO_3 e foram transferidos para um erlenmeyer 5,0 mL da amostra de água e 0,5 mL da solução de K_2CrO_4 0,100 mol L^{-1} . A titulação foi iniciada e ocorreu sob agitação constante, até a mudança de coloração (de amarelo para vermelho-tijolo). Esse mesmo procedimento foi feito em duplicada para todas as amostras, incluindo para o branco (contendo apenas água destilada). O volume do ponto final de cada titulação foi então anotado para a realização dos cálculos.

As amostras de água foram encaminhadas ao laboratório de Química do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) em Petrolina (PE), a fim de obter os dados referentes às análises de DQO, OD, DBO e parâmetros biológicos, como coliformes fecais e *Escherichia coli*. A DQO foi determinada seguindo o procedimento estabelecido na 23ª edição do livro *Standard Methods*, utilizando o método colorimétrico de refluxo fechado, no qual as amostras de água foram transferidas para cubetas de reagentes. Em seguida, os tubos

contendo as amostras foram submetidos à digestão em um termoreator a 150°C por um período de 2 horas. Após a digestão, a absorbância foi medida através de um espectrofotômetro em 600 nm. A DBO foi realizada mediante a incubação das amostras com solução de NaOH em um frasco adequado durante um período de 5 dias a uma temperatura de 20 °C. O valor foi quantificado a partir da diferença entre as medidas de oxigênio antes e após a incubação (Baird, Eaton e Rice, 2017). A presença de coliformes fecais e *Escherichia coli* foi identificada utilizando o método de contagem.

As amostras foram também enviadas ao laboratório de Química da empresa SOLOAGRI – Análises de Solos e Produtos Agrícolas LTDA, onde foi conduzida a determinação dos seguintes metais: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn. A técnica Fotometria de Emissão Atômica em Chama (F AES) foi empregada para determinação de Na e K, enquanto os demais metais foram determinados por Espectrometria de Absorção Atômica de Chama (F AAS).

Após a obtenção dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, os resultados das análises foram comparados com as normas vigentes, tais como a Resolução CONAMA n° 357/2005 e Portaria n° 888, para avaliar a conformidade da qualidade da água. Além disso, os dados de DQO e DBO foram comparados com estudos de diversas regiões do país, a fim de avaliar o nível de contaminação na lagoa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA LAGOA DO MATO

Neste trabalho foram estudadas amostras de água coletadas na Lagoa do Mato, localizada no município de São Raimundo Nonato – PI. As etapas iniciais deste trabalho incluíram visitas à Lagoa para observar detalhadamente as condições da mesma e decidir quais parâmetros seriam investigados posteriormente. A partir das observações na visita do mês de maio, foram identificados diversos problemas causados pela poluição da lagoa, tanto ambientais quanto sociais. Neste momento, os pontos de coleta foram escolhidos por serem considerados locais com impactos para a população, principalmente em relação ao alagamento. Nas figuras abaixo estão apresentadas fotos das condições das casas dos moradores localizadas às margens da lagoa, no fim da estação chuvosa (figura 3) e no fim da estação seca (figura 4), nos meses de maio e setembro, respectivamente.

Figura 3: Condições das ruas próximas ao ponto 1 no fim do período chuvoso (19/05/23)



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Figura 4: Condições das ruas próximas ao ponto 1 no fim da estação seca (26/09/23)



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Durante a visita do mês de maio foi possível obter relatos de um dos moradores, que revelou as adversidades enfrentadas nesse local. O morador falou sobre a situação das casas inundadas, fato que obrigava os habitantes das mesmas a saltar os muros dos vizinhos para deixar e entrar em suas residências, visto que as saídas estavam continuamente obstruídas pelo acúmulo de água. Além dos impactos físicos, é importante considerar os danos psicológicos que essa situação pode causar à população, sobretudo porque muitos deles não têm alternativa de moradia. Com isso, há o desgaste social entre vizinhos e a falta de privacidade, visto que a entrada em suas próprias casas muitas vezes depende da disponibilidade do outro, o que se configura em uma experiência humilhante. Quando este trânsito ocorrer em horários inconvenientes, a situação se torna ainda pior e mais constrangedora.

O acúmulo de água próximo às residências também pode contribuir para a proliferação de insetos vetores de doenças, como dengue e Chikungunya. Além disso, durante as visitas a essa área, foi possível observar crianças que tinham contato direto com a água da lagoa, uma prática que representa um sério risco à saúde delas.

A lagoa também abriga peixes, e de acordo com relatos, algumas pessoas pescam e consomem os peixes. Tal prática é preocupante, uma vez que se a água da lagoa estiver contaminada, toda a cadeia alimentar fica comprometida.

Além disso, o acúmulo de água (figura 3) obstrui as vias públicas, que frequentemente ficam intransitáveis por muitos meses do ano, até que o período de chuvas

termine e o nível da água diminua. Na figura 4 pode-se observar a situação deste mesmo local no mês de setembro, onde o portão da casa anteriormente alagada já estava acessível, assim como a via pública.

A cidade de São Raimundo Nonato caracteriza-se por apresentar baixos índices de precipitação ao longo do ano, com os meses de abril a outubro se destacando pela intensidade da estiagem (Silva; Almeida; Mimura, 2020). Já nos meses de novembro a março, observa-se a estação chuvosa na região, mas ainda assim com baixa precipitação anual. Especificamente em 2023, as chuvas foram frequentes até o mês de março, e depois mais escassas entre abril e maio. A última chuva foi registrada no dia 24 de maio de 2023. Nos meses seguintes, não houve nenhuma ocorrência de chuva, até o dia 30 de setembro de 2023, onde ocorreu uma breve precipitação. A estiagem persistiu ainda depois de setembro, ficando sem ocorrência de chuva até o dia 31 de outubro de 2023, quando finalmente, um volume considerável foi observado.

Neste contexto, como a cidade em questão enfrenta escassez de água, a lagoa enquanto corpo hídrico poderia servir como uma valiosa fonte de água se apresentasse qualidade adequada para consumo humano, conforme as classes 1 e 2 do CONAMA.

Nas figuras 5 e 6, é possível observar comparações visuais do ponto 1, nos períodos chuvoso e seco. Este ponto está localizado no lado esquerdo da curva mostrada na figura 3, que fica alagada grande parte do ano. As imagens ressaltam a real situação deste local e as preocupações relacionadas à qualidade da água. No ponto 1, há uma estação elevatória de esgoto, cuja função seria captar e bombear os dejetos para o tratamento. No entanto, não há uma estação de tratamento associada, permitindo que esses resíduos sejam liberados diretamente na lagoa.

A presença de esgoto doméstico nas ruas, conforme ilustrado na figura 5, obstrui as vias, resultando em diversos impactos sociais para a população, incluindo acidentes de trânsito, conforme relatado pela população local. Além disso, a figura 6 mostra buracos dos quais brotam dejetos que escoam em direção à lagoa. Recentemente, foi colocado um móvel de madeira no meio da rua para sinalizar o local onde o buraco é mais profundo (com cerca de 1 m). Com a estiagem e diminuição do nível da água, muitos pedestres, motos e carros tentam passar pela rua, o que se torna algo perigoso tanto do ponto de vista da saúde quanto financeiro. Exemplo disto é o fato observado durante as pesquisas no mês de setembro, exatamente no local da figura 6, onde uma pessoa tentou atravessar a rua com uma moto, caiu no buraco com esgoto, podendo ter estragado os circuitos mecânicos da moto, tendo prejuízos financeiros, como também se contaminado com a água, a qual tem grande

probabilidade de apresentar altas concentrações de coliformes fecais e bactérias como a *E. coli*.

Figura 5: Condições do ponto 1 no final do período chuvoso (19/05/23)



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Figura 6: Condições do ponto 1 no final da estação seca (26/09/23)



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Seguindo um pouco mais ao redor da lagoa, em direção ao ponto 2, observa-se esgoto sendo despejado diretamente na lagoa, atravessando a rua por meio das valas no asfalto, conforme pode ser visto na figura 7 e chegando ao outro lado da rua, na figura 8. Isto resulta

em um desagradável mau cheiro que afeta a comunidade. Como o esgoto está em valas abertas no meio da rua, pedestres podem pisar e assim levar contaminações para casa no calçado, como também os carros através das rodas.

Figura 7: Despejo de esgoto na lagoa através das valas no asfalto (19/05/23)



Fonte: Acervo pessoal

Figura 8: Valas contendo esgoto atingindo a lagoa (19/05/23)



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Especificamente no ponto 2, observou-se uma casa que foi construída irregularmente às margens da lagoa, a qual se encontrava parcialmente inundada no mês de maio, com quintal e curral de animais totalmente submerso (figura 9). Também foram observadas

grandes quantidades de entulho e lixo, numa área que, se recuperada pela prefeitura e preservada pela população, poderia ser um bosque agradável para passeios em família, devido às sombras das belas árvores que ali se encontram, contrastando com o lixo e o esgoto (figuras 10 e 11). Neste local, de acordo com relato de uma moradora, a lagoa era usada como fonte de água, tanto para abastecimento da população, quanto para recreação. Segundo ela, em sua infância era comum nadar ali, mas nos últimos 20 anos a lagoa foi se tornando cada vez mais imprópria, fato que os próprios moradores perceberam.

Figura 9: Quintal e curral inundados, próximos ao ponto 2 (19/05/23)



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Figura 10: Ponto 2 com acúmulo de lixo no final do período chuvoso (19/05/23)



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Figura 11: Ponto 2 com acúmulo de lixo no final do período seco (26/09/23)



Fonte: Acervo pessoal (2023)

À medida em que se avança em direção ao ponto 3, torna-se evidente outras residências atingidas pelas águas da lagoa (figuras 12 e 13). Neste ponto, é possível observar resíduos sólidos urbanos (lixos), provavelmente provenientes da população que reside na área, bem como o despejo direto de esgoto doméstico nas águas da lagoa.

Figura 12: Ponto 3 no final do período chuvoso (19/05/23)



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Figura 13: Ponto 3 no final do período seco (26/09/23)



Fonte: Acervo pessoal (2023)

Todas essas informações relatadas podem causar sérias consequências para a vida selvagem que habita esse ecossistema, como peixes, jacarés, patos e outros animais, que são diretamente afetados, até chegar aos seres humanos. Além disso, a presença de lixo e dejetos em suspensão pode afetar a entrada de luz e impedir a realização de fotossíntese das plantas subaquáticas. Portanto, a contaminação da lagoa tem um impacto abrangente, afetando não apenas os habitantes locais, mas também a fauna e flora do ecossistema.

5.2 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NAS AMOSTRAS

Dando início ao processo de análises, as amostras de água coletadas nos três pontos foram estudadas a fim de se obter as avaliações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos. Os resultados referentes aos parâmetros físico-químicos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Avaliação dos parâmetros físico-químicos nas amostras de água da Lagoa do Mato

	Temperatura (° C)	Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	STD ^a (mg L^{-1})	pH	Cloretos (mg L^{-1})	OD ^b (mg L^{-1})
Ponto 1	31	6.710	7.228	7,53	2.356	7,80
Ponto 2	31	6.900	5.825	7,47	2.351	5,24
Ponto 3	30	6.690	6.009	7,40	2.430	7,71
Resolução	---	1.000 ^c	500 ^d	6,0-9,0 ^d	250 ^d	5,0 ^d

^a STD = sólidos totais dissolvidos, ^b OD = oxigênio dissolvido, ^c Vigilância de Controle de Qualidade da Água para o Consumo Humano (2006), ^d resolução CONAMA n° 357/2005.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em relação à cor, observou-se que todas as amostras apresentaram coloração amarela, com a presença de alguns materiais em suspensão, quando, idealmente, deveriam ser transparentes. Embora não tenha sido medida instrumentalmente, acredita-se que a coloração não esteja de acordo com o padrão estabelecido pela Vigilância de Controle de Qualidade da água para o Consumo Humano (2006), que determina que a cor da água seja até 15 uH. Conforme destacado por Gomes *et al.* (2012), a cor da água está diretamente relacionada à presença de substâncias provenientes de diversas fontes, naturais ou não, tais como íons metálicos (como ferro e manganês), efluentes domésticos (contendo urina e fezes) ou industriais (corantes e outros). Todos estes fatores podem contribuir para a coloração inadequada da água.

Em relação à temperatura, foram observados valores em torno de 30°C. A Resolução CONAMA 357/2005 não define limites específicos para a temperatura nas diferentes classes de águas. Contudo, é importante destacar que essas medidas foram realizadas no local (*in loco*) às 8h da manhã. No estado do Piauí, as condições geográficas naturalmente favorecem um clima quente e seco, com o aumento da temperatura ao longo do dia, o que é observado no município de São Raimundo Nonato (Silva; Almeida; Mimura, 2020). Os resultados deste estudo se aproximam das temperaturas encontradas por Medeiros, Silva e Lins (2018) em seu trabalho sobre qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, onde as temperaturas máximas registradas foram de 32,4°C durante o período seco e 32,2°C no período chuvoso. Lemos, Ferreira Neto e Dias (2010) afirmam que a temperatura influencia no crescimento de bactérias, principalmente do grupo coliformes, o que destaca

ainda mais a importância de avaliar esse parâmetro. Temperaturas elevadas também estão associadas com a redução do teor de OD na água. No entanto, vale ressaltar que o caso descrito neste trabalho não se enquadra como poluição térmica, uma vez que este tipo de poluição ocorre quando as águas dos ambientes aquáticos são aquecidas de maneira artificial, resultando na diminuição da solubilidade dos gases (Baird; Cann, 2011).

A condutividade elétrica variou de 6.690 a 6.900 $\mu\text{S cm}^{-1}$, conforme apresentado na tabela 1. A resolução CONAMA não estabelece limites para este parâmetro. No entanto, esses valores estão significativamente acima do indicado pela Vigilância de Controle de Qualidade da Água para o Consumo Humano (2006), que diz que, em ambientes aquáticos contaminados por matéria orgânica, o valor da condutividade pode chegar até 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Valores elevados de condutividade frequentemente estão associados a fatores externos, como o lançamento de efluentes nos ambientes aquáticos (Medeiros; Silva; Lins, 2018).

Ao avaliar-se o pH, observou-se que os valores obtidos estavam próximos à neutralidade (7,40 a 7,53). Os valores de OD foram medidos *in loco*, obtendo os seguintes resultados: 7,80; 5,24 e 7,71 mg L^{-1} , para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente. Por outro lado, os valores de STD variaram de 6.009 a 7.228 mg L^{-1} , e os níveis de cloretos atingiram 2356, 2351 e 2430 mg L^{-1} , nos pontos 1, 2 e 3, respectivamente. Dentre estes, apenas os valores de pH e de OD permaneceram em conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, enquanto os outros resultados excederam substancialmente as diretrizes estipuladas por essa legislação, conforme é apresentado na tabela 1.

Avaliando os dados obtidos como um todo, os resultados de condutividade, STD, pH e OD se aproximam dos valores encontrados por Rosa Santos *et al.*, (2018), os quais foram 7.058 $\mu\text{S cm}^{-1}$, 1840 mg L^{-1} , 7,60 e 6,04 mg L^{-1} , respectivamente. De acordo com as diretrizes da Vigilância de Controle de Qualidade da Água para o Consumo Humano (2006), a presença de sólidos pode ser de origem natural ou antrópica. Quando se trata de fontes antrópicas, a principal contribuição provém, principalmente, de esgotos domésticos e da deposição inadequada de resíduos em ambientes aquáticos (Guedes *et al.*, 2012). Assim, acredita-se que este possa ser citado como o fator responsável pela contaminação da água na Lagoa do Mato. Além disso, os ambientes com concentrações elevadas de cloretos estão associados à contaminação por efluentes, com presença de elevados teores de sais e compostos orgânicos (Luz Netto; Danelon; Rodrigues, 2011).

Os resultados encontrados em relação a estes parâmetros corroboram com as observações feitas nas proximidades da lagoa, onde foi constatado que detritos estavam sendo vertidos diretamente nela, sem o devido tratamento.

5.3 AVALIAÇÃO DO TEOR DE METAIS NAS AMOSTRAS

Os teores dos metais (Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn) nas amostras de água foram medidos, revelando os valores apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Avaliação dos teores de metais nas amostras de água

	Dureza (mg L ⁻¹)	Na ⁺ (mmolc. L ⁻¹)	K ⁺ (mmolc. L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmolc. L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmolc. L ⁻¹)	Fe (mg L ⁻¹)	Mn (mg L ⁻¹)
Ponto 1	100,93	19,3	3,86	7,46	19,97	0,30	0,003
Ponto 2	106,14	21	4,07	7,32	21,32	0,32	0,03
Ponto 3	106,00	21,65	4,14	6,93	21,53	0,31	0,02
Resolução	75-150 ^a	0-40 ^a	0,0-0,05 ^a	0,0-20 ^a	0,0-5,0 ^a	0,30-5,0 ^b	0,1-0,5 ^b

^aAlmeida (2010), ^b Resolução CONAMA n° 357/2005 – limites para as classes 1, 2 e 3.

Fonte: elaborada pelo autor (2023)

A presença de íons metálicos em corpos d'água está relacionada em grande parte à composição química do sedimento e do solo da região (Baccan *et al.*, 2001). Em relação aos macroelementos Na e Ca, estes foram encontrados em concentrações normais nas amostras, conforme descrito por Almeida (2010). Já a determinação dos íons Ca e Mg trazem informações sobre a dureza da água. A dureza total é um parâmetro muito importante para avaliar a qualidade e corresponde à soma das concentrações individuais dos íons Ca e Mg. Quando as águas são classificadas como duras (150-300 mg L⁻¹), existe a possibilidade de formação de compostos insolúveis contendo Ca e Mg, o que pode provocar incrustações e danos à canos e tubulações. Com base nos resultados obtidos, as amostras de água da Lagoa do Mato se enquadram na categoria de dureza moderada (75-150 mg L⁻¹) (Baccan *et al.*, 2001; Rosa, Cardoso e Silva, 2008).

Embora tenham sido encontradas concentrações elevadas de K e Mg nas amostras, vale destacar que estes elementos são comuns em corpos hídricos e não são tóxicos. No entanto, suas concentrações elevadas podem resultar em alta condutividade elétrica, conforme visto anteriormente. Por outro lado, a presença de grandes quantidades de íons K⁺ e Cl⁻ em amostras ambientais é um indicativo de queima de biomassa, em regiões tropicais, especialmente durante o período seco (Mimura *et al.*, 2016). Isso está de acordo com a região de São Raimundo Nonato, onde infelizmente são observadas queimadas ilegais na caatinga

frequentemente, principalmente nos meses de agosto e setembro, prejudicando a qualidade do ar e afetando todo o ecossistema.

Em relação aos metais Fe e Mn, os resultados encontrados estavam em conformidade com as classes 1, 2 e 3 da Resolução CONAMA, conforme apresentado na tabela 2. Estes elementos são abundantes na crosta terrestre e estão presentes na água através de equilíbrios químicos envolvendo os compartimentos água, ar, solo e sedimento. Os elementos Cu e Zn também foram investigados nas amostras e apresentaram concentrações menores que o limite de detecção do espectrômetro. De acordo com a resolução, os valores estabelecidos são 0,009-0,013 e 0,18-5,0 mg L⁻¹, para Cu e Zn, respectivamente. Cu e Zn são microelementos presentes baixas concentrações em ambientes aquáticos, sendo que altas quantidades destes são comumente observadas em locais afetados por resíduos industriais e de mineração (Azevedo; Chasin; 2003). No entanto, na Lagoa do Mato, acredita-se que a principal fonte de poluição é representada pelos esgotos domésticos.

5.4 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS RELACIONADOS À PRESENÇA DE ESGOTO NAS AMOSTRAS

Na finalização das etapas experimentais, foram avaliados os parâmetros DQO, DBO, OD, coliformes fecais e *E.coli*, no laboratório SENAI em Petrolina, conforme detalhado na tabela 3.

Tabela 3: Avaliação dos parâmetros relacionados à presença de esgoto

Parâmetro	DQO ^a (mg L ⁻¹)	DBO ^b (mg L ⁻¹)	OD ^c (mg L ⁻¹)	Coliformes fecais (UFC/100 mL) ^e	<i>E. coli</i> ^d (UFC/100 mL)
Ponto 1	1633,0	50,7	5,0	11000	7600
Ponto 2	1209,3	14,6	6,0	5600	5600
Ponto 3	2209,0	24,1	7,0	11000	9400
Referência	---	10,0 ^f	> 4,0 ^f	4000 ^f	(ausência) ^g

^aDQO = Demanda química de oxigênio, ^bDBO = Demanda bioquímica de oxigênio, ^cOD = Oxigênio dissolvido, ^d*E. coli* = *Escherichia coli*, ^eUFC = Unidade formadora de colônia, ^fresolução CONAMA n° 357/2005, ^gPortaria n° 888.

Fonte: elaborada pelo autor (2023)

Os resultados de DQO revelaram valores de 1633,0, 1209,3 e 2209,0 mg L⁻¹ O₂ para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente. A Resolução CONAMA não estabelece limites de DQO para ambientes aquáticos. No entanto, quando estes resultados ultrapassam 600 mg L⁻¹ há

indícios de contaminação por esgoto (Von Sperling, 2005; Baird; Cann, 2011). Já os valores de DBO foram 50,7 mg L⁻¹ O₂ para o ponto 1, 14,6 mg L⁻¹ O₂ para o ponto 2 e 24,1 mg L⁻¹ O₂ para o ponto 3. Esses resultados excederam os limites estabelecidos pela resolução (10,0 mg L⁻¹). Teoricamente, os valores de DBO deveriam ser metade dos encontrados para DQO, o que não foi observado neste caso.

A avaliação dos níveis de OD foi novamente realizada nas análises em Petrolina, pois a medida do OD é necessária para avaliar os parâmetros de DQO e DBO, no dia da análise e não apenas no dia da coleta. Os valores obtidos em Petrolina foram inferiores aos medidos *in loco*, devido à presença significativa de matéria orgânica nas amostras, que pode ter consumido parte desse oxigênio, desde o momento da coleta até à análise. De acordo com as diretrizes da Vigilância de Controle de Qualidade da Água para o Consumo Humano (2006), o aumento da matéria orgânica na água está diretamente relacionado ao crescimento bacteriano, o que pode levar à redução do OD. É importante ressaltar que mesmo quando o OD está dentro dos parâmetros estabelecidos, isso não garante automaticamente que a água da Lagoa do Mato seja adequada para a vida das espécies que a habitam, pois os demais parâmetros devem ser avaliados como um todo (Guimarães; Nour, 2001). Por exemplo, os resultados da DQO e DBO foram consideravelmente elevados, indicando que as altas concentrações de matéria orgânica presentes podem prejudicar os seres vivos ali encontrados.

Ao examinar estudos de avaliação da água de bacias e lagoas no Brasil, não foram encontrados resultados semelhantes aos da Lagoa do Mato para fins de comparação, conforme indicado na tabela 4.

Tabela 4: principais resultados de DQO, DBO e OD em amostras de água em corpos hídricos em cidades Brasileiras

Local	Cidade - Estado	Ano	DQO (mg L ⁻¹)	DBO (mg L ⁻¹)	OD (mg L ⁻¹)	Referência
Bacia	Sapucaia - SE	2018	-	8,05	8,98	Rosa Santos <i>et al.</i> (2018)
Ribeirão da Mata	Santa Luzia - MG	2017	23,40	1,28	6,20	Torres et al. (2017)
Lagoa	Laguna - SC	2022	350	1,20	9,30	João e Silva (2022)
Córrego	Ijuí - RS	2022	18,65	13,51	-	Jacoboski e Fachinnetto (2022)

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Apesar dos resultados de OD obtidos neste estudo apresentarem semelhanças com os valores das pesquisas citadas na tabela 4, os resultados referentes à matéria orgânica obtidos

na Lagoa do Mato são completamente diferentes. Ou seja, em ambientes naturais não impactados pelo homem, os valores de DQO e DBO são baixos.

Por outro lado, a ocorrência de valores elevados é frequentemente obtida em investigações sobre estações de esgoto, águas residuárias e efluentes industriais. Por exemplo, no estudo de revisão conduzido por Tabelini *et al.* (2023) sobre águas residuárias de indústrias de laticínios no município de Viçosa-MG, os valores de DQO e DBO registrados extremamente elevados: 5143 e 2790 mg L⁻¹, respectivamente. Similarmente, na revisão de Ramos *et al.* (2020) sobre efluentes de indústrias têxteis, os resultados de DQO e DBO encontrados foram 10488 e 1620 mg L⁻¹, respectivamente. Sisino e Moreira (1996) realizaram um estudo em um aterro controlado em Niterói – RJ e os resultados encontrados para DQO e DBO foram 11.500 e 4.000 mg L⁻¹, respectivamente.

Voltando à tabela 3, os valores das análises de coliformes fecais, também chamados de termotolerantes, foram 11000, 5600, 11000 UFC/100 mL para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente, excedendo os limites estabelecido pelo CONAMA. Essa regulamentação define os valores de coliformes fecais para as diferentes classes: especial, 1, 2 e 3, com limites de ausência, 200, 1.000 e 4.000 UFC/100 mL respectivamente. Os resultados de *E. coli* foram 7600, 5600, 9400 UFC/100 mL, os quais excederam os limites estabelecidos pela Portaria n° 888 do Ministério da Saúde (2021), que determina a ausência de *E. coli* em 100 mL. Esses microrganismos têm origem nas fezes de seres humanos e animais de sangue quente. Rego, Barros e Santos (2010) afirmam que a presença de coliformes termotolerantes e *E. coli* em ambientes aquáticos indica riscos à saúde humana, pois pode causar doenças do trato gastrointestinal, conforme já citado anteriormente (Rosa; Barros; Santos, 2016).

Com esses resultados ressalta-se a importância de monitorar e tomar medidas para reduzir a poluição de matéria orgânica e efluentes domésticos nesse ecossistema, visando a preservação da sua biodiversidade e da qualidade da água. Segundo Jacoboski e Fachineto, (2022) uma das principais fontes responsáveis por elevadas cargas de matéria orgânica são os esgotos domésticos, o que foi observado nas proximidades da Lagoa do Mato durante as visitas.

Diante dos dados encontrados, a água da Lagoa do Mato poderia ser classificada como pertencente à classe 4, conforme a Resolução CONAMA n° 357/2005, ou seja, só pode ser usada para navegação. Tal classificação decorre do fato de que a maioria dos parâmetros analisados apresentou valores superiores aos limites permitidos por essa legislação. No entanto, essa classificação pode mudar caso seja implementada uma estratégia de

recuperação e tratamento da lagoa. Essa constatação ressalta a necessidade de medidas e intervenções para a melhoria da qualidade da água na região.

A Prefeitura de São Raimundo Nonato – PI está ciente da situação que afeta a Lagoa do Mato e das irregularidades relacionadas à estação elevatória de esgoto. Segundo a secretaria do meio ambiente do município, há uma preocupação com as condições ambientais e sociais da região. Por isso, a secretaria financiou algumas análises das amostras coletadas, para a obtenção dos parâmetros DQO, DBO, OD, bem como os parâmetros biológicos. Para discutir estes e outros assuntos relacionados à água sob o âmbito do estado, recentemente a prefeitura ingressou no comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba. No entanto, muitas outras ações devem ser implementadas a fim de entender, monitorar e agir diante dos desafios ambientais que a Lagoa do Mato enfrenta.

6 CONCLUSÃO

Neste estudo, foram realizadas diversas análises a fim de estudar a qualidade da água na Lagoa do Mato, localizada no município de São Raimundo Nonato, no estado do Piauí, avaliando parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Os resultados para os parâmetros pH, OD e alguns metais permaneceram em conformidade com a regulação estabelecida. Entretanto, os parâmetros STD, condutividade elétrica, cloretos, DBO, coliformes termotolerantes e *E. Coli* demonstraram valores consideravelmente acima dos limites estabelecidos. Esses resultados evidenciam a contaminação da Lagoa do Mato por efluentes domésticos, provenientes de ações humanas, o que representa uma ameaça significativa tanto para o meio ambiente local quanto para a saúde da população.

Diante desse cenário, a contaminação da água na Lagoa do Mato por esgoto ressalta a necessidade de adotar medidas corretivas e implementar políticas de gestão a fim de restaurar e, posteriormente, conservar a qualidade da água nesse ecossistema. Tais medidas são fundamentais para assegurar a saúde de todas as formas de vida que habitam nesse ambiente aquático, bem como para proteger as comunidades locais. Portanto, é fundamental analisar e buscar soluções para melhorar a condição desse importante ecossistema e para a manutenção do equilíbrio ecológico na região.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Otávio Álvares de. **Qualidade da água de Irrigação**. Cruz das Almas - Ba: Embrapa, 2010. 219 p.
- ANA. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. [2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- ANVISA. Resolução nº 91, de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre as Boas Práticas para o Sistema de Abastecimento de Água ou Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água em Portos, Aeroportos e Passagens de Fronteiras. **Diário Oficial da União**. Brasília, 30 de jun. 2016. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2016/rdc0091_30_06_2016.pdf. Acesso em: 12 jun. 2023.
- AQUINO, Sérgio F. de; SILVA, Silvana de Queiroz; CHERNICHARO, Carlos A. L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 295-304, dez. 2006.
- ATINKS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- AZEVEDO, Fausto Antonio; CHASIN, Alice. A. da Mata. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.
- BACCAN, Nivaldo *et al.* **Química Analítica Quantitativa Elementar**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2001.
- BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2011. 831 p.
- BAIRD, Rodger B.; EATON, Andrew D.; RICE, Eugene W. **Standard Methods: for the examination of water and wastewater**. 23. ed. [S.L]: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environm Federationent, 2017. 1546 p.
- BATISTELLA, Valeska Morgana Corrêa; GOTTARDO, Franciele Maria; OLIVEIRA, Aline Pedrosa de. Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química da água superficial da bacia do Rio Jauquara. **Natural Resources**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 1-8, 9 set. 2019.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 12 jun. 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária em Vigilância em Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água Para O Consumo Humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Painel Saneamento. **A água transforma**. 2021. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/>. Acesso em: 13 jul. 2023.

BRASIL. 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. **Diário Oficial da União**. Brasília, 4 maio 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: 12 jun. 2023.

CONAMA. 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, 17 mar. 2005. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAOCONAMAn357.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-C. **Diário Oficial da União**. Brasília, 16 maio 2011. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-430-2011.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

ESTEVEZ, Francisco de Assis. **Fundamentos da Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 226 p.

FUZINATTO, Cristiane Funghetto. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água**. 2009. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GEERDINK, René Bernard; HURK, Ricardo Sebastiaan van Den; EPEMA, Onno Jacob. Chemical oxygen demand: historical perspectives and future challenges. **Analytica Chimica Acta**, [S.L.], v. 961, p. 1-11, abr. 2017.

GLOBO. **Moradores de assentamento no Sul do Piauí sofrem com falta de água há três meses**. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2021/06/04/moradores-de-assentamento-no-sul-do-piaui-sofrem-com-falta-de-agua-ha-tres-meses.ghtml>. Acesso em: 03 jul. 2023.

GOMES, Adely Suelma Pereira *et al.* Estudo qualitativo da água no município de Picuí-PB, enfocando os parâmetros cor, turbidez e pH. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do Ifpb**, [S.L.], v. 1, n. 20, p. 38, 1 jul. 2012.

GOOGLE, E. **Local da área de estudo**. 2023. 2 fotografia.

GOOGLE, E. **Pontos de coleta das amostras de água**. 2023. 3 fotografia.

GRASSI, Marco Tadeu; JARDIM, Wilson de Figueiredo. Ozonização de Águas: aspectos químicos e toxicológicos. **Dae - Sabesp**, [S.l.], v. 173, n. 1, p. 1-6, set. 1993.

GUEDES, Hugo A. S. *et al.* Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 558-563, maio 2012.

GUIMARÃES, José Roberto; NOUR, Edson Aparecido Abdul. Tratando Nossos Esgotos: Processos que Imitam a Natureza. **Química Nova na Escola: Cadernos Temáticos**, n. 1, p. 19-30, maio 2001.

<https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Publications/FactSheet35en.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2023.

IBGE. **Cidades e Estados**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi/sao-raimundo-nonato.html>. Acesso em: 12 jun. 2023.

JACOBOSKI, Bruna Kopezinski; FACHINETTO, Juliana. Avaliação da qualidade da água do Arroio Matadouro, Ijuí, Rio Grande do Sul, por parâmetros físico-químicos e pelo teste de Allium cepa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.l.], v. 27, n. 3, p. 489-497, jun. 2022.

JOÃO, Jair Juarez; SILVA, Cintia Souza da. Avaliação do grau de contaminação da água e do sedimento de uma região costeira subtropical: sistema estuarino de laguna, santa catarina, brasil / evaluation of the degree of water and sediment contamination from a subtropical coastal region. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 30505-30524, 25 abr. 2022.

KOLB, Marit; BAHADIR, Müfit; TEICHGRÄBER, Burkhard. Determination of chemical oxygen demand (COD) using an alternative wet chemical method free of mercury and dichromate. **Water Research**, [S.L.], v. 122, p. 645-654, out. 2017.

LEMO, Marcílio de; FERREIRA NETO, Miguel; DIAS, Nildo da S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 155-164, fev. 2010.

LUZ NETTO, Fausto Miguel da; DANELON, Jean Roger Bombonato; RODRIGUES, Silvio Carlos. Avaliação da qualidade da água e do uso da terra da bacia hidrográfica do córrego terra branca - Uberlândia - MG. **Geogr. Acadêmica**, Uberlândia, v. 5, n. 2, p. 66-75, dez. 2011.

MACÊDO, Jorge Luiz de. **Análise do Sistema de Abastecimento de Água de São Raimundo Nonato - Piauí da Companhia de Saneamento Básico Sob o Foco do Planejamento e Controle da Produção**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Paulista - Unip, São Paulo, 2016.

MEDEIROS, Waneska Maria Vasconcelos; SILVA, Carlos Ernando da; LINS, Ruceline Paiva Melo. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 17. 2018.

MIMURA, Aparecida Maria Simões et al. Chemical composition monitoring of tropical rainwater during an atypical dry year. **Atmospheric Research**, v. 169, p. 391–399, 2016.

NOLASCO, Glauco Maciel *et al.* Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/Mg**, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 52-64, 12 dez. 2020.

ONU. United Nations Human Rights. **The Right to Water**. Geneva: United Nations High Commissioner for Human Rights, 2010. n. 35; 61 f. Disponível em: <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Publications/FactSheet35en.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2023.

PORTAL O DIA.COM. **São Raimundo Nonato**: população pede água potável. 2020. Disponível em: <https://portalodia.com/noticias/piaui/sao-raimundo-nonato-populacao-pedeaguapotavel378456.html#:~:text=Durante%20a%20visita%20do%20presidente%20Ja%20Bolsonaro%20%20C3%A0,moradores%20%20a%20%20C3%A1gua%20%20C3%A9%20m%20para%20o%20consumo..> Acesso em: 03 jul. 2023.

RAMOS, Márcio Daniel Nicodemos *et al.* Análise Crítica das Características de Efluentes Industriais do Setor Têxtil no Brasil. **Virtual Química**, Mato Grosso, v. 12, n. 4, p. 913-929, jun. 2020.

REGO, Neylor Alves Calasans; BARROS, Sizínio Rosa; SANTOS, José Wildes Barbosa dos. Avaliação espaço-temporal da concentração de coliformes termotolerantes na lagoa encantada, Ilheús, Bahia, Brasil. **Rede - Revista Eletrônica do Problema**, Fortaleza, v. 4, n. 1, p. 56-69, jan. 2010.

ROCHA, Julio Cesar; ROSA, André Henrique; CARDOSO, Arnaldo Alves. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ROCHA, Silvania Arreco; LOUGON, Marcela Silva; GARCIA, Giovanni de Oliveira. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. **Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 4, p. 1-6, dez. 2009.

ROSA, Joice Lara; BARROS, Renata Ferreira; SANTOS, Mônica de Oliveira. Características da Escherichia coli enterohemorrágica (EHEC). **Ciência da Saúde**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 67-78, jun. 2016.

SANTOS, R. Q. **Localização da Lagoa do Mato, em São Raimundo Nonato, PI**. 2023. 1 fotografia.

SANTOS, Rosa Cecília Lima *et al.* Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.l.], v. 23, n. 1, p. 33-46, 3 ago. 2018.

SANTOS, Sizabeli *et al.* Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí, Santa Maria/RS. **Sociedade & Natureza**, [S.l.], v. 30, n. 2, p. 23-44, 2018.

SILVA, Márcio Cristiano da; GUEDES, Josiel Alencar. Qualidade ambiental do açude de Pataxó (Ipanguaçu/RN). **Revista Pensar Geografia**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 30-43, 2020.

SILVA, Naiana Rosa da; ALMEIDA, Andreia Araújo de; MIMURA, Aparecida Maria Simões. O uso de mandacaru na alimentação de bovinos no interior do Piauí. **Agropecuária Científica no Semiárido**, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 104, 4 dez. 2020.

SISINNO, Cristina L. S.; MOREIRA, Josino Costa. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 515-523, dez. 1996.

TABELINI, Diego Borges *et al.* A review on the characteristics and methods of dairy industry wastewater treatment in the state of Minas Gerais, Brazil. **Journal Of Water Process Engineering**, [S.L.], v. 53, p. 103779, jul. 2023.

TORRES, Isabela Araujo *et al.* Avaliação físico-química de amostras de água, sedimento e mata ciliar de uma piscicultura localizada em área agroindustrial à margem do Ribeirão da Mata (MG). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 773-780, ago. 2017.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Recursos Hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro de Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques da. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Ecletica Quimica**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 49-66, 8 dez. 1997. Ecletica Quimica.

VASCO, Anderson Nascimento do *et al.* Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 118-130, 30 abr. 2011.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2005.

WEBER, Rolf. Sistemas Costeiros e Oceânicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 137-143, 1992.