

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E
SANEAMENTO



ANNE ELIZABETH DOS SANTOS CORREIA

**Análises quantitativa e qualitativa das águas superficiais da Bacia
Hidrográfica do Riacho Doce/AL para avaliação das cargas de
poluição**

Maceió
2023

ANNE ELIZABETH DOS SANTOS CORREIA

**Análises quantitativa e qualitativa das águas superficiais da Bacia
Hidrográfica do Riacho Doce/AL para avaliação das cargas de
poluição**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lucena
Cavalcante de Amorim

Maceió
2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus avós Zafira Monteiro e Antônio Batista (*in memoriam*)

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S586i Correia, Anne Elizabeth dos Santos.
Análises quantitativa e qualitativa das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Riacho Doce/AL para avaliação das cargas de poluição / Anne Elizabeth dos Santos Correia. – 2023.
[69] f. : il. color.

Orientador: Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim.
Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 64-67.
Apêndices: f. [68]-[69].

1. Saneamento. 2. Qualidade da água. 3. Monitoramento ambiental. 4. Poluição ambiental. I. Título.

CDU: 628



Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Centro de Tecnologia - CTEC

Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento - PPGRHS



Folha de Aprovação

ANNE ELIZABETH DOS SANTOS CORREIA

ANÁLISES QUANTITATIVA E QUALITATIVA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DOCE/AL PARA AVALIAÇÃO DAS CARGAS DE POLUIÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Documento assinado digitalmente
gov.br EDUARDO LUCENA CAVALCANTE DE AMORIM
Data: 14/03/2024 08:42:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Em: 28 /09 /2023

Prof. Dr. Eduardo Lucena Cavalcante de
Amorim (Orientador - PPGRHS/ CTEC/UFAL)

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br EMERSON CARLOS SOARES E SILVA
Data: 14/03/2024 08:28:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Emerson Carlos Soares e Silva
(Examinador Interno – PPGRHS/ CTEC/UFAL)

Documento assinado digitalmente
gov.br LUCIANO FARIAS DE NOVAES
Data: 13/03/2024 16:12:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes
(Examinador Externo à Instituição – URP)

UFAL - Campus A.C. Simões- Av. Lourival Melo Mota s/n – Cidade Universitária
57.072-970 Maceió – AL – Brasil

Tel.: (82) 3214 1863 / e-mail: ppgrhs@gmail.com / Homepage: <http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgrhs>

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar forças para conciliar o trabalho com as atividades acadêmicas; à minha família, por todo incentivo para que eu não desistisse perante as adversidades, e por sempre acreditar que eu sou capaz. Em especial, à minha mãe e irmãs, que são meus exemplos de vida; aos primos Paulinho e Simone, além dos amigos da Pedra Velha, que por tantas vezes se privaram da minha companhia e conseguiram entender a fase que eu estava vivenciando. Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Lucena, por me transmitir tranquilidade nos momentos mais difíceis e por agregar tanto conhecimento à minha formação acadêmica. Agradeço também a todos os professores do PPGRHS pelos ensinamentos durante as aulas do mestrado, a Profa. Dra. Nélia Callado e Prof. Dr. Marllus Gustavo pelas contribuições durante a etapa da qualificação. Ao técnico de hidráulica Henrique, por colaborar com as medições de vazão, e aos motoristas, por serem tão atenciosos durante as idas e vindas a campo. Aos meus amigos do mestrado, Fernando, pelo auxílio nas coletas de campo, e Helenice, pela paciência em tirar minhas dúvidas. Aos amigos do trabalho Rayane e Hamine, que tanto contribuíram durante a fase da qualificação e claro ao meu amigo Denis Costa, por me incentivar a ingressar no mestrado. Ao Felipe pela força nesta reta final; às empresas Phyto Engenharia, em nome de Carlos Leal, Meio Ambiente & Soluções Adequadas, Qualitex Engenharia e Serviços e Sanama (Saneamento Alta Maceió), em nome do técnico Carlos, pela parceria na realização desta pesquisa.

RESUMO

Em um cenário cuja disponibilidade hídrica para consumo humano está cada vez mais comprometida, torna-se de extrema importância a conservação das águas e adoção de medidas que mitiguem a degradação de rios, mares e lagoas, de forma a garantir a qualidade dos recursos hídricos. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência das fontes poluidoras na qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Riacho Doce/AL. A metodologia teve início com a delimitação da área, a determinação de um plano de monitoramento da qualidade da água e medições de vazão para a obtenção da carga poluente, com coletas mensais realizadas de março de 2022 a janeiro de 2023, nas estações seca e chuvosa, ao longo do Riacho Doce até a Foz. Nesse sentido foram realizadas medições *in loco* em quatro pontos com a sonda HORIBA U53 que determina: pH, temperatura da água, ORP, condutividade, turbidez, OD e salinidade. Uma amostra de água para cada ponto foi armazenada para que, posteriormente, fossem obtidas as variáveis de qualidade a partir do emprego de metodologias laboratoriais, são elas: DBO₅, coliformes totais, nitrogênio amoniacal total e fósforo. Por fim a medição de vazão se deu a partir do uso do molinete, com a finalidade de calcular a carga poluente em cada ponto de coleta. Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que as características de uso e ocupação do solo afetam diretamente na qualidade da água, tendo em vista que foram encontrados, para todos os parâmetros físico-químicos e biológicos analisados, concentrações acima do permitido na legislação quando da proximidade de áreas de grande acúmulo de resíduos sólidos, que eram o caso dos pontos de estudo P1 (Cabeceira da Bacia, a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto) e P2 (Grotta da Esperança), áreas com ocupação desordenada, além dos Pontos P3 (Bairro Riacho Doce) e P4 (Foz de Riacho Doce), que estão respectivamente em áreas de pastagens e de ocupação urbana, onde no período chuvoso apresentaram carga média de DBO de 505,29 Kg/dia e 305,06 Kg/dia, exceto no parâmetro de turbidez que para estes últimos dois pontos atendeu a legislação. Essa situação reforça a importância de políticas públicas eficientes que possam evitar a poluição de corpos hídricos utilizados para abastecer a população. O tratamento de esgotos, a coleta de resíduos sólidos e a drenagem eficaz das águas pluviais são indispensáveis para evitar a degradação do meio ambiente e preservar a qualidade dos mananciais superficiais.

Palavras-chave: Saneamento. Qualidade da Água. Monitoramento. Poluição.

ABSTRACT

In a scenario where water availability for human consumption is increasingly compromised, it is extremely important to conserve water and adopt measures that mitigate the degradation of rivers, seas and lakes, in order to guarantee the quality of water resources. In this sense, the objective of this work was to analyze the influence of polluting sources on the quality of surface waters in the Riacho Doce/AL Hydrographic Basin. The methodology began with the delimitation of the area, the determination of a water quality-monitoring plan and flow measurements to obtain the pollutant load, with monthly collections carried out from March 2022 to January 2023, in the dry and rainy seasons, along the Riacho Doce River to the mouth. On-site measurements were taken at four points using the HORIBA U53 probe, which evaluate pH, water temperature, ORP, conductivity, turbidity, DO and salinity. A water sample for each point was stored so that the quality variables could later be obtained using laboratory methodologies, namely: BOD5, total coliforms, total ammonia nitrogen and phosphorus. Finally, the flow rate was measured from the use of the windlass, with the purpose of calculating the pollutant load at each collection point. Based on the results obtained, it is possible to conclude that the characteristics of land use and occupation directly affect water quality, considering that, for all physical-chemical and biological parameters analyzed, concentrations were found above those permitted by legislation when the proximity of areas with large accumulation of solid waste, which was the case of study points P1 (Bowl head), downstream of the Sewage Treatment Station) and P2 ("Grota da Esperança"), areas with disorderly occupation, in addition to the Points P3 (District "Riacho Doce") and P4 (Mouth of "Riacho Doce"), which are respectively in areas of pasture and urban occupation, where in the rainy season they presented an average DBO load of 505.29 kg/day and 305.06 kg/day, except for the turbidity parameter that met the legislation. This situation reinforces the importance of efficient public policies that can prevent pollution of water bodies used to supply the population. Sewage treatment, solid waste collection and effective drainage of rainwater are essential to prevent environmental degradation and preserve the quality of surface water sources.

Key words: Sanitation. Water quality. Monitoring. Pollution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Doce	12
Figura 2: Bacia de Drenagem e Hidrográfica do Riacho Doce	19
Figura 3: Pontos de Amostragem	22
Figura 4: Monitoramento com a sonda Horiba	23
Figura 5: Método da Meia Seção.....	24
Figura 6: Etapas de monitoramento da Bacia do Riacho Doce.....	25
Figura 7: Ponto 1 (Sanama).....	26
Figura 8: Ponto 2 (Grota da Esperança).....	27
Figura 9: Ponto 3 (Bairro Riacho Doce).....	27
Figura 10: Ponto 4 (Foz de Riacho Doce).....	28
Figura 11: Precipitação Mensal Acumulada Jan a Dez/2022 de Maceió	29
Figura 12: Vazão (m ³ /s)	29
Figura 13: P1 - valores de turbidez observados de forma sazonal	31
Figura 14: P2 - valores de turbidez observados de forma sazonal	32
Figura 15: P3 - valores de turbidez observados de forma sazonal	32
Figura 16: P4 - valores de turbidez observados de forma sazonal	33
Figura 17: Ponto 3 (Bairro Riacho Doce), 27/06/2022	33
Figura 18: Obra de duplicação da BR101- Norte, 19/04/2022.....	34
Figura 19: P1 - valores de OD observados de forma sazonal	35
Figura 20: P2 - valores de OD observados de forma sazonal	35
Figura 21: P3 - valores de OD observados de forma sazonal	36
Figura 22: P4 - valores de OD observados de forma sazonal	36
Figura 23: P1 - valores de DBO observados de forma sazonal.....	37
Figura 24: P2 - valores de DBO observados de forma sazonal.....	38
Figura 25: P3 - valores de DBO observados de forma sazonal.....	38
Figura 26: valores de DBO observados de forma sazonal	39
Figura 27: P1 - valores de Nitrogênio Amoniacal observados de forma sazonal.....	40
Figura 28: P2 - valores de Nitrogênio Amoniacal observados de forma sazonal.....	40
Figura 29: P3 - valores de Nitrogênio Amoniacal observados de forma sazonal.....	41
Figura 30: P4 - valores de Nitrogênio Amoniacal observados de forma sazonal.....	41
Figura 31: P1 - valores Potencial Hidrogeniônico observados de forma sazonal	42
Figura 32: P2 - valores Potencial Hidrogeniônico observados de forma sazonal	43
Figura 33: P3 - valores Potencial Hidrogeniônico observados de forma sazonal	43
Figura 34: P4 - valores Potencial Hidrogeniônico observados de forma sazonal	44
Figura 35: P1 - valores de Fósforo observados de forma sazonal	45
Figura 36: P2 - valores de Fósforo observados de forma sazonal	45
Figura 37: P3 - valores de Fósforo observados de forma sazonal	46
Figura 38: P4 - valores de Fósforo observados de forma sazonal	46
Figura 39: valores de Coliformes Termotolerantes observados de forma sazonal	47
Figura 40: valores de Coliformes Termotolerantes observados de forma sazonal	48
Figura 41: valores de Coliformes Termotolerantes observados de forma sazonal	48
Figura 42: valores de Coliformes Termotolerantes observados de forma sazonal.....	49
Figura 43: Carga Média de DBO (Kg/dia).....	50
Figura 44: Carga Média de Nitrogênio (Kg/dia).....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 01:	Característica Físicas da Bacia do Riacho Doce	20
Tabela 02:	Descrição dos pontos de amostragem	21
Tabela 03:	Parâmetros analisados nas campanhas de monitoramento	23
Tabela 04:	Análise de conformidade dos parâmetros	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
IBGE	Comissão Técnica de Estudo Especial Temporária de Terminologia
Sanama	Saneamento Alta Maceió
SNS/MDR	Secretaria Nacional de Saneamento do Desenvolvimento Regional do Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	10
2.1	Geral	10
2.2	Específicos	10
3	REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1	Urbanização e a relação com as fontes de poluição.	11
3.1.1	Uso e ocupação do solo	11
3.1.2	Fontes de Poluição	13
3.1.3	Precipitações	14
3.2	Legislação e aspectos qualitativos e quantitativos da água em bacias hidrográficas	15
3.2.1	Legislação	15
3.2.2	Parâmetros Físico-Químicos e biológicos de Qualidade da Água	15
3.2.2.1	Variáveis físicas	16
3.2.2.2	Variáveis químicas	16
3.2.2.3	Variáveis biológicas	17
3.3	Avaliação de cargas poluidoras	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1	Área de Estudo	19
4.2	Características Físicas da Bacia	20
4.3	Amostragem e Caracterização das Amostras	21
4.4	Medição de Vazões	24
4.5	Obtenção das cargas poluentes	25
4.5.2	Análise qualitativa pela Legislação	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1	Caracterização da Bacia do Riacho Doce	26
5.2	Precipitação e vazão	28
5.3	Variáveis de qualidade da água	30
5.3.1	Turbidez	30
5.3.2	Oxigênio Dissolvido	34
5.3.3	Demanda Bioquímica de Oxigênio	37
5.3.4	Nitrogênio Amoniacal	39
5.3.5	pH	42
5.3.6	Fósforo	44
5.3.7	Coliformes termotolerantes	47

5.4 Análise geral dos parâmetros	49
5.5 Análise das cargas poluidoras	50
6 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICES	

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são fundamentais para manutenção e preservação dos meios bióticos, físicos e sociais. Alcançar a sustentabilidade de uso desses recursos e da ocupação de solo em bacias hidrográficas é um desafio frente às complexidades do ciclo hidrológico. O lançamento de esgotos não tratados, o processo de drenagem urbana de áreas contaminadas e a má disposição de resíduos sólidos são fatores que contribuem para contaminação dos cursos d'água. Neste sentido, é necessário a implantação de políticas públicas efetivas que possam permitir o desenvolvimento sustentável de atividades antrópicas aliadas à preservação ambiental.

No passado a água era tida com um bem infinito e a capacidade de autodepuração dos corpos hídricos era infundável, porém, há algumas décadas, o crescimento populacional, o desenvolvimento industrial e agrícola, geraram uma preocupação com a disponibilidade dos recursos hídricos, em virtude do uso excessivo e a degradação dos mananciais. O processo de urbanização associado à falta de saneamento básico tem gerado índices elevados de contaminação dos mananciais urbanos, estes por sua vez utilizados para promover o escoamento de efluentes domésticos e industriais (MIRANDA et al., 2009).

A poluição de rios urbanos e a alta incidência de doenças de veiculação hídricas são problemas comuns nesse cenário, e o controle destas cargas orgânicas é o gargalo para os gestores da qualidade da água, a dificuldade em controlar esta contaminação está associada aos índices de saneamento do país (ANA, 2019).

A Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional do Brasil (SNS/MDR, 2021), traçou o panorama do saneamento básico no Brasil (2021, p.87) e fez a seguinte afirmação:

Com relação ao tratamento de esgotos, do volume coletado pelo sistema público existente, 79,8% recebe tratamento antes de ser lançado no corpo receptor. No entanto, do volume gerado, em relação ao volume de água consumido, apenas 50,8% recebe tratamento, ou seja, cerca de metade do esgoto produzido no país pode estar sendo lançado na natureza sem tratamento, contribuindo para os diversos problemas associados à essa prática. De forma similar ao caso do atendimento com redes de coleta, os menores índices de tratamento de esgoto gerado no país são identificados nas macrorregiões Norte e Nordeste.

Diante desses números, percebe-se que os corpos hídricos recebem cargas poluidoras pontuais, decorrente de atividade antrópica e de fontes dispersas no tempo e espaço, classificadas como cargas difusas. As cargas pontuais são provenientes, principalmente, de efluentes industriais e estações de tratamento de esgoto; já a carga difusa apresenta vários fatores, mas destaca-se a carga de lavagem da superfície da bacia hidrográfica por eventos de precipitação. Ressalta-se ainda que o lançamento irregular de esgoto doméstico por ausência de rede coletora é classificado como difuso, apesar da pontualidade da descarga (ARAÚJO, 2005).

Visando minimizar os efeitos da presença de poluentes, por conseguinte a degradação da qualidade nos corpos d'água das bacias urbanas, é importante um planejamento para controle e melhor aproveitamento dos recursos hídricos, tornando-se indispensável inicialmente a estimativa e análise de dados referente à qualidade e quantidade de água.

Diante deste contexto, estudos foram realizados em Bacias de Maceió, como por exemplo, Silva (2014) que relacionou a incidência de doenças com os serviços de saneamento básico da bacia do Reginaldo. Barros (2015) buscou entender a aplicabilidade de medidas de controle do escoamento superficial urbano sendo implantadas em diferentes escalas na bacia do Sapo, e Pacheco (2022) que abordou a definição de parâmetros prioritários para o enquadramento de bacias hidrográficas em processo de urbanização, na própria Bacia de Riacho Doce.

Assim, o presente estudo tem a finalidade de analisar as cargas poluidoras na Bacia do Riacho Doce em pontos estratégicos na cabeceira e próximo à foz, avaliando-se diferentes parâmetros de qualidade da água.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a influência das fontes poluidoras na qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Riacho Doce, a partir do monitoramento quali-quantitativo.

2.2 Específicos

- Avaliar a influência da sazonalidade na qualidade da água superficial;
- Determinar a carga orgânica em pontos específicos;
- Discutir aspectos legais pertinentes a qualidade da água.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta conceitos relacionados ao processo de urbanização, poluição das águas, aspectos qualiquantitativos, enquadramento conforme a legislação.

3.1 Urbanização e a relação com as fontes de poluição.

3.1.1 Uso e ocupação do solo

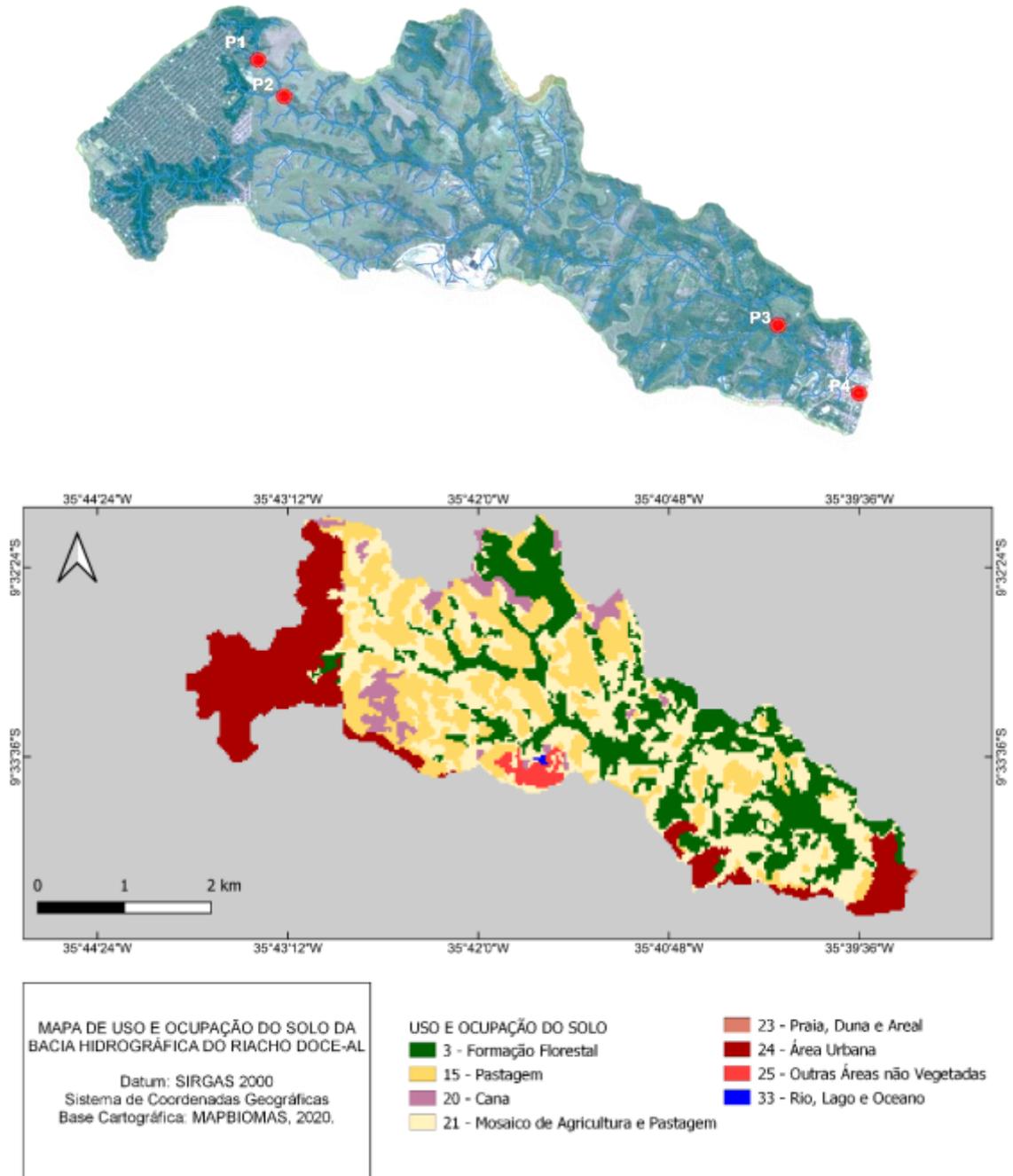
A deterioração ambiental em cidades de médio e grande porte é um problema que afeta as áreas urbanas e em expansão, tal fato é provocado por ocupação de fundo de vales, supressão de matas ciliares, disposição inadequada de resíduos sólidos, disposição de efluentes líquidos sem tratamento prévio, adensamento populacional em áreas impróprias, o que configura um cenário de utilização inadequada do solo urbano.

No processo de desenvolvimento e expansão urbana, os rios, córregos e demais corpos d'água, que corroboram para a drenagem, são diretamente afetados. Segundo Mota (1999), as ações antrópicas no meio ambiente, ocorrem de forma rápida e variada, e muitas vezes não permitem a recuperação espontânea da natureza.

Este crescimento acelerado da urbanização, promove o uso indiscriminado dos recursos hídricos e, conseqüentemente, a escassez e a deterioração da qualidade da água para consumo humano (GONDOLO, 1999).

A Figura 1 mostra a ocupação do solo na Bacia Hidrográfica de Riacho Doce, percebe-se que os pontos 1 e 2 estão em uma área de ocupação urbana e pastagem, já os pontos 3 e 4, respectivamente, em área de formação florestal e ocupação urbana

Figura 1: Uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Doce



Fonte: PACHECO, 2022

Reis (2015) afirma que a expansão urbana nem sempre está vinculada ao desenvolvimento da infraestrutura adequada, ademais, a não observância das características naturais do ambiente e a antropização da região sem o planejamento do espaço tem ocasionado um aumento nos problemas que atingem a sociedade, a exemplo de enchentes e inundações urbanas.

Objetivando a criação de ferramentas e políticas para o ordenamento do uso e ocupação do solo no Brasil, a Constituição da República Federativa do Brasil, publicada em 05 de outubro de 1988 estabelece em seus artigos 182º e 183 que a ordenação e o pleno desenvolvimento das funções das cidades que visam garantir o bem-estar da população é de competência dos municípios. O plano diretor municipal é uma ferramenta prevista na constituição para cidades acima de vinte mil habitantes, o mesmo é um instrumento básico de desenvolvimento e expansão urbana (BRASIL, 1988).

Em busca da sustentabilidade, de qualidade e quantidade de água, mudanças nas atitudes, tanto de tomadores de decisões como da população, são imprescindíveis. Abordagens de gerenciamento integrado, como programas para reciclagem de materiais, com o intuito de diminuir a poluição das águas, métodos de mitigação da poluição difusa e monitoramento adequado são ferramentas primordiais para o planejamento de bacias hidrográfica, e podem agregar com a finalidade de se obter um banco de dados para verificação de tendência e avaliação de possíveis impactos (NASCIMENTO; VILLAÇA, 2008).

3.1.2 Fontes de Poluição

O conceito de poluição das águas, consiste na adição de substâncias ou de formas de energia que, de maneira direta ou indireta, alterem a natureza do corpo d'água, de forma a prejudicar a legitimidade do seu uso (VON SPERLING, 2014).

O ordenamento jurídico, a partir da Lei Federal nº 6.938/81, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e remete ao conceito de poluição:

Art. 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Em Bacias hidrográficas a poluição dos corpos d'água pode ocorrer de duas maneiras, por fonte pontual ou fonte difusa.

As cargas pontuais possuem origem nas atividades intensivas, com incidência em pequenas porções de paisagem, e ocorrem com maior frequência a partir do despejo de cargas de origem doméstica, industrial, pecuária e da agricultura. Em outra vertente, as cargas difusas, decorrem em função dos componentes do ciclo hidrológico, sendo que o escoamento se dará de forma superficial, subsuperficial e subterrâneo nos ecossistemas terrestres (MENDIONDO; TUCCI, 1997).

A facilidade e/ou dificuldade de identificar estas fontes de poluição, são intrínsecas de cada carga, Henrique (2009) aponta que as fontes de poluição pontuais são fáceis de identificar e quantificar, é preciso somente retornar a origem ou fonte. No entanto as fontes difusas, não apresentam esta mesma facilidade elas são difíceis de quantificar, esta carga difusa tem origem no manejo e mudanças de uso e ocupação do solo pelo homem. Além disso outros fatores como precipitação, densidade populacional, limpeza urbana, topografia, dificultam a quantificação deste processo.

3.1.3 Precipitações

As cargas difusas em bacias hidrográficas são importantes para fundamentar proposições e hipóteses para sua ocorrência, além de se identificar possíveis contribuintes do acréscimo da carga em cursos d'água.

Segundo Bonumá *et al.*, (2008), o escoamento superficial no início de uma chuva carrega uma grande concentração de poluentes que ficam acumulados em dias sem chuva, o que torna mais difícil nos períodos chuvosos a determinação desta carga, já que partículas grosseiras, provenientes de ruas, lotes, indústrias, galerias, acabam sendo carregadas para o curso d'água. Para Tucci (2001), conhecer as características da chuva, como intensidade, total precipitado e duração, além da distribuição temporal e espacial, é importante para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, a otimização de atividades como irrigação, geração de energia, abastecimento doméstico e industrial, podendo ainda proporcionar a prevenção e controle de inundações e do processo erosivo.

Destaca-se ainda que a vazão instantânea de um corpo hídrico recebe influência da precipitação, pois quanto mais precipitação na bacia, maior será a vazão do rio ou riacho, sendo

assim, para identificação das estações seca e chuvosa, é importante a compilação de dados de precipitação.

3.2 Legislação e aspectos qualitativos e quantitativos da água em bacias hidrográficas

3.2.1 Legislação

A legislação ambiental, a partir da resolução Conama n° 357 de 2005 complementada pela resolução 430/2011, define, além do enquadramento dos corpos d'água, os padrões e indicadores de qualidade da água, que devem ser seguidos. As características dos corpos d'água devem estar de acordo com os limites estabelecidos no enquadramento. A resolução aponta que o enquadramento é definido como o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser obrigatoriamente alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água, conforme os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

Desta forma, as águas do território nacional foram divididas em águas doces, salobras e salinas. As águas doces classificam-se em 5 classes (classe especial de 1 a 4); salobras e salinas em 4 classes (classe especial de 1 a 3).

Cada classe representa um determinado padrão de qualidade que deve ser mantido no corpo d'água. Ressalta-se ainda que a resolução também apresenta padrões para lançamento de efluentes nos corpos hídricos (descarga ou de emissão).

3.2.2 Parâmetros Físico-Químicos e biológicos de Qualidade da Água

O interesse pelo monitoramento da qualidade da água em Bacias Hidrográficas pode ser justificado por diversos aspectos, dentre eles a identificação da qualidade da água, determinação de fontes de cargas de poluentes, a efetividade de programas voltados à recuperação da qualidade da água em rios, além do acompanhamento de poluentes em determinados corpos hídricos.

A avaliação da qualidade da água é realizada a partir de componentes ou substâncias presentes na água, denominadas de parâmetros, constituintes ou substâncias de qualidade de água, que remetem as principais características físicas, químicas e biológicas do corpo hídrico. Estes parâmetros são responsáveis pela diferenciação das condições da água para os diferentes usos, assim como para sua preservação ambiental. Ressalta-se a importância de todos os parâmetros de qualidade da água, com o intuito de conhecer os poluentes presentes, e desta maneira, escolher o tratamento adequado de determinado corpo hídrico de acordo com seu uso.

Os parâmetros estão sujeitos a variações em períodos seco e chuvoso, o que pode acarretar o aumento da poluição dos corpos hídricos pela lavagem das superfícies, promovendo riscos à população (AGRA, 2017)

Seguindo que podem ser utilizados na avaliação da qualidade da água da Bacia Hidrográfica, estão definidos a seguir.

3.2.2.1 Variáveis físicas

- **Turbidez:** von Sperling (2005) conceitua que a turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz através da água, o que confere uma aparência turva nesta. A turbidez em excesso diminui a penetração os parâmetros ambientais definidos pela resolução, alguns dos parâmetros físico-químicos e biológicos da luz, o que ocasiona redução dos processos fotossintéticos dos organismos do fitoplâncton, algas e vegetação submersa (CERETTA, 2004).
- **Temperatura:** É a medida de intensidade de calor num meio aquático. Temperaturas elevadas propiciam o aumento das taxas de reações químicas e biológicas no meio, diminuem a solubilidades dos gases na água e aumentam a taxa de transferência, podendo desta forma ocasionar o mau cheiro (VON SPRELING, 2005).

3.2.2.2 Variáveis químicas

- **Potencial Hidrogeniônico (pH):** Expressa o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução, o pH representa a concentração de íons H⁺ (PIVELI e KATO, 2005).
- **Oxigênio dissolvido (OD):** O oxigênio é um dos gases dissolvidos nas águas superficiais naturais. Sua quantidade varia naturalmente, em função da temperatura, salinidade, turbulência da água e a pressão atmosférica. (CETESB, 2010)
- **Fósforo:** O crescimento das algas está condicionado a presença do fósforo, quando ocorrem grandes concentrações, pode ocasionar o processo de eutrofização. Sua presença em águas naturais ocorre principalmente por causa das descargas de esgoto. (PIVELI e Kato, 2005).
- **Nitrogênio:** Na água, é encontrado em 4 formas: nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. O esgoto sanitário é a principal fonte, com lançamento nas

águas de nitrogênio orgânico em função da presença de proteínas e nitrogênio amoniacal em virtude da hidrólise sofrida pela ureia na água. (PIVELI e KATO, 2005).

- **Demanda Biológica de oxigênio (DBO):** Parâmetro necessário à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, a partir da demanda potencial de oxigênio dissolvido nas águas naturais (PIVELI e KATO, 2005).
- **Demanda Química de Oxigênio (DQO):** Técnica utilizada para avaliação do potencial de matéria redutora de uma amostra, em conjunto com a DBO são indispensáveis para o processo de observação do nível e a facilidade ou dificuldade de biodegradabilidade dos despejos (PIVELI e KATO, 2005)

3.2.2.3 Variáveis biológicas

- **Coliformes Totais:** Bactérias que servem de parâmetro indicativo das possibilidades de existência de microrganismos patogênicos, por sua vez responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (CERETTA, 2004).
- ***Escheriachia coli* (E. Coli):** Principal representante de coliformes termotolerantes, ou seja, que conseguem fermentar a lactose à 44-45 °C, sendo também um parâmetro utilizado pela legislação brasileira como padrão de qualidade microbiológica de águas superficiais (CETESB, 2011).

3.3 Avaliação de cargas poluidoras

Tucci *et al.* (2001), ressaltam que os dados de qualidade da água e informações hidrometeorológicas são fundamentais para promover um adequado aproveitamento dos recursos hídricos em bases sustentáveis.

Dois aspectos dos ecossistemas aquáticos (qualidade e vazão) devem estar entrelaçados, tendo em vista que as variações sazonais na precipitação, escoamento superficial e no fluxo de águas subterrâneas tem grandes efeitos sobre a vazão do rio, conseqüentemente impacto direto sobre a concentração de poluentes. (VEGA et al., 1998; KOIDE e SOUZA, 2001).

Recomenda-se que a quantificação dos poluentes seja em termos de carga, que é expressa em unidade de massa por unidade de tempo, e obtida através do produto de concentração do parâmetro analisado pela vazão do corpo receptor, conforme Equação 1.

$$Carga = Concentração \cdot Vazão \quad (1)$$

A análise dos dados de carga é importante, pois estabelece valores de referência de disponibilidade qualiquantitativa para outorga de usos dos recursos hídricos. Enfatiza-se ainda que a disponibilidade qualiquantitativa de uma bacia é informação primordial para o balanceamento das retiradas de água para usos consultivos como a diluição de poluentes, além do mais a concentração de um parâmetro depende da vazão, e essa é extremamente variável ao longo do tempo (CRUZ *et al.* 2007)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

Esse estudo avaliou os recursos hídricos referentes à Bacia Hidrográfica de Riacho Doce, pertencente ao Município de Maceió. De acordo com dados existentes no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a área territorial do município de Maceió é de aproximadamente 509,32 km², dados do último Censo IBGE, realizado no ano de 2022, apontam que Maceió tem aproximadamente 957.916 habitantes.

A Bacia Hidrográfica do Riacho Doce (Figura 2), objeto desta pesquisa, verte para o Atlântico e sua foz está localizada no litoral norte, zona de grande interesse imobiliário. Esta bacia pertence à Região Hidrográfica do Pratygy, área ameaçada pela ocupação desordenada e pelos problemas ambientais decorrentes do mau uso do solo (SILVA *et al.*, 2017).

Figura 2: Bacia de Drenagem e Hidrográfica do Riacho Doce



Fonte: Google Earth Pro 2022. Modificado pela autora, 2022.

A Bacia Hidrográfica do Riacho Doce possui uma área de 17,18 km², um perímetro de 25,04 km e em extensão de aproximadamente 10,38 km. O início da drenagem ocorre no Bairro Benedito Bentes, suas águas convergem para um ramo central e finalizam na Foz no Bairro de Riacho Doce. Na maior parte do percurso, o Riacho Doce não excede 5 (cinco) metros de

largura, e em grande parte dos trechos se configura como um ambiente aquático lântico. A Foz do Riacho Doce está localizada no bairro que detém o mesmo nome, e a distância entre o início da drenagem até a Foz é de 10 km.

4.2 Características Físicas da Bacia

Na caracterização da fisiografia de uma Bacia Hidrográfica deve-se utilizar dados fisiográficos extraídos de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite (TUCCI, 1997). Após a delimitação, conforme Vieira (2006), as seguintes informações podem ser extraídas: área de drenagem, forma da bacia, rede de drenagem, densidade de drenagem, número de ordem, declividade do álveo, construção da curva hipsométrica.

Sendo assim, os parâmetros fisiográficos para caracterização da Bacia Hidrográfica do Riacho Doce são apresentados na Tabela 1, ressaltando-se que esta caracterização foi baseada em estudos realizados pela Empresa Phyto Engenharia, na elaboração do Relatório de Acompanhamento Técnico (2016).

Tabela 1: Característica Físicas da Bacia do Riacho Doce

Parâmetro	Resultados
Área de Drenagem – A(Km ²)	17,18
Perímetro- P (Km ²)	25,04
Comprimento do maior curso d'água – L (Km)	10,38
Coeficiente de Compacidade- Kc	1,69
Fator de forma- Kf	0,16
Cota máxima do rio principal- C _{máx} (m)	76
Cota mínima do rio principal- C _{mín} (m)	0
Declividade média do rio principal - Dm	0,0073
Extensão média do escoamento superficial – b (Km)	0,41
Comprimento do Talvegue – Lt (Km)	8,26
Sinuosidade do cursos d'água – Sn	1,26

Fonte: Phyto Engenharia, 2016

4.3 Amostragem e Caracterização das Amostras

Foram selecionados quatro pontos de amostragem na extensão do Riacho Doce, sendo um deles confluência (P3) entre o ponto de lançamento do efluente tratado da ETE e a Grota da Esperança com lançamento de esgoto bruto.

Na Tabela 2 estão apresentadas as denominações, localização e coordenadas geográficas dos pontos de coleta das amostras de água, para a escolha dos pontos levou-se em consideração a possibilidade de acesso da realização da coleta da amostragem espacial, e a expectativa de verificar a interferência da intervenção antrópica ao longo do Riacho Doce até sua Foz. As coletas foram realizadas no período seco e chuvoso buscando apresentar as diferenças desses locais de acordo com o período sazonal. A localização dos pontos adotados, encontram-se detalhados na Figura 3.

Tabela 2: Descrição dos pontos de amostragem

Ponto de Amostragem	Local	Coordenadas Geográficas
P1	Intermediário	9° 32'24.29''S e 35° 42'49.94''O
P2	Grota da Esperança	9° 32'37.63'' S e 35° 42'40.91''O
P3	Bairro Riacho Doce	9°34'1.71''S e 35°39'48.41''O
P4	Foz do Riacho Doce	9° 34'26.43'' S e 35° 39'20.09'' O

Fonte: Autora, 2022

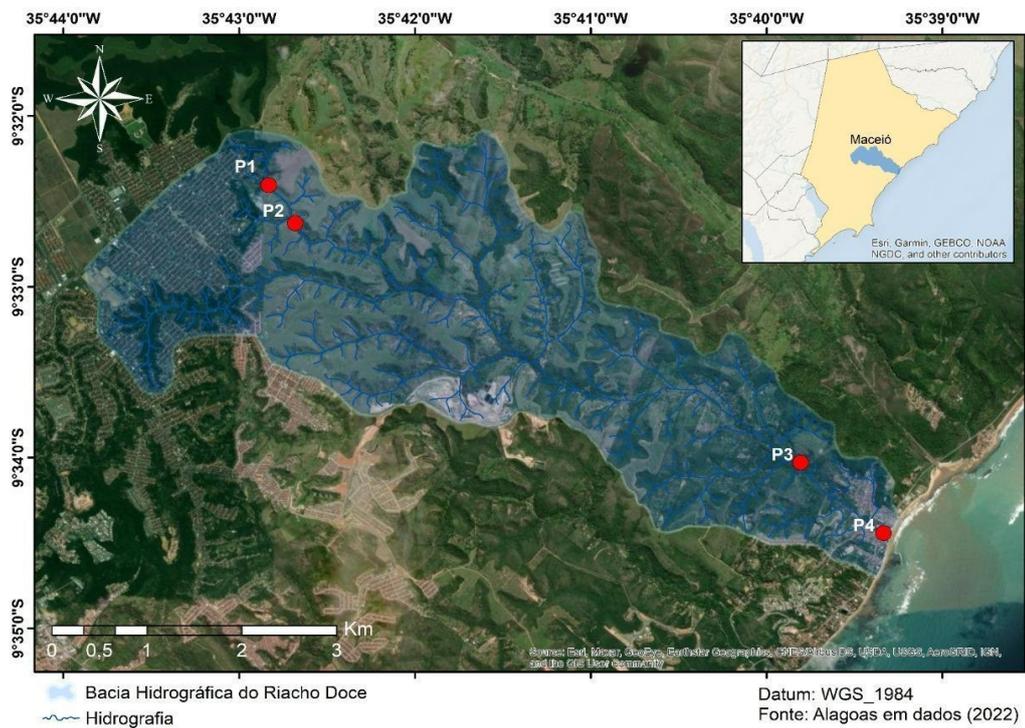
Foram realizadas 8 (oito) campanhas de amostragem nos períodos: março/2022, a janeiro/2023 nos pontos apresentados na Tabela supramencionada. As amostras de água foram coletadas na camada superficial do Riacho Doce, fechadas, devidamente etiquetadas, mantidas sob refrigeração e encaminhadas a Empresa Qualitex.

O monitoramento da qualidade da água superficial no Riacho Doce ocorreu mensalmente; além disso, a medição de vazão (m³/s) para cálculo da carga poluente se deu no mesmo local e momento das coletas. Uma amostra de água para cada ponto foi armazenada para que posteriormente fossem obtidas as variáveis de qualidade a partir do emprego de metodologias laboratoriais, realizadas pela Empresa Qualitex são elas: DBO₅ (mg/L),

nitrogênio amoniacal total (mg N/L), fósforo - fosfato (mg P/L) e coliformes totais (NMP/100MI).

Em consonância com as coletas, também foram realizadas medições direta com a utilização da sonda HORIBA U53 (Figura 4) que determina: pH, temperatura da água (°C), ORP (mV), condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), turbidez (NTU), OD (mg/L) e salinidade (ppm).

Figura 3: Pontos de Amostragem



Fonte: Alagoas em dados, 2022

Figura 4: Monitoramento com a sonda Horiba

Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Neste contexto, os dados de qualidade da água foram avaliados e analisados a partir da resolução CONAMA 357/05. A Tabela 3 apresenta o conjunto de parâmetros que estão foram analisados durante as campanhas de monitoramento da qualidade da água, deve-se enfatizar que foram utilizadas como referência corpos hídricos da classe 2.

Tabela 3: Parâmetros analisados nas campanhas de monitoramento

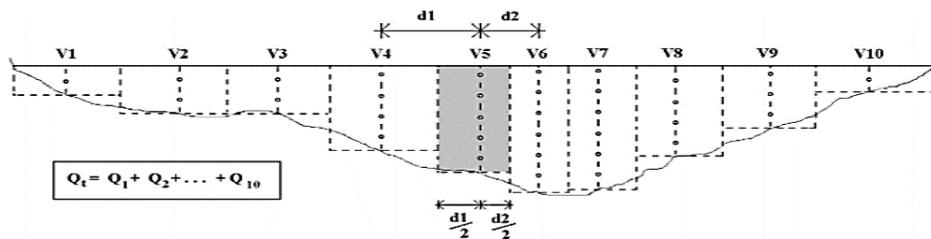
Parâmetro	Limite Resolução CONAMA 357/02- Classe 2	Unidade
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	5	mg/L
Coliformes Totais	1000	NMP/100 mL
Nitrogênio amoniacal	3,7	mg/L
Fósforo	0,05	mg/L
Turbidez	100	UNT
Oxigênio Dissolvido	>5	mg/L O ₂
Potencial Hidrogeniônico (pH)	6,0 a 9,0	-

Fonte: Resolução CONAMA 357/02, 2022

4.4 Medição de Vazões

A determinação das vazões nos pontos delimitados no Riacho Doce ocorreu a partir do método da meia seção, onde as vazões parciais foram calculadas multiplicando-se a velocidade média na vertical pelo produto da profundidade média na vertical pela soma das semi distâncias às verticais adjacentes. (SANTOS *et al*, 2001). A Figura 5 ilustra o método da Meia Seção.

Figura 5: Método da Meia Seção

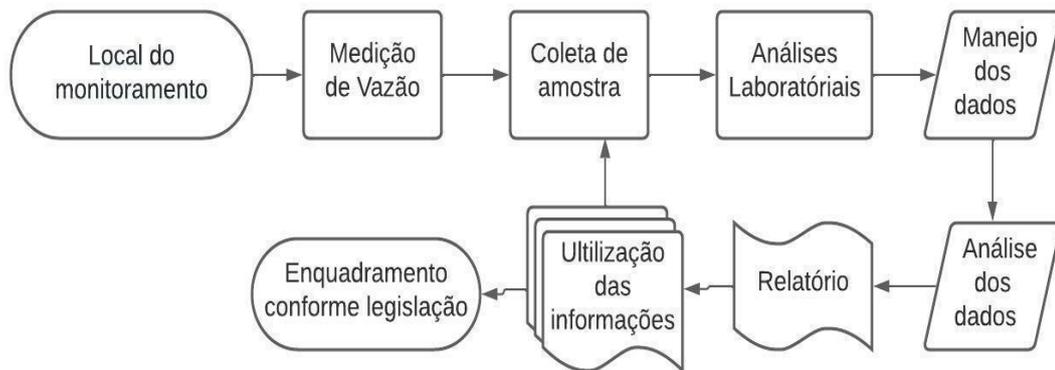


Fonte: Sefione, 2002

A utilização de um molinete hidrométrico mediu a velocidade do fluxo na água na vertical, considerando um número significativo de pontos com profundidades diferentes, neste trabalho o medidor de fluxo, Modelo FP1 11 da Global Water, utilizado foi fornecido pelo Laboratório de Hidráulica do Centro de Tecnologia da UFAL. O equipamento consiste na determinação da velocidade de escoamento através da rotação da hélice acoplada a uma haste e a um leitor digital de LCD. Conforme fabricante, o mesmo é recomendado para estudos de medições de vazão de esgoto, rios e córregos.

Após a determinação das vazões, a carga poluente foi quantificada a partir do produto da concentração dos poluentes e das vazões dos cursos d'água nos instantes considerados. Todo monitoramento foi realizado conforme o fluxograma da Figura 6:

Figura 6: Etapas de monitoramento da Bacia do Riacho Doce



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

4.5 Obtenção das cargas poluentes

A análise da carga poluente referente ao ponto 1, localizado a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) está localizada no Bairro do Benedito Bentes. Além disso foram selecionados mais 3 pontos de amostragem na extensão do Riacho Doce, a Grota da Esperança, o Bairro de Riacho Doce e a Foz de Riacho Doce. As cargas poluentes foram quantificadas a partir do produto entre concentrações dos poluentes e vazões dos cursos d'água nos instantes considerados (AMORIM *et al.*, 2020).

4.5.2 Análise qualitativa pela Legislação

A Resolução Conama 357/05 complementada pela resolução 430/2011, foi utilizada para determinação da análise qualitativa, a mesma dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o devido enquadramento, assim como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da Bacia do Riacho Doce

Apesar de estar localizado em uma área de mata fechada, verifica-se a influência de atividades antrópicas no Ponto 1 (Figura 7), onde foi observada a presença de resíduos sólidos como plásticos e roupas dentro do rio. Deve-se enfatizar que nas proximidades deste ponto existe a Grota da Esperança (Ponto 2), que conforme Figura 8, demonstra o descarte irregular de resíduos a céu aberto, os quais são possivelmente carregados para o curso d'água por meio das chuvas e ventos.

No ponto 3 (Figura 9) foi constatada a presença de animais silvestres e da obra de duplicação da BR 101 Norte, consistindo em uma possível fonte de poluição dos recursos hídricos locais, visto que atividades de construção de estradas normalmente envolvem o transporte de poluentes para o ambiente por meio do escoamento e infiltração no solo (FOLKESON *et al.*, 2009).

No ponto 4 (Figura 10), percebeu-se presença de resíduos no entorno da Foz da Bacia.

Figura 7: Ponto 1 (Sanama)



Fonte: Elaborada pela autora, 2023

Figura 8: Ponto 2 (Grotta da Esperança)



Fonte: Elaborada pela autora, 2023

Figura 9: Ponto 3 (Bairro Riacho Doce)



Fonte: Elaborada pela autora, 2023

Figura 10: Ponto 4 (Foz de Riacho Doce)



Fonte: Elaborada pela autora, 2023

5.2 Precipitação e vazão

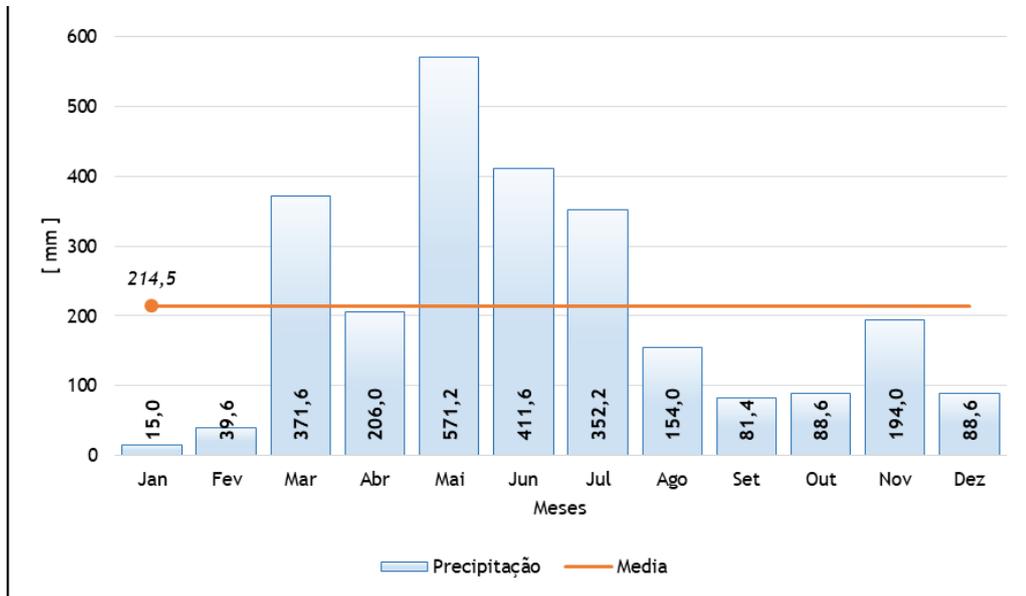
Dados de precipitação da estação A303- Maceió referentes ao ano de 2022, fornecidos pelo INMET, foram utilizados para análise do período seco e chuvoso (Figura 11) a fim de avaliar os resultados de vazão instantânea (AMORIM, 2020). Considerando-se a precipitação média da série (214,5 mm), o período chuvoso ocorreu entre os meses de março a julho, com o mês de abril estando um pouco abaixo da média (206, 0 mm) e o mês de maio com o maior valor mensal acumulado de chuva (571,2 mm). A menor precipitação para o período seco ocorreu em janeiro (15,0 mm) e a máxima em novembro (194 mm).

Os dados de levantamento de campo de vazão estão demonstrados na Figura 12. Os pontos P1 e P2, localizados mais à jusante, apresentaram vazões muito baixas ($< 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$), prejudicando as medições devido ao fluxo de água insuficiente.

As maiores vazões observadas ocorreram no ponto P3, com valores acima de $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$, atingindo a vazão máxima de $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ no mês de junho, correspondente ao período chuvoso.

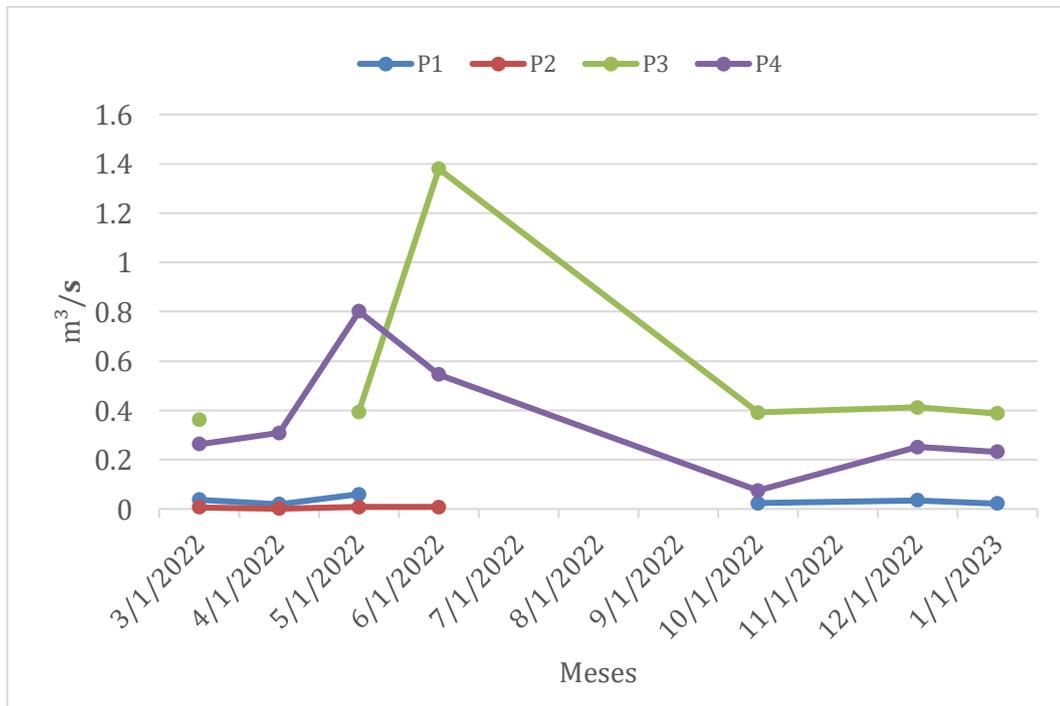
O ponto P4, localizado no exutório da Bacia Hidrográfica, apresentou as maiores variações na vazão aferida ($0,1 - 0,8 \text{ m}^3/\text{s}$). As vazões em P4 apresentam uma tendência similar ao comportamento das chuvas, com maior vazão e precipitação ocorrendo em maio, seguido por uma diminuição nos meses de setembro e outubro e um pequeno aumento nos meses de novembro e dezembro.

Figura 11: Precipitação Mensal Acumulada Jan a Dez/2022 de Maceió



Fonte: INMET, 2023

Figura 12: Vazão (m³/s)



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Entretanto, no geral, as vazões na Bacia não foram significativamente afetadas pelos períodos chuvosos ou de estiagem, inferindo que outros fatores do ciclo hidrológico devem exercer maior influência sobre essa variável, como a temperatura ambiente, a intensidade de evaporação/evapotranspiração, a taxa de infiltração e o escoamento superficial e subterrâneo, além da captação de água para diversos fins (COLLISCHON, DORNELLES, 2013).

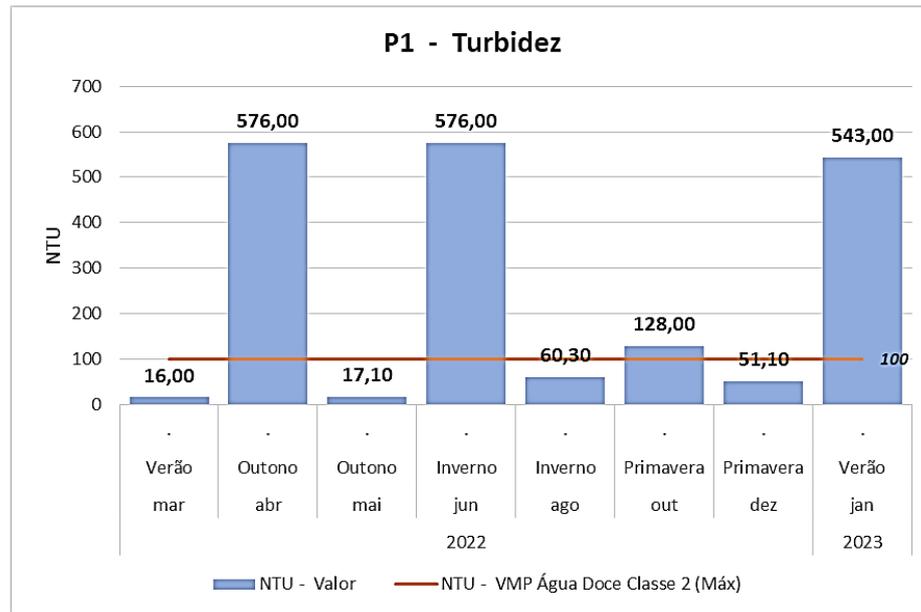
Destaca-se que tanto na análise qualitativa quanto na quantitativa, no período chuvoso pontos como P1 e P2 não foram possíveis acessar devido aos riscos de queda da equipe desta pesquisa. Ademais no Ponto 4 (Foz de Riacho Doce), não houve interferência de salinidade, pois a coleta era realizada em horários intercalados entre os pontos de acordo com a maré baixa.

5.3 Variáveis de qualidade da água

5.3.1 Turbidez

A turbidez é um parâmetro físico referente à medida da capacidade da luz de passar pela água, causada por materiais suspensos como argila, lodo, material orgânico, plâncton e outros materiais particulados (OMER, 2019). Esse parâmetro é um indicativo do aumento de sedimentação e assoreamento, que podem resultar em danos às áreas de habitat para peixes e outras formas de vida aquática. As partículas também fornecem locais de fixação para poluentes como metais e bactérias, além de fornecer alimento e abrigo para patógenos (USGS, 2018).

A Figura 13 mostra que os índices de turbidez no Ponto 1 nos meses de abril, junho, outubro e janeiro estão em desacordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 (100 UNT) para as águas doces de classe 2. Os altos níveis de turbidez em abril (576 UNT) e junho (576 UNT) podem estar associados ao aumento da precipitação no período chuvoso, carreando sedimentos para o leito do rio pelo escoamento superficial. Já os altos valores em outubro (128 UNT) e janeiro (543 UNT) podem estar relacionados às baixas vazões, com consequente aumento das concentrações de sólidos.

Figura 13: P1 - valores de turbidez observados de forma sazonal

Fonte: Elaborado pela autora, 2023

No Ponto P2 (Grotta da Esperança) (Figura 14), o parâmetro físico de turbidez apresentou-se, durante todos os meses, em desacordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 para as águas doces de classe 2. Não foi possível realizar a coleta com a sonda nos meses de outubro e dezembro em virtude da ausência da lâmina d'água.

Nos Pontos 3 (Figura 15) e 4 (Figura 16), o parâmetro físico de turbidez atendeu os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 para as águas doces de classe 2 em todos os meses. Embora P3 apresente um corpo hídrico mais turvo (Figura 17) e a obra da duplicação em andamento (Figura 18), possivelmente as maiores vazões nesse ponto resultou em menores concentrações de sólidos, levando a menores níveis de turbidez.

Figura 14: P2 - valores de turbidez observados de forma sazonal

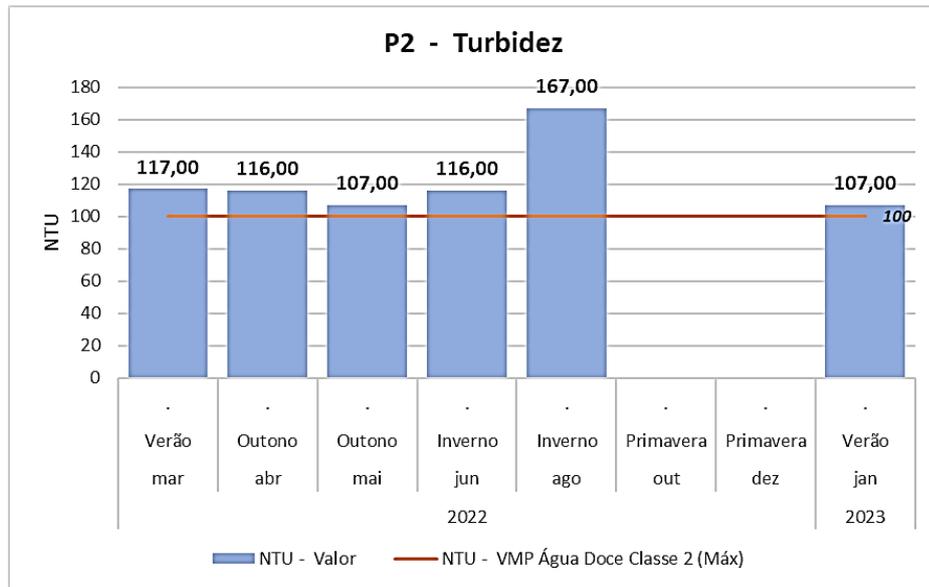


Figura 15: P3 - valores de turbidez observados de forma sazonal

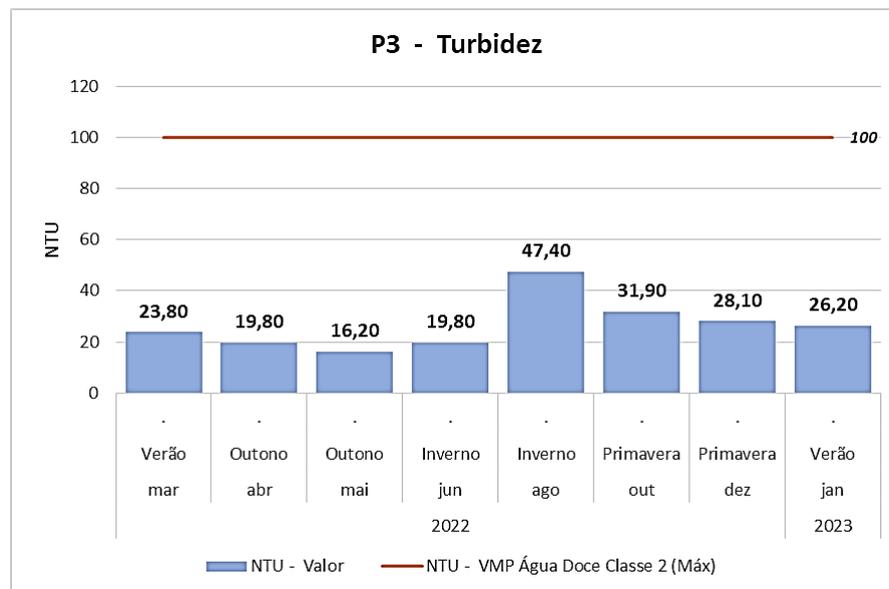
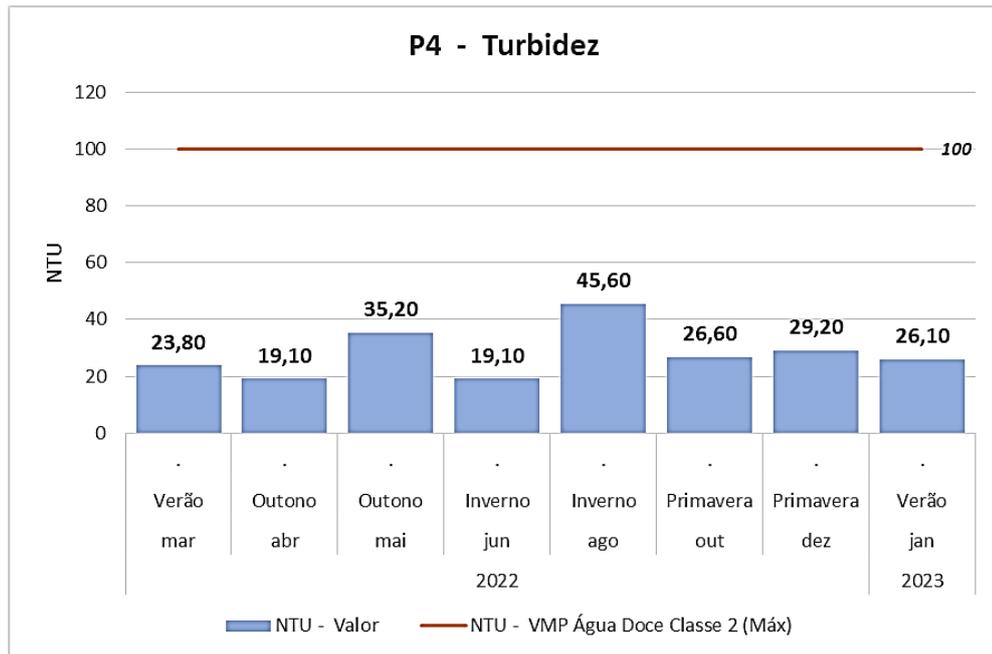


Figura 16: P4 - valores de turbidez observados de forma sazonal



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 17: Ponto 3 (Bairro Riacho Doce), 27/06/2022



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 18: Obra de duplicação da BR101- Norte, 19/04/2022



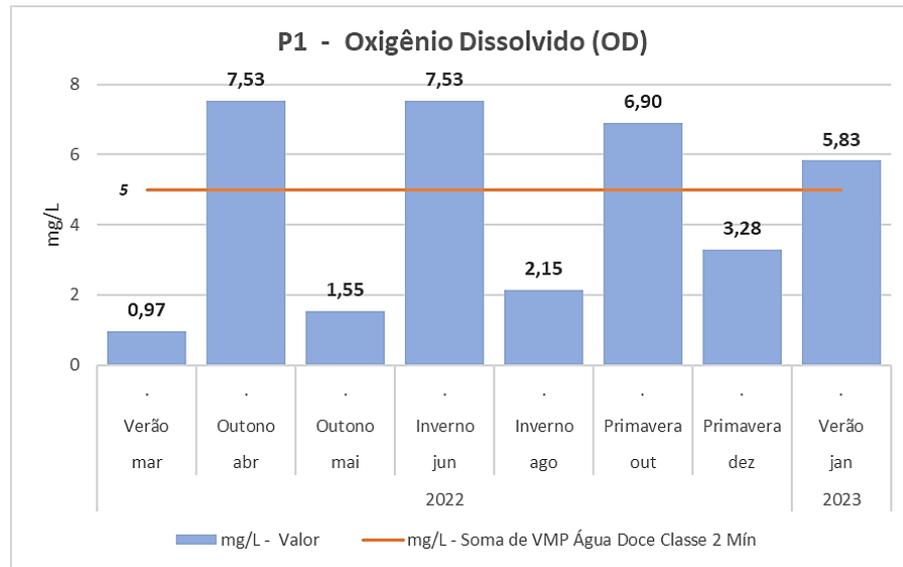
Fonte: Elaborado pela autora, 2023

5.3.2 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro químico utilizado como indicador da qualidade da água, pois, baixas concentrações desse parâmetro estão associadas a elevadas concentrações de matéria orgânica. O déficit de OD causa a mortandade da biota, aumento do nível de CO_2 e redução do pH da água (OMER, 2019).

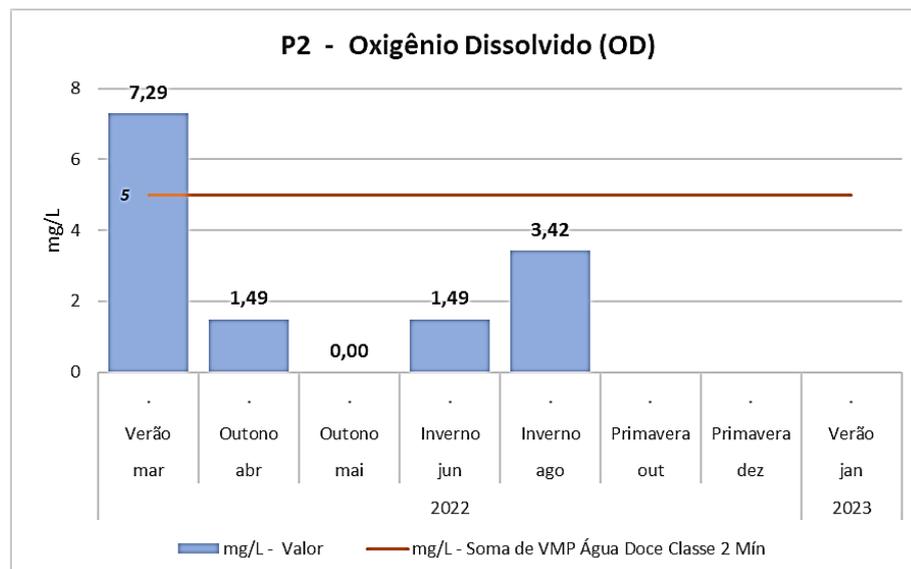
As concentrações de OD no Ponto 1 (Figura 19) estiveram em desacordo com os limites estabelecidos pela CONAMA 357/05 ($> 5 \text{ mg/L}$) nos meses de março ($0,97 \text{ mg/L}$), maio ($1,55 \text{ mg/L}$), agosto ($2,15 \text{ mg/L}$) e dezembro ($3,28 \text{ mg/L}$), apresentando comportamento inverso ao observado no parâmetro de turbidez, que não atendeu aos critérios do CONAMA em abril, junho, outubro e janeiro.

Em geral, o aumento da turbidez resulta na diminuição do OD, visto que a diminuição do acesso à luz pelas plantas reduz a produção de oxigênio liberada para o meio, além da presença de sólidos dissolvidos estar relacionada à diminuição da solubilidade do oxigênio (WOODARD & CURRAN, 2006). Entretanto, o presente trabalho verificou um comportamento contrário, com elevados níveis de OD ocorrendo nos meses em que foram detectados maiores níveis de turbidez. Neste caso, outros parâmetros, como a pressão parcial, a salinidade e as altas temperaturas, podem ter sido determinantes para os valores observados (HAMID *et al.*, 2020).

Figura 19: P1 - valores de OD observados de forma sazonal

Fonte: Elaborado pela autora, 2023

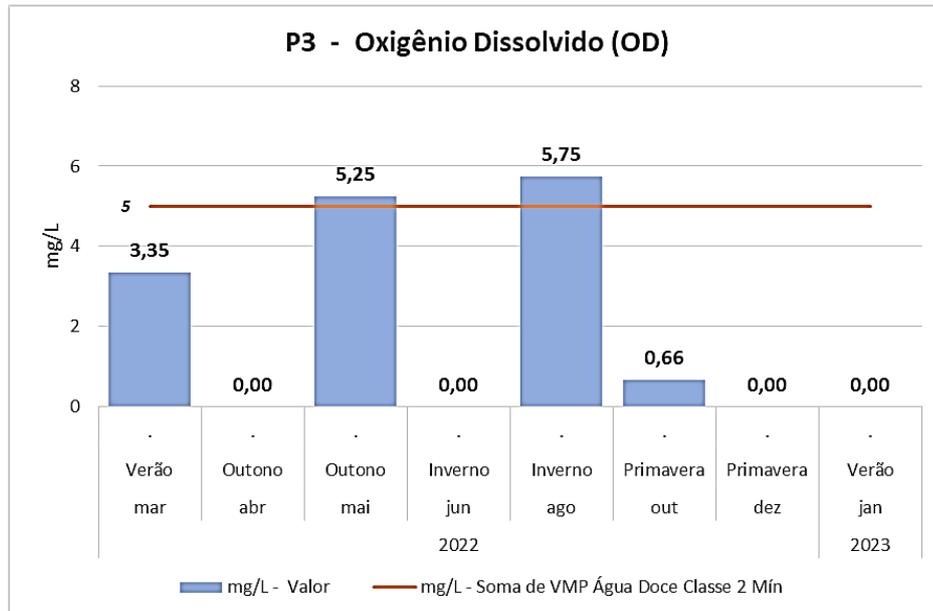
Para o Ponto 2 (Figura 20), os dados mostram que os níveis de oxigênio dissolvido estavam em acordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 para as águas doces de classe 2 apenas em março (7,29 mg/L). Nos demais meses do ano, o oxigênio dissolvido esteve abaixo de 5 mg/L.

Figura 20: P2 - valores de OD observados de forma sazonal

Fonte: Elaborado pela autora, 2023

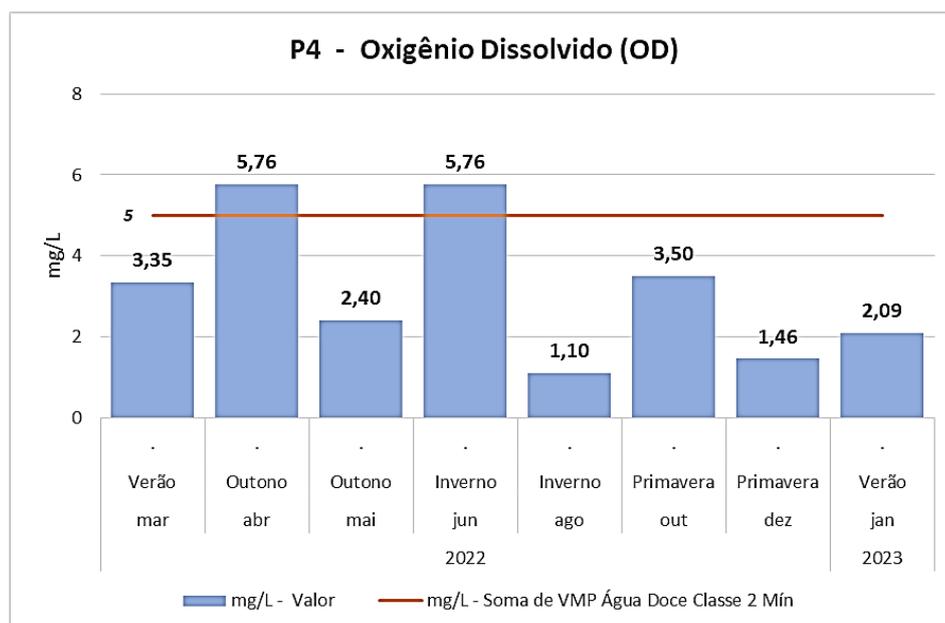
Quanto ao Ponto 3 (Figura 21), os níveis de oxigênio dissolvido atingiram os níveis adequados segundo a legislação apenas nos meses de maio (5,25 mg/L) e agosto (5,75 mg/L). Já no Ponto 4 (Figura 22), os meses de abril e junho, ambos atingindo 5,76 mg/L, alcançaram o valor limite mínimo do CONAMA.

Figura 21: P3 - valores de OD observados de forma sazonal



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 22: P4 - valores de OD observados de forma sazonal



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

5.3.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) refere-se ao consumo de oxigênio pelas bactérias e outros microrganismos presentes na água para decompor a matéria orgânica. Ou seja, quanto maiores as concentrações de sólidos orgânicos, menor será a quantidade de OD no meio e maior será a DBO (OMER, 2019). Apesar disso, verificou-se que não houve correspondência clara entre os níveis de DBO e de OD no presente trabalho, mais uma vez, sendo um possível resultado da interferência de outras variáveis nesses sistemas.

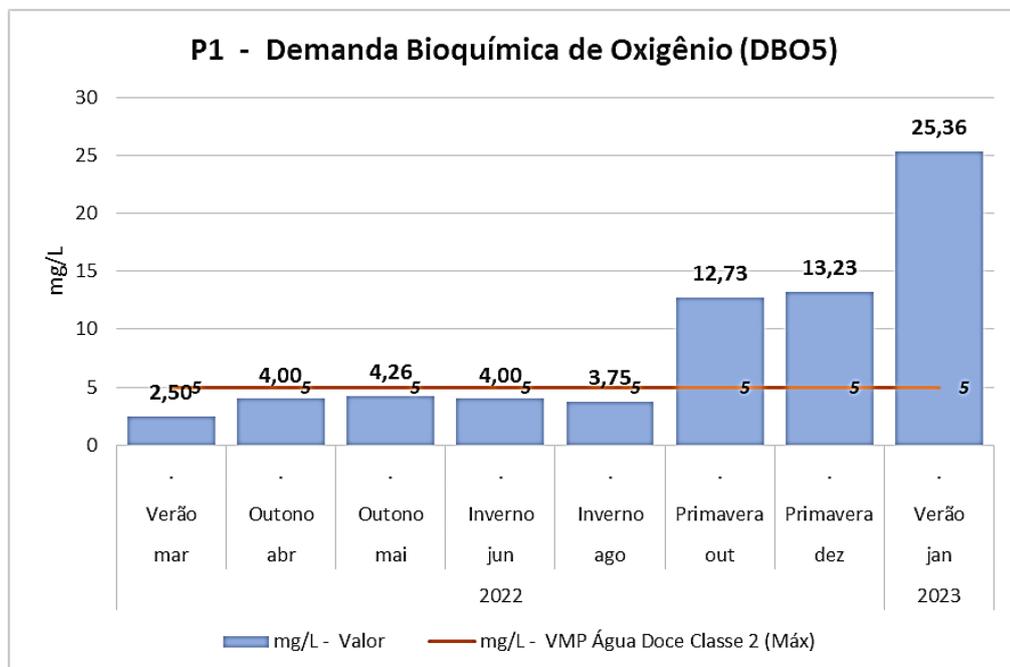
Os valores de DBO variaram entre 2,50 mg/L em P1 e 230 mg/L em P2, sendo este último um valor anômalo.

O Ponto 1 (Figura 23) apresentou níveis inadequados de DBO (> 5 mg/L) nos meses de outubro (12,73 mg/L), dezembro (13,23 mg/L) e janeiro (25,36 mg/L).

Os Pontos 2 (Figura 24) e 3 (Figura 25) atingiram valores de acima do esperado apenas em março, com 230 e 20,90 mg/L, respectivamente.

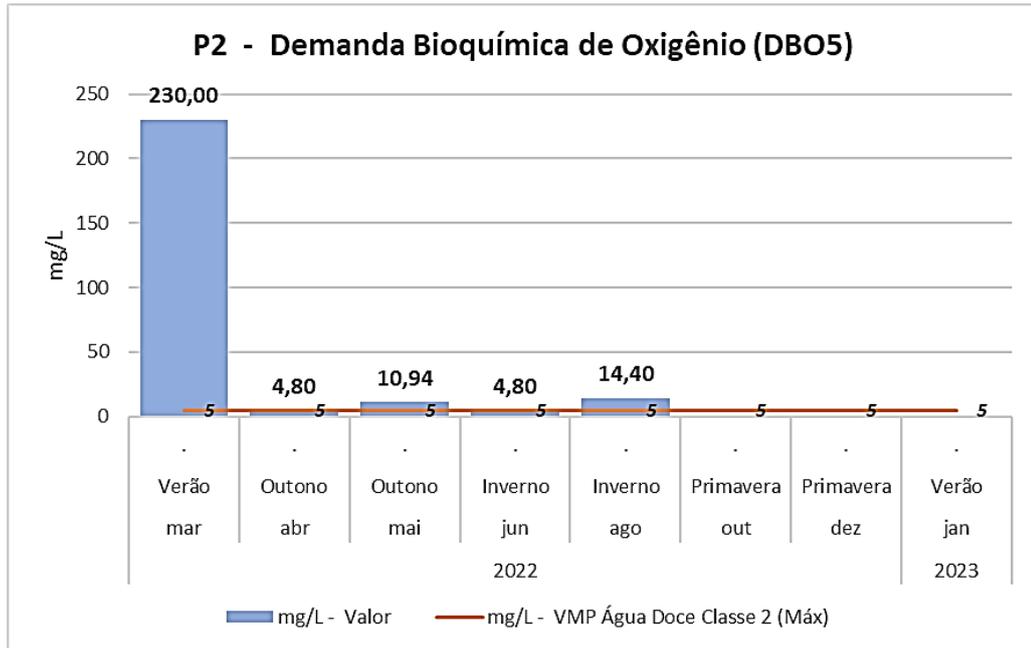
O Ponto 4 (Figura 26) ultrapassou o limite do CONAMA em março (20,90 mg/L) e abril (6,00 mg/L).

Figura 23: P1 - valores de DBO observados de forma sazonal



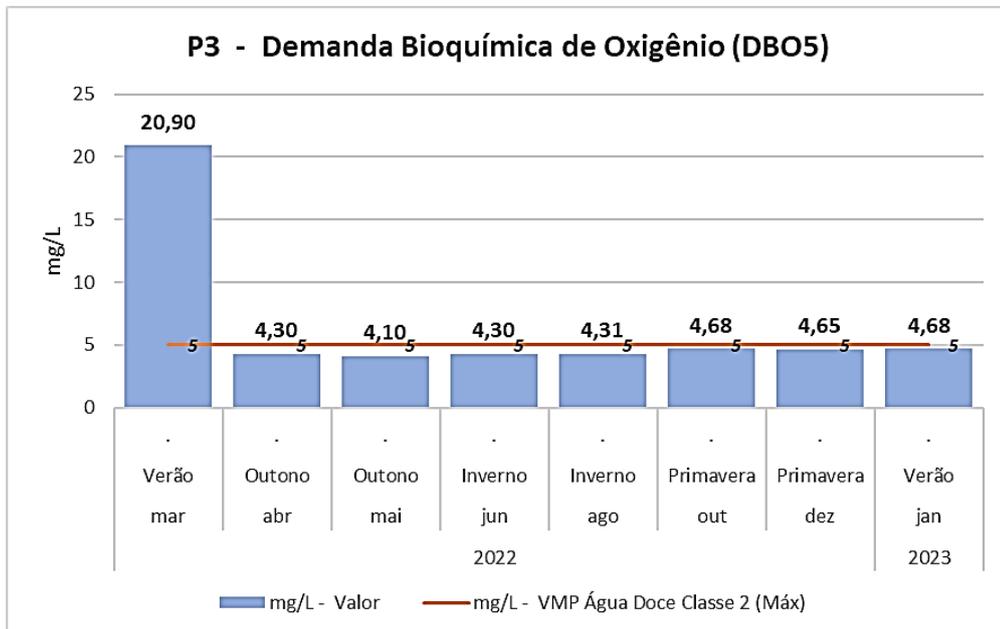
Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 24: P2 - valores de DBO observados de forma sazonal

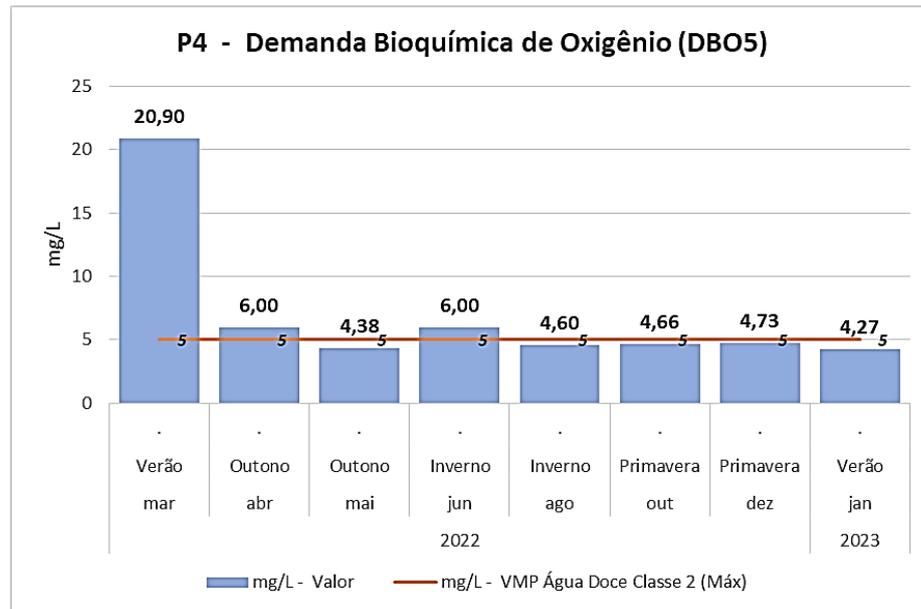


Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 25: P3 - valores de DBO observados de forma sazonal



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 26: valores de DBO observados de forma sazonal

Fonte: Elaborado pela autora, 2023

5.3.4 Nitrogênio Amoniacal

O nitrogênio amoniacal é composto por amônia não ionizada e íons amônio, cuja predominância é determinada pelo pH e temperatura. Essas são as formas mais simples das espécies inorgânicas de nitrogênio. O íon amônio é mais comum em pH aquático abaixo de 8,75, enquanto a amônia prevalece em pH acima de 9,75. A entrada significativa de nitrogênio amoniacal no ambiente aquático ocorre por meio de fontes antropogênicas, como efluentes municipais e escoamento agrícola (LIN *et al.*, 2019). A Resolução CONAMA 357/2005 para as águas doces de classe 2 estabelece um valor máximo de 3,7 mg/L de nitrogênio amoniacal.

Os níveis de hidrogênio amoniacal na Bacia do Riacho Doce variaram entre 0,15 mg/L em P2 e 29,40 mg/L em P1, sendo este o ponto com os valores de concentração mais crítico.

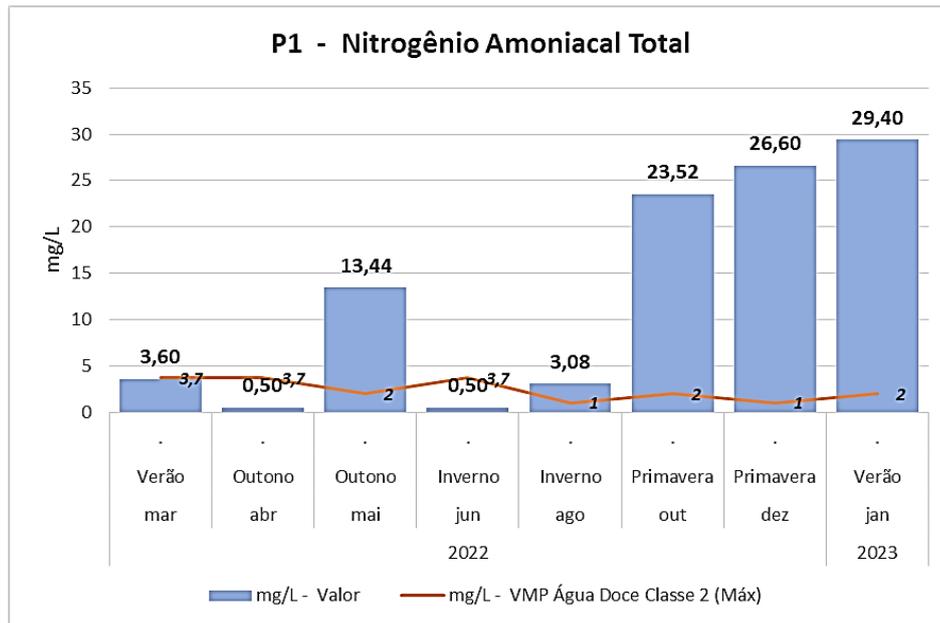
P1 (Figura 27) apresentou valores acima do limite do CONAMA nos meses de maio (13,44 mg/L), outubro (23,52 mg/L), dezembro (26,60 mg/L) e janeiro (29,40 mg/L).

P2 (Figura 28) ultrapassou os limites nos meses de março (16,24 mg/L), abril (19,60 mg/L) e junho (19,60 mg/L).

P3 (Figura 29) esteve acima dos limites em abril e junho, ambos os meses atingindo 17,92 mg/L.

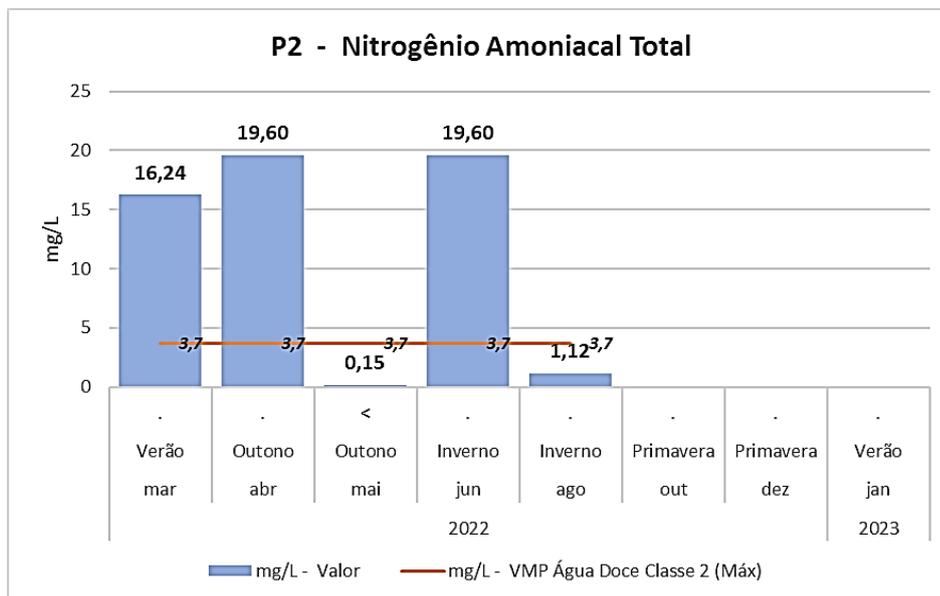
A concentração de nitrogênio amoniacal em P4 (Figura 30) foi maior que o valor padrão apenas no mês de janeiro (4,20 mg/L).

Figura 27: P1 - valores de Nitrogênio Amoniacal observados de forma sazonal



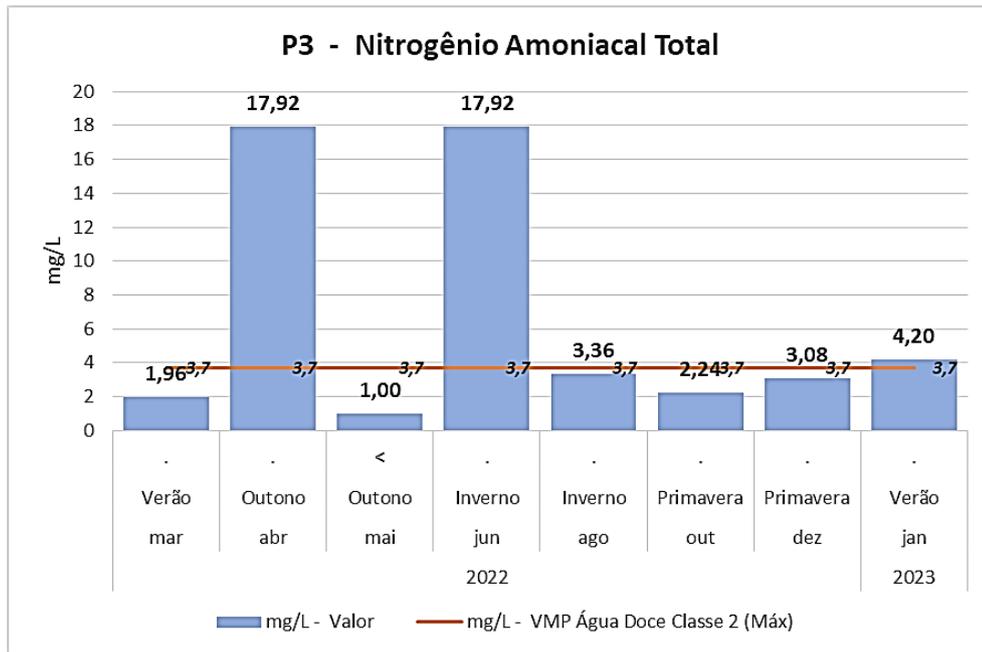
Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 28: P2 - valores de Nitrogênio Amoniacal observados de forma sazonal



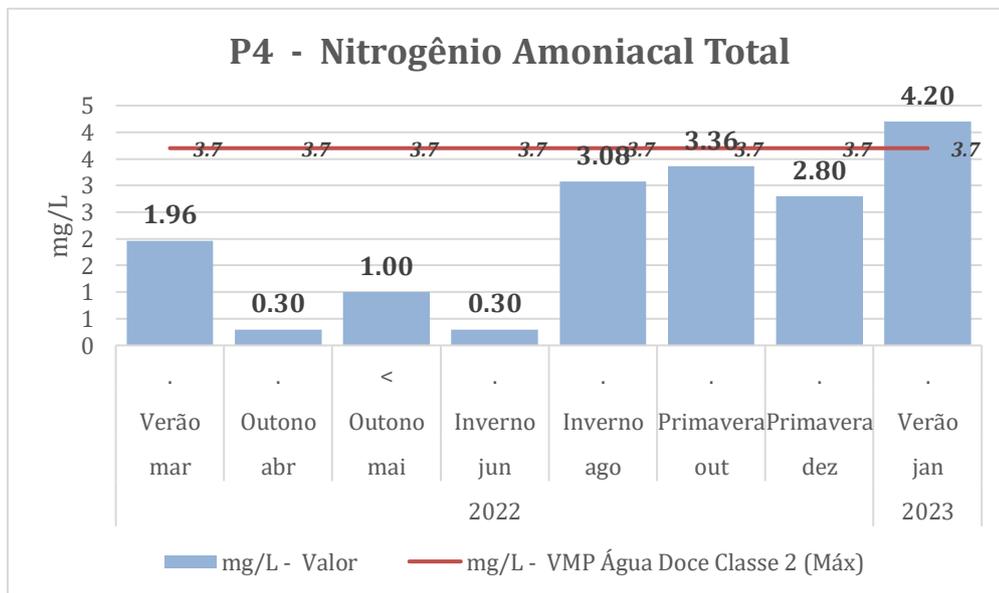
Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 29: P3 - valores de Nitrogênio Amoniacal observados de forma sazonal



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 30: P4 - valores de Nitrogênio Amoniacal observados de forma sazonal



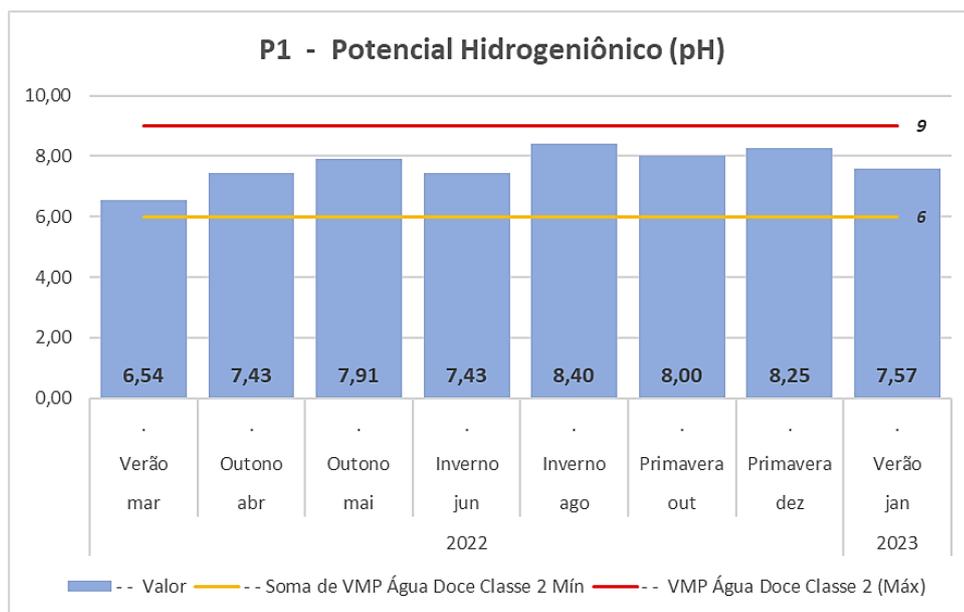
Fonte: Elaborado pela autora, 2023

5.3.5 pH

A poluição pode modificar o pH da água, e este é um parâmetro que pode interferir diretamente nas demais variáveis. Por exemplo, o aumento de pH tende a elevar a quantidade de oxigênio no meio. Além disso, à medida que a água se torna mais alcalina (elevação de pH), os níveis de amônia se tornam mais tóxicos para os organismos aquáticos (OMER, 2019).

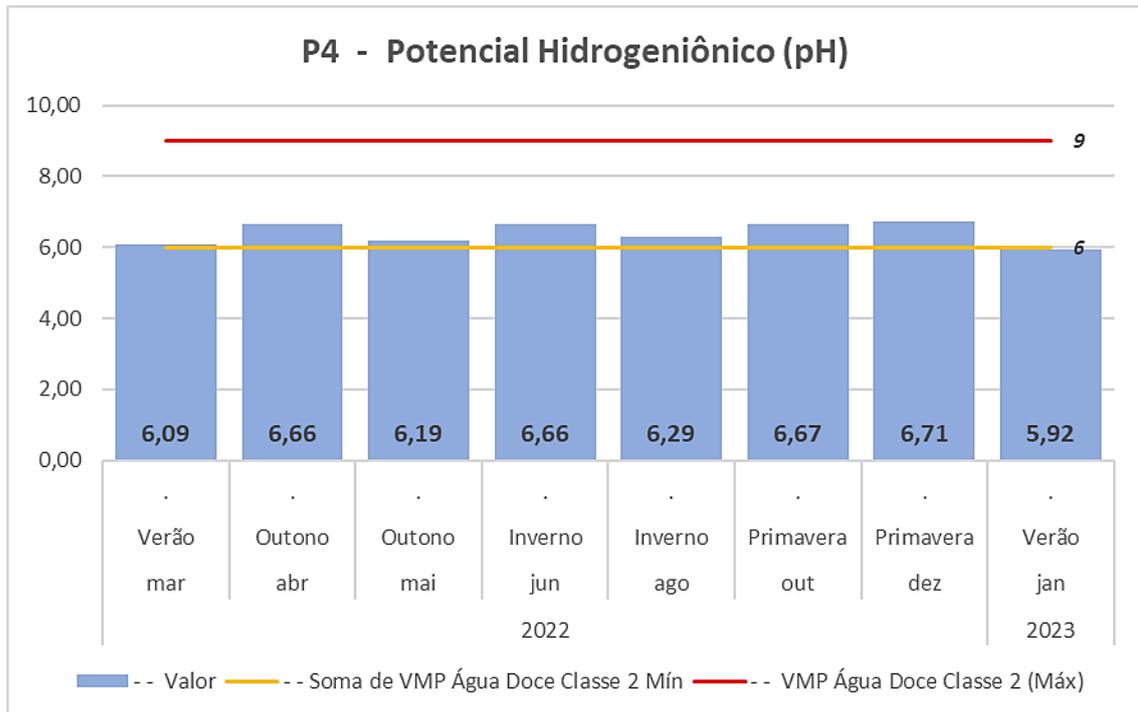
A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece o intervalo adequado de pH entre 6 e 9 para as águas doces de classe 2. Em geral, o pH esteve de acordo com o limite estabelecido, atingindo o valor máximo em P1 (8,40), com apenas uma exceção ocorrendo no mês de janeiro em P4, que apresentou pH igual a 5,92. As Figuras 31 a 34 apresentam os valores de pH observados.

Figura 31: P1 - valores Potencial Hidrogeniônico observados de forma sazonal



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 34: P4 - valores Potencial Hidrogeniônico observados de forma sazonal



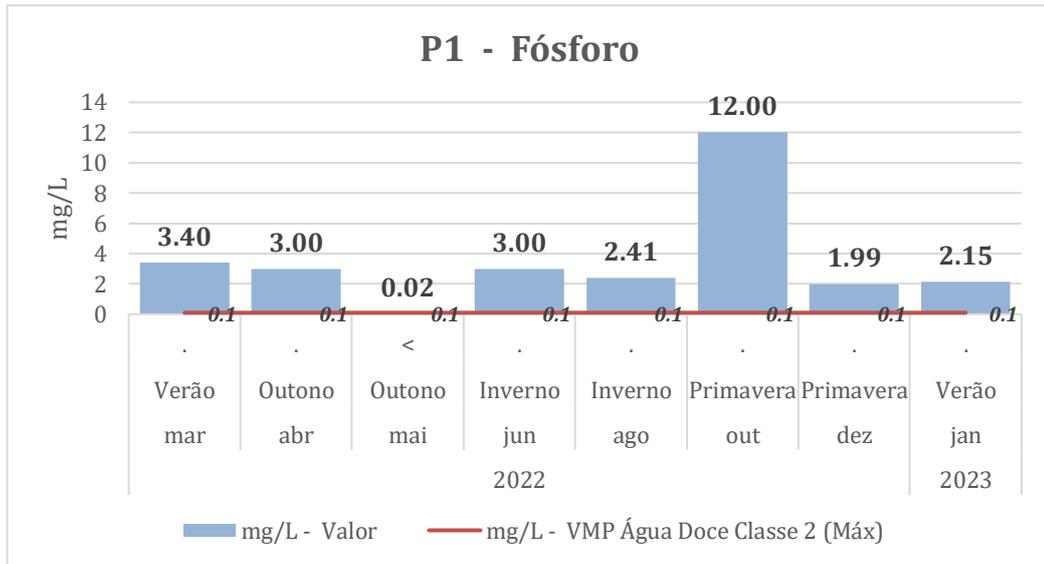
Fonte: Elaborado pela autora, 2023

5.3.6 Fósforo

A concentração de nutrientes nas águas, como o fósforo, é a principal causa do problema de eutrofização. O fósforo ocorre principalmente como fosfatos em águas naturais, que podem ser separados nas formas inorgânica e orgânica. A concentração de fosfato depende do desgaste natural dos minerais na bacia de drenagem, da decomposição biológica da matéria orgânica e do escoamento das atividades humanas em áreas urbanas e agrícolas (HAMID *et al.*, 2020).

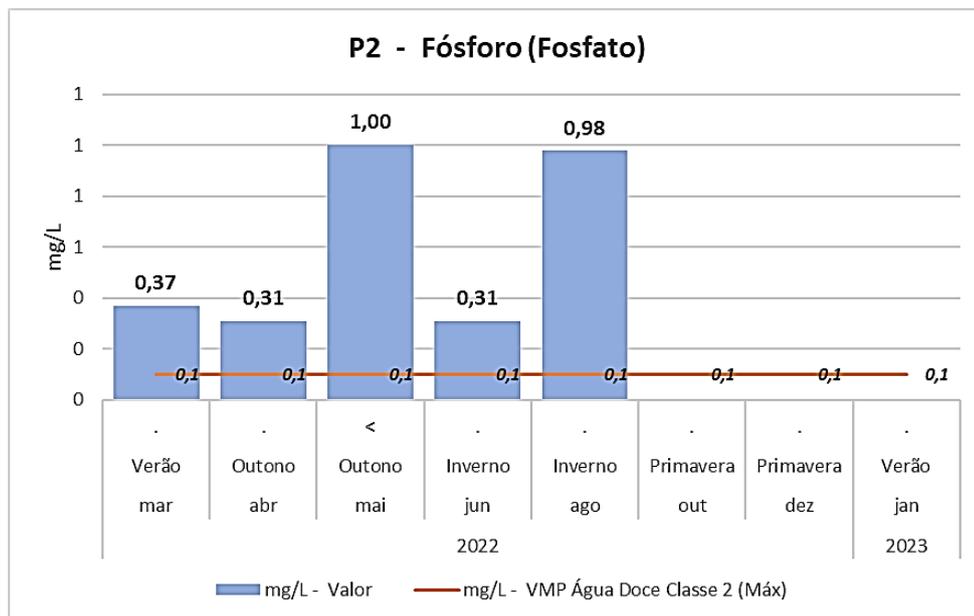
A CONAMA 357/05 estabelece o valor máximo de 0,05 mg/L de fósforo para corpos hídricos enquadrados na classe 2. A Bacia do Riacho Doce apresentou valores entre 0,02 (P1, P2 e P4) e 12 mg/L de fósforo em P1 (Figuras 35 a 38), estando majoritariamente acima do limite estabelecido em todos os pontos observados. Os elevados valores do macronutrientes fósforo são um indicativo das condições sanitárias inadequadas no entorno do riacho.

Figura 35: P1 - valores de Fósforo observados de forma sazonal



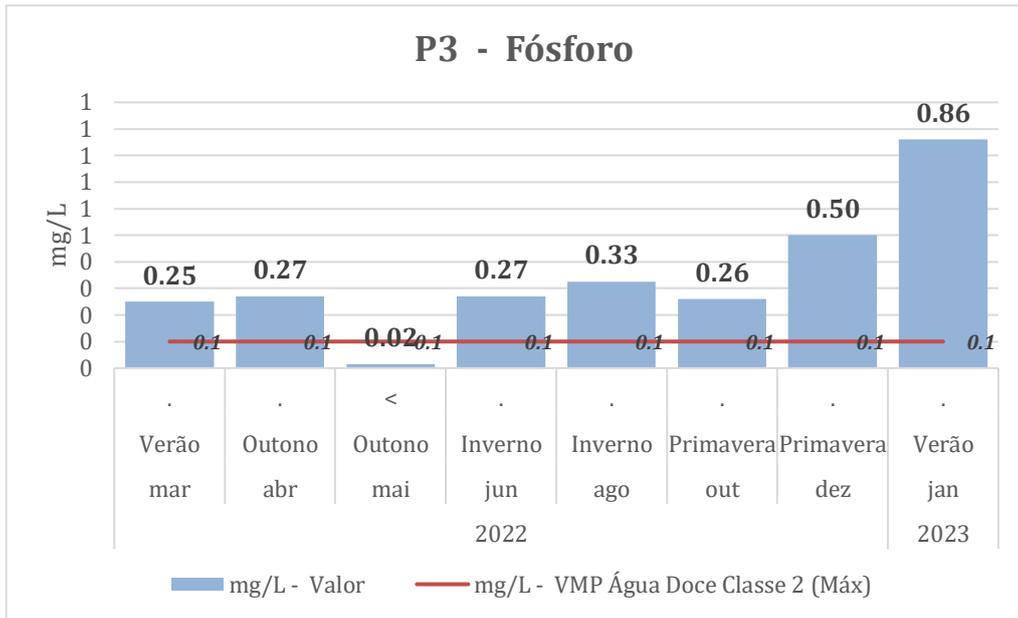
Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 36: P2 - valores de Fósforo observados de forma sazonal



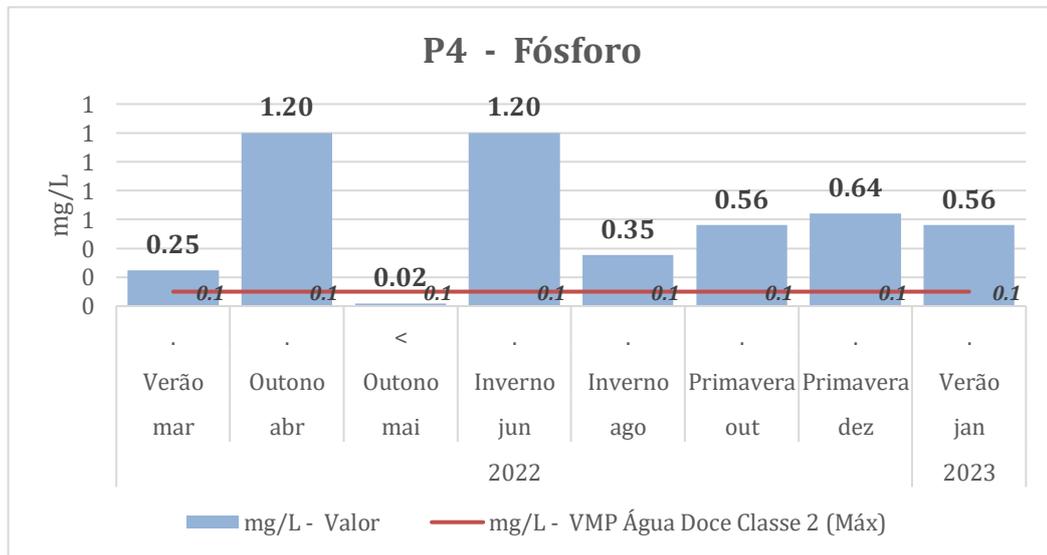
Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 37: P3 - valores de Fósforo observados de forma sazonal



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 38: P4 - valores de Fósforo observados de forma sazonal



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

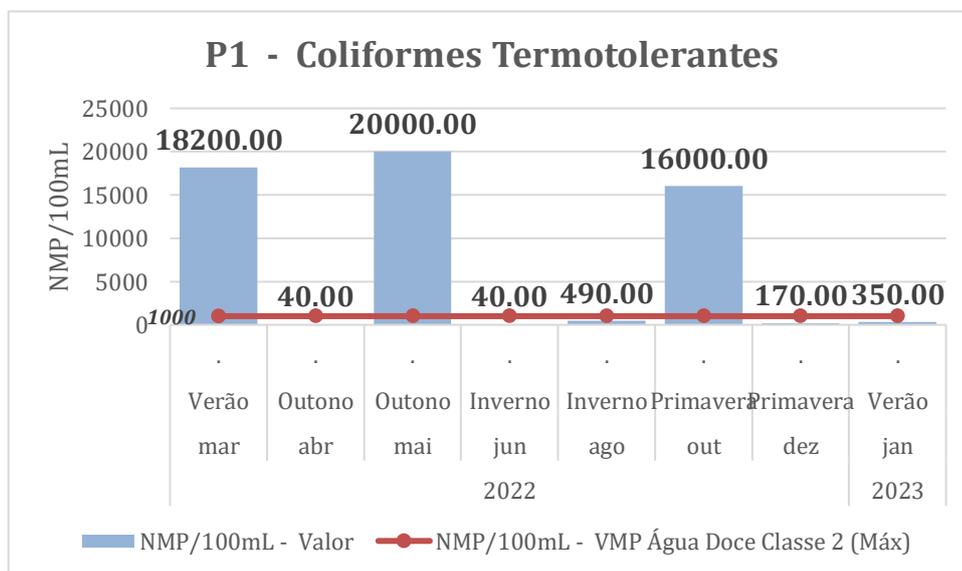
5.3.7 Coliformes termotolerantes

O grupo de bactérias chamadas coliformes são indicadores biológicos da qualidade da água. Coliformes patogênicos estão presentes no sistema intestinal dos humanos e ao serem excretadas podem atingir os corpos d'água em condições inexistentes ou inadequadas de sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário (OMER, 2019).

Os valores de coliformes nos pontos de coleta de amostras variaram entre 1,8 e 20000 NMP/100 mL, sendo o máximo encontrado no mês de maio em P1 (Figura 39), caracterizado como o ponto mais crítico também em relação a este parâmetro. Os pontos P2 (Figura 40) e P3 (Figura 41) também tiveram os máximos valores ocorrendo nos meses de maio, com 6100 e 4000 NMP/100 mL, respectivamente. P4 (Figura 42) apresentou o valor mais crítico, de 16000 NMP/100 mL em outubro.

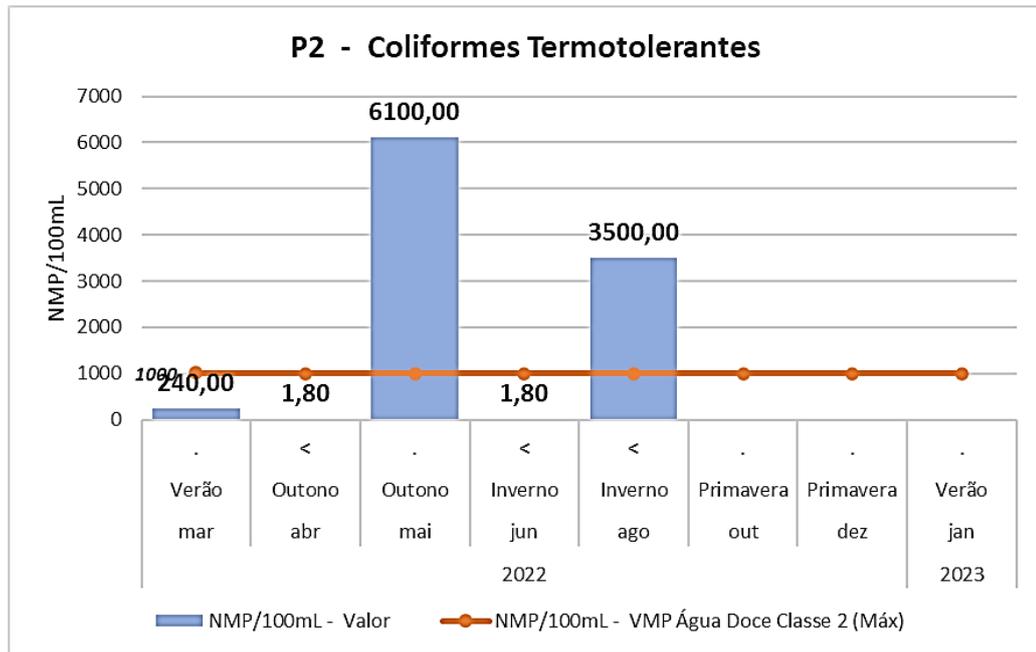
Sendo assim, observa-se que todos os pontos ultrapassaram o valor máximo de coliformes de 1000 NMP/100 mL estabelecido pela resolução CONAMA 357/05.

Figura 39: valores de Coliformes Termotolerantes observados de forma sazonal



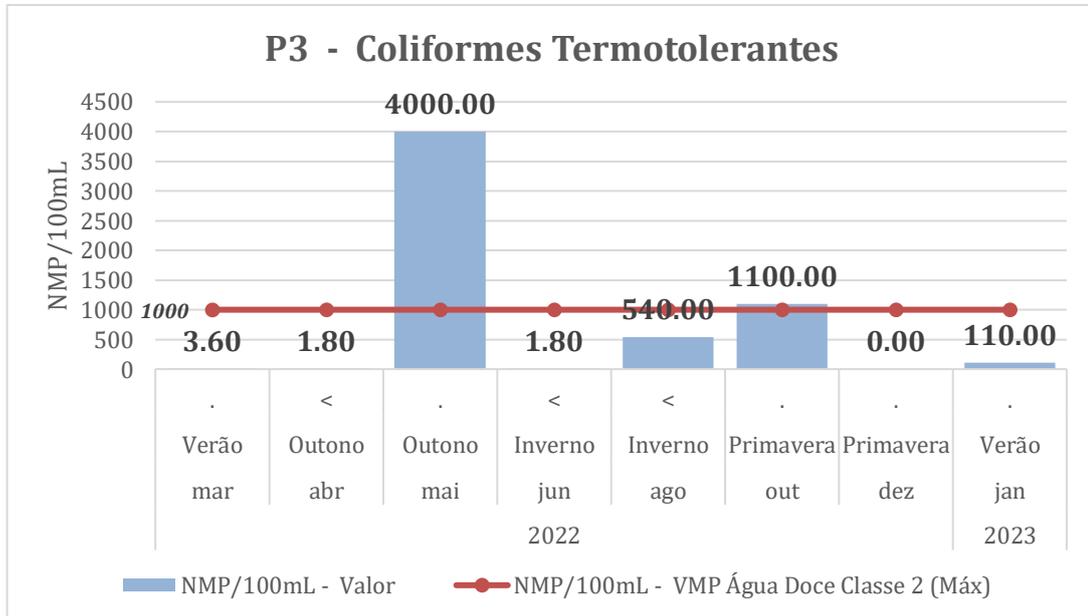
Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 40: valores de Coliformes Termotolerantes observados de forma sazonal

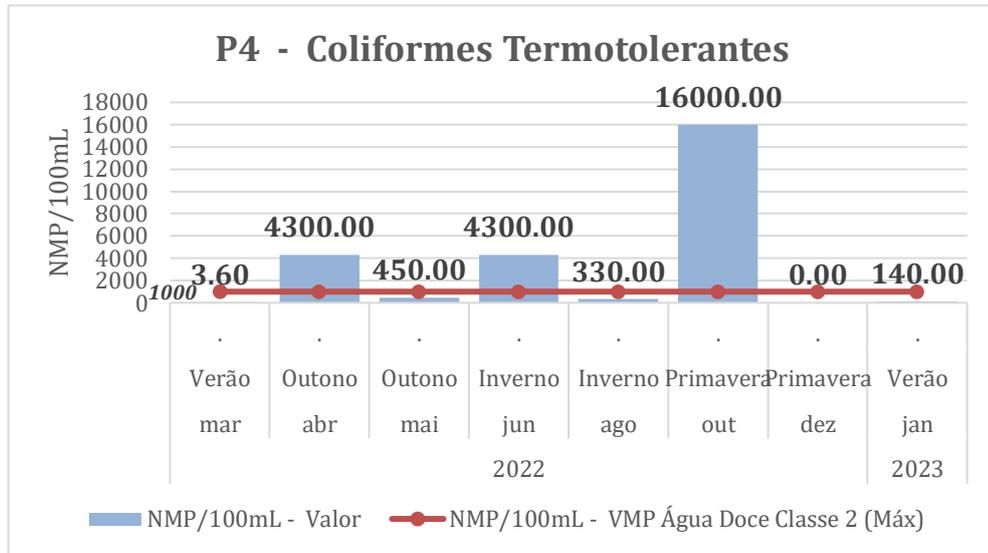


Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 41: valores de Coliformes Termotolerantes observados de forma sazonal



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 42: valores de Coliformes Termotolerantes observados de forma sazonal

Fonte: Elaborado pela autora, 2023

5.4 Análise geral dos parâmetros

A Tabela 4 demonstra em vermelho os parâmetros em não conformidade, seja ela total ou parcial. As células verdes indicam os parâmetros em conformidade com a legislação.

Tabela 4: Análise de conformidade dos parâmetros

Pontos	Turbidez (NTU)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Coliformes totais (NMP/100 mL)	DBO(5) (mg/L)	Nitrogênio Amôniacal Total (mg/L)	Fósforo (mg/L)
P1 (SANAMA)						
P2 (GROTA DA ESPERANÇA)						
P3 (BAIRRO RIACHO DOCE)						
P4 (FOZ RIACHO DOCE)						

Fonte: Elaborado pela autora, 2023

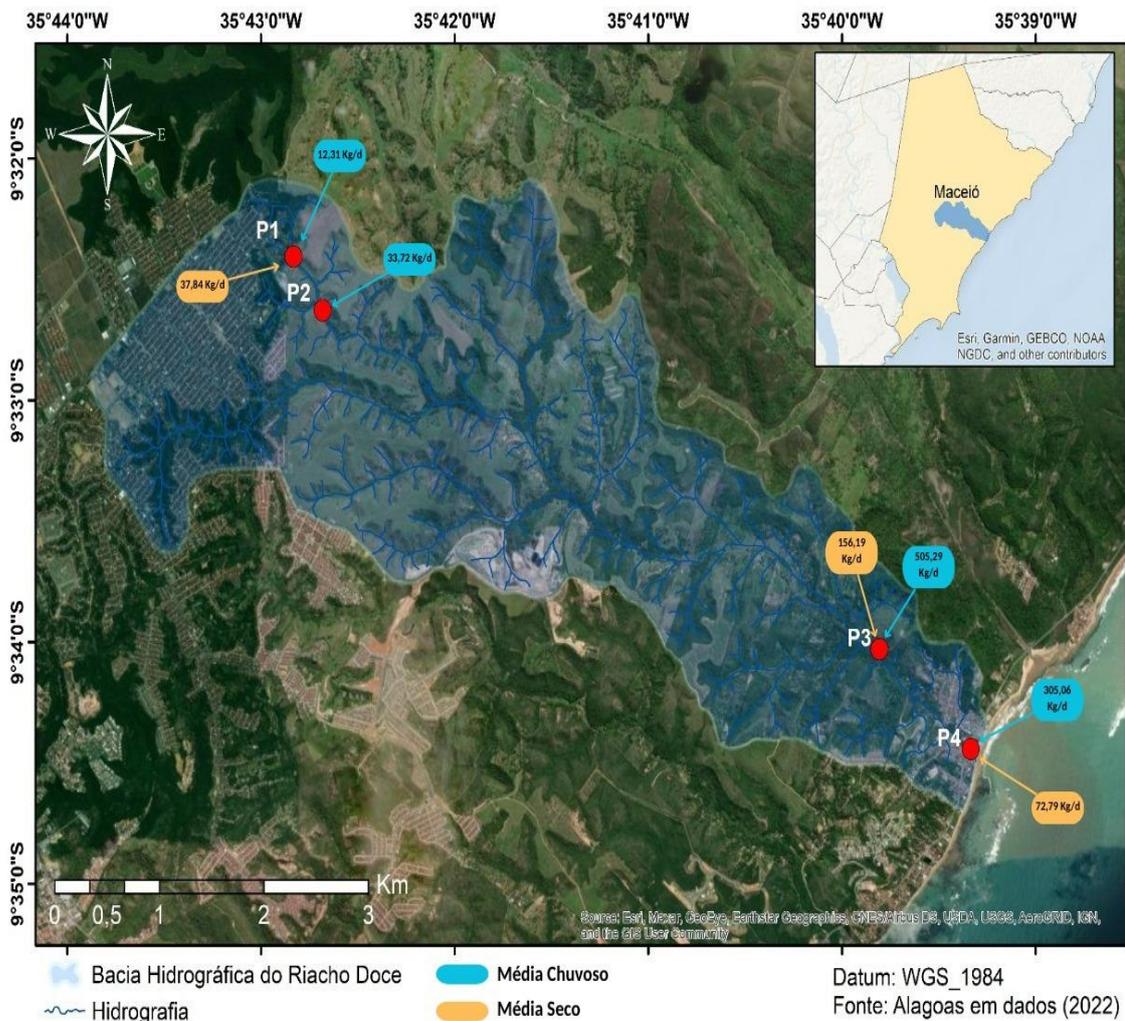
Os pontos P1 e P2, não estão em conformidade para nenhum dos parâmetros analisados, o que pode estar associado ao fato de estarem localizados em áreas com disposição inadequada de resíduos sólidos, e com uma densidade populacional elevada. Já nos pontos P3 e P4, somente o parâmetro de turbidez foi atendido, ambos pertencem a regiões próximas a áreas florestais e litoral, porém em relação aos demais parâmetros sofrem influência antrópicas.

5.5 Análise das cargas poluidoras

A quantificação em termos de carga, expressa em unidade de massa por unidade de tempo, é obtida através do produto de concentração do parâmetro analisado pela vazão do corpo receptor. As Figuras 43 e 44 demonstram a média de DBO e Nitrogênio, ressalta-se que devido à ausência de lâmina d'água no P2, não foi possível computar a carga para este ponto.

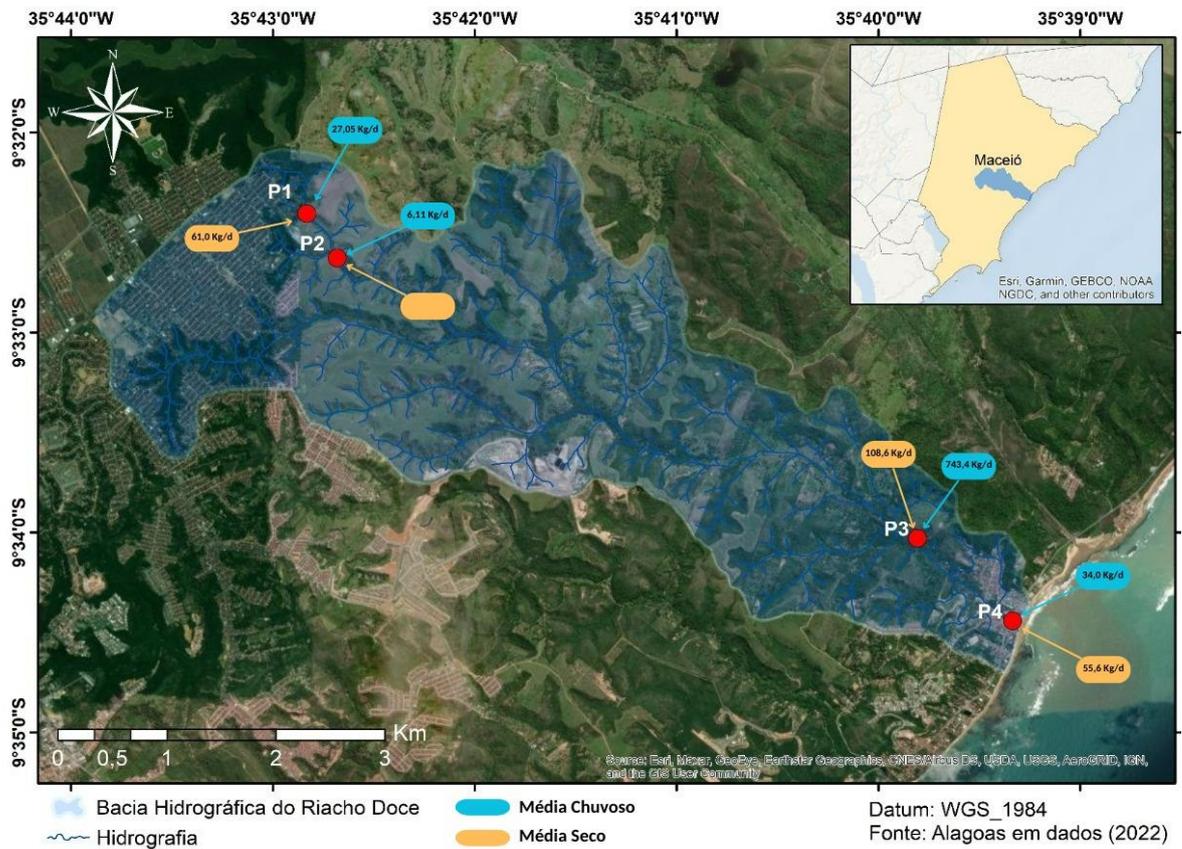
As maiores cargas poluentes foram observadas no período chuvoso no Ponto 3, com 505,29 e 743,40 kg/d para DBO e Nitrogênio, respectivamente. Para P3 e P4, o período chuvoso foi mais crítico em relação às cargas médias poluentes, ao contrário de P1, onde o período seco resultou em maiores índices de poluição.

Figura 43: Carga Média de DBO (Kg/dia)



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

Figura 44: Carga Média de Nitrogênio (Kg/dia)



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

6 CONCLUSÃO

O objetivo principal desta pesquisa foi analisar a influência das fontes poluidoras na qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Riacho Doce, a partir do monitoramento qualiquantitativo, ou seja, na análise das vazões e os parâmetros ambientais definidos por resolução, como parâmetros físico-químicos e biológicos.

Em todas as coletas realizadas foram constatadas concentrações elevadas de matéria orgânica, nutrientes e coliformes. A turbidez apresentou valores elevados principalmente nos pontos 1 e 2, já nitrogênio amoniacal foi o poluente que apresentou maior carga sendo gerada durante o período chuvoso. Apenas no ponto 4, na Foz, coliformes totais tiveram valores maiores durante os dias secos, que representam a maior parte dos dias do ano de estudo, sendo encontrados em concentrações acima do permitido na legislação.

Diante desse cenário, podemos constatar que as características de uso e ocupação do solo afetam diretamente na qualidade da água, conforme os pontos próximos aos lançamentos de efluentes como P1 e P2, localizados em áreas de grande acúmulo de resíduos sólidos, onde por exemplo, o parâmetro de coliformes termotolerantes evidenciou a ocupação do solo sem a estrutura adequada.

Dessa forma, o conjunto de metodologias dessa pesquisa traz subsídios para que os possíveis tomadores de decisões avaliem com mais atenção a destinação de recursos e o gerenciamento dos recursos hídricos para preservação desta Bacia Hidrográfica, tendo em vista seu possível deságue no Oceano Atlântico. Ressalta-se que a ocupação desordenada no entorno da Bacia, originando efluente sem o correto tratamento, além da má disposição de resíduos sólidos são fatores que agravaram para o não atendimento dos parâmetros contemplados na legislação CONAMA 357/2005.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, C. DE C. (2017). **Metodologia para estimativa de Cargas Poluentes em bacias urbanas. Estudo de caso: bacia do Riacho do Sapo.** Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019). **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (iqa). Portal da qualidade das águas.** Disponível em:< <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> Acesso em: fev. 2022.

AMORIM, E. L. C. et al. (2020). Cargas Poluentes em Corpos Hídricos do Município de Maceió/AL. Revista DAE | São Paulo | v. 68, n 222/ pp 36-51. DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.015>.

ARAÚJO, S.C.S. **Modelos de simulação baseados em raciocínio qualitativo para avaliação da qualidade da água em Bacias Hidrográficas.** Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, Brasília-DF, 218p. 2005

BARROS, A. M. Estudo de medidas descentralizadas para o controle do escoamento urbano: aplicação à bacia hidrográfica do riacho do Sapo – Maceió/AL. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos Saneamento da Universidade Federal de Alagoas, 2015.

BONUMÁ, N. B.; GASTALDINI, M. C. C.; PAIVA, J. B. D. **Análise da Carga Difusa de Poluição Gerada por Atividades de Mineração.** RBRH -Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n.3, p.105-115, 2008.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.

CERETTA, M. C. **Avaliação dos aspectos da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena - município de Santa Maria – RS.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2004, 154p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo; ANA. Agência Nacional de Águas. **Guia Nacional de coletas e preservação de amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA. 2011.

COLLISCHONN, W., DORNELLES, F. (2013). Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais. ABRH, Porto Alegre.

COSTA W. D. et al. Estudos hidrogeológicos para subsidiar a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos na região metropolitana de Maceió. Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA); Setembro, 2011. v. II.

CRUZ, J. C.; SILVEIRA, G. L. **Disponibilidade hídrica para outorga (I): avaliação por seção hidrológica de referência.** REGA, v. 4, n. 2, p. 51-64, 2007.

FOLKESON, L. et al. (2009). **Sources and Fate of Water Contaminants in Roads.** In: Dawson, A. (eds) Water in Road Structures. Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering, vol 5. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8562-8_6

GONDOLO, G.C.F. **Desafios de um Sistema complexo à gestão ambiental: bacia do Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo:** Annablume Editora, 1999. 164 p.

HAMID, A., ULLAH, B., JEHANGIR, A. (2020). Local determinants influencing stream water quality. *Applied Water Science*, 10:24.

HENRIQUE, C. S. (2009). **Regionalização hidrográfica de vazões e de cargas difusas de sólidos suspensos totais para o programa Produtores de Água e o Pagamento de serviços ambientais. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Beneventes, ES.** Dissertação de mestrado, São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades, panorama população de Maceió.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/maceio/panorama>. Acesso em: abril 2022.

KOIDE, S.; SOUZA, M. A. A. **Monitoramento da qualidade da água.** In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. 1 ed. Porto Alegre: ABRH, 2001. 626 p.

LIN, K., ZHU, Y., ZHANG, Y., LIN, H. (2019) **Determination of ammonia nitrogen in natural waters: Recent advances and applications.** In: Trends in Environmental Analytical Chemistry, Volume 24, 2019, e00073.

MENDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. (1997). **Escalas hidrológicas I, II, III: Conceitos, diversidade de processos, e hipótese integradora de processos na bacia vertente.,** Rev. Bras. Rec. Hídricos, v.2, n. 1, p. 53-122.

MIRANDA, R. G.; PEREIRA, S. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. (2009) Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia - Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 75-92.

MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental.** Fortaleza: Edições UFC, 1999. 352 p.

NASCIMENTO, W. N.; VILLAÇA, M. G. **Bacias Hidrográficas: planejamento e gerenciamento.** Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros. Três Lagoas, MS, v.5, n.7, p. 102-120,2008.

OMER, N. H. (2019). Chapter 1 – Water Quality Parameters. *In: Water Quality – Science, Assessment and Policy.* IntechOpen, London.

- PACHECO, F. N. DA S. (2022). Definição de parâmetros prioritários para o enquadramento de bacias hidrográficas em processo de urbanização. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Maceió.
- PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. ABES, São Paulo, 2005, v. 01, 285 p.
- REIS, P. A. DOS. **Identificação de áreas vulneráveis às enchentes e inundações em áreas urbanas através de modelo topográfico e hidráulicos**. [s.1.] Universidade Federal de Uberlândia, 2015.
- SANTOS, I.; FILL, H.D.;SUGAI, M. R. V. B.;BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTRT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para desenvolvimento, 2001. 372 p.
- SILVA, S.A. Saneamento básico e saúde pública em bacias hidrográficas urbanas: estudo de caso do Riacho Reginaldo – Maceió - AL. Dissertação de Mestrado, Programa de PósGraduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, 2014.
- SILVA, G. P., MONTEIRO, K. A., NOBRE, R. M. C., DAMASCENO, M. L. (2017). Morfometria da bacia hidrográfica do Riacho Doce – Município de Maceió (AL). In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Campinas.
- SNS/MDR. **Panorama do saneamento básico no Brasil**, 2021, p.87
- TUCCI, C.E.M. (Org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 943p.
- USGS, United States Geological Survey (2018). **Turbidity and Water**. Water Science School. Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/turbidity-and-water#:~:text=Turbidity%20is%20the%20measure%20of,light%2C%20the%20higher%20the%20turbidity>. Acesso em 10/03/2024.
- WOODARD & CURRAN (2006). Chapter 5 - Waste Characterization, Editor(s): Woodard & Curran, Inc., Industrial Waste Treatment Handbook (Second Edition), Butterworth-Heinemann.
- VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBÁN, L. **Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis**. Water Research, v. 32, n. 12, p. 3581-3592, 1998.
- VIEIRA, E. de O. **Águas superficiais e subterrâneas**. Montes Claros: UFMG/NCA, 2006. 127 f. Manuscrito.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed., Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005. v. 1, 452p.

APÊNDICE

P1	Mês	1	3	4	5	6	8	10	12
Parâmetros	Unidade Ano	2023	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022
Condutividade Elétrica	µS/cm	0,43	0,817	0,937	0,785	0,937	0,269	1,11	0,767
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5)	mg/L	25,36	2,5	4	4,26	4	3,75	12,73	13,23
Fósforo (Fosfato)	mg/L	2,15	3,4	3	0,016	3	2,41	12	1,99
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	29,4	3,6	0,5	13,44	0,5	3,08	23,52	26,6
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	5,83	0,97	7,53	1,55	7,53	2,15	6,9	3,28
Potencial de Oxirredução (ORP)	mV	76	303	201	243	201	323	134	76
Potencial Hidrogeniônico (pH)	-	7,57	6,54	7,43	7,91	7,43	8,4	8	8,25
Profundidade	m	0,05	0	0,1	0	0,1	0	0,05	0,1
Resistividade	MΩ.cm	2,3255814	1,22399021	1,06723586	1,27388535	1,06723586	3,71747212	0,9009009	1,30378096
Temperatura da Água	°C	30,61	29,68	29,91	30,06	29,91	26,82	29,67	30,59
Turbidez	NTU	543	16	576	17,1	576	60,3	128	51,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	350	18200	40	20000	40	490	16000	170
P2	Mês	1	3	4	5	6	8	10	12
Parâmetros	Unidade Ano	2023	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022
Condutividade Elétrica	µS/cm		0,586	0,434	0,717	0,434	0,282		
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5)	mg/L		230	4,8	10,94	4,8	14,4		
Fósforo (Fosfato)	mg/L		0,37	0,31	1	0,31	0,977		
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L		16,24	19,6	0,15	19,6	1,12		
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L		7,29	1,49	0	1,49	3,42		
Potencial de Oxirredução (ORP)	mV		216	185	141	185	113		
Potencial Hidrogeniônico (pH)	-		6,89	6,76	6,99	6,76	7,14		
Profundidade	m		0	0,1	0	0,1	0		
Resistividade	MΩ.cm		1,70648464	2,30414747	1,39470014	2,30414747	3,54609929		
Temperatura da Água	°C		28,28	27,7	20,93	27,7	26,18		
Turbidez	NTU	107	117	116	107	116	167		

P3		1	3	4	5	6	8	10	12
Parâmetros	Unidade Ano	2023	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL		240	1,8	6100	1,8	3500		
Condutividade Elétrica	µS/cm	0,368	0,251	0,263	0,293	0,263	0,141	0,322	0,273
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5)	mg/L	4,68	20,9	4,3	4,1	4,3	4,31	4,68	4,65
Fósforo (Fosfato)	mg/L	0,86	0,25	0,27	0,016	0,27	0,326	0,26	0,5
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	4,2	1,96	17,92	1	17,92	3,36	2,24	3,08
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	0	3,35	0	5,25	0	5,75	0,66	0
Potencial de Oxirredução (ORP)	mV	74	97	83	73	83	107	72	93
Potencial Hidrogeniônico (pH)	-	6,63	6,09	7	5,74	7	6,35	6,75	6,04
Profundidade	m	0,2	0,8	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,15
Resistividade	MΩ.cm	2,7173913	3,98406375	3,80228137	3,41296928	3,80228137	7,09219858	3,10559006	3,66300366
Temperatura da Água	°C	27,57	27,64	27,64	26,82	27,64	25,06	26,08	26,28
Turbidez	NTU	26,2	23,8	19,8	16,2	19,8	47,4	31,9	28,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	110	3,6	1,8	4000	1,8	540	1100	0
P4		1	3	4	5	6	8	10	12
Parâmetros	Unidade Ano	2023	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022
Condutividade Elétrica	µS/cm	1,83	0,251	5,61	1,91	5,61	0,274	2,05	0,386
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5)	mg/L	4,27	20,9	6	4,38	6	4,6	4,66	4,73
Fósforo (Fosfato)	mg/L	0,56	0,25	1,2	0,016	1,2	0,353	0,56	0,64
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	4,2	1,96	0,3	1	0,3	3,08	3,36	2,8
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	2,09	3,35	5,76	2,4	5,76	1,1	3,5	1,46
Potencial de Oxirredução (ORP)	mV	265	97	177	111	177	232	132	142
Potencial Hidrogeniônico (pH)	-	5,92	6,09	6,66	6,19	6,66	6,29	6,67	6,71
Profundidade	m	0,2	0,8	0,2	0,15	0,2	0	0,2	0,15