

Relatório Técnico Parcial I

Revisão 02
Referência: Janeiro de 2024

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* viviane@oceanus.bio.br	CREA/RS nº 195090
Silvia Lisboa de Araujo	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos	CRBio nº 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br	CRQ/RJ nº 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br	CRBio nº 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br	CRBio nº 78165/02-D
Rafaela dos Santos Costa	Dra. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, graduada em Ciências Biológicas projetos04@oceanus.bio.br	-
Debora Costa	Supervisora de Logística deboracosta@oceanus.bio.br	-
Thalles Barreto de Abreu	Coordenação de Campo coletas@oceanus.bio.br	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem coletas02@oceanus.bio.br	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).

**Principal contato de comunicação.

Centro de Biologia Experimental Oceanus

Rua Aristides Lobo, 46/48

Rio Comprido – Rio de Janeiro/RJ

Telefone: (21) 2567-3871

www.oceanus.bio.br

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio-Lagos São João
00	22/09/2023	Emissão original	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
01	26/10/2023	Revisão	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
02	29/01/2024	Revisão	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1. Localização da Bacia Hidrográfica Macaé e Ostras no Estado do Rio de Janeiro.	14
Figura 4-2 Coleta realizada no rio Macaé na localidade Figueira Branca na Ponte de Arame.	15
Figura 4-3 Coleta realizada no rio Jundiá.	16
Figura 4-4 Coleta realizada no Rio São Pedro.....	17
Figura 4-5 Coleta realizada no rio das Ostras.....	18
Figura 4-6. Localização dos pontos de coleta para monitoramento.	23
Figura 5-1. Figura ilustrativa da utilização do balde de inox e sonda multiparâmetro.....	25
Figura 5-2 Curvas de avaliação de qualidade dos parâmetros que compõem o IQA.	30
Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas do primeiro quadrimestre.....	35
Figura 6-2 Resultados de cloro total do primeiro quadrimestre.	38
Figura 6-3 Resultados de cloro livre do primeiro quadrimestre.	38
Figura 6-4 Resultados de coliformes termotolerantes do primeiro quadrimestre.....	40
Figura 6-5 Resultados de coliformes totais do primeiro quadrimestre.....	41
Figura 6-6 Resultados de condutividade do primeiro quadrimestre.....	42
Figura 6-7 Resultados de DBO do primeiro quadrimestre.....	43
Figura 6-8 Resultados de fosfato do primeiro quadrimestre.....	44
Figura 6-9 Resultados de nitrato do primeiro quadrimestre.	45
Figura 6-10 Resultados de nitrito do primeiro quadrimestre.....	46
Figura 6-11 Resultados de nitrogênio amoniacal do primeiro quadrimestre.	47
Figura 6-12 Resultados de nitrogênio total do primeiro quadrimestre.	48
Figura 6-13 Resultados de oxigênio dissolvido do primeiro quadrimestre.....	49
Figura 6-14 Resultados de pH do primeiro quadrimestre.....	50
Figura 6-15 Resultados de sólidos dissolvidos totais do primeiro quadrimestre.....	52
Figura 6-16 Resultados de temperatura do primeiro quadrimestre.	53
Figura 6-17 Resultados de turbidez do primeiro quadrimestre.....	54
Figura 6-18 Resultados da análise dos componentes principais referente ao primeiro quadrimestre.	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 4-1 – Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências e profundidade.....	22
Quadro 5-1 - Parâmetros da qualidade da água a serem analisados e suas respectivas metodologias de referência.	26
Quadro 5-2 Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA e respectivos pesos.	28
Quadro 5-3. Faixas de classificação do IQA.	31
Quadro 5-4. Faixas de classificação do PAR.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados para a coletas da primeira campanha.....	36
Tabela 6-2 - Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.	55
Tabela 6-3 - Resultados de IQA em cada estação amostral do primeiro quadrimestre. ...	60
Tabela 6-4 - Resultados do protocolo de avaliação rápida referente a primeira campanha de monitoramento.....	63
Tabela 6-5 - Resultados do protocolo de avaliação rápida referente a segunda campanha de monitoramento.....	63

LISTA DE ABREVIações

- ANA- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CBHMO - Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras
CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
DBO- Demanda bioquímica de Oxigênio
INEA- Instituto Estadual do Ambiente
INMET- Instituto Nacional de Meteorologia
IQA- Índice de Qualidade de Água
OD- Oxigênio dissolvido
PCA- Análise dos componentes principais
pH- potencial hidrogeniônico
PAR- Protocolo de Avaliação Rápida

Índice Geral

1	Introdução	10
2	OBJETIVO GERAL	11
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4	Área de Estudo	12
4.1	Rio Macaé	15
4.2	Rio Jundiá	15
4.3	Rio São Pedro	16
4.4	Rio das Ostras	17
4.5	Pontos amostrais	18
5	METODOLOGIA	24
5.1	Coleta de amostras	24
5.2	Análise laboratorial	25
5.3	Análise dos Resultados	26
5.3.1	Índice de Qualidade de Água (IQA)	27
5.3.2	Análises estatísticas	31
5.3.3	Representação espacial	31
5.3.4	Avaliação visual	32
6	Resultados e discussão	34
6.1	Análise físico-química e microbiológica	34
6.1.1	Precipitação	34
6.1.2	Cloro livre e total	37
6.1.3	Coliformes totais e termotolerantes	39
6.1.4	Condutividade	41
6.1.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	42
6.1.6	Fosfato	43
6.1.7	Nitrato e nitrito	44
6.1.8	Nitrogênio amoniacal	46
6.1.9	Nitrogênio total	47
6.1.10	Oxigênio dissolvido	48
6.1.11	pH	49
6.1.12	Sólidos dissolvidos totais	50
6.1.13	Temperatura	52
6.1.14	Turbidez	53
6.2	Análise dos Componentes Principais (PCA)	55

6.3	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	58
6.4	Avaliação visual	61
7	CONCLUSÕES PRELIMINARES.....	64
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental é uma ferramenta de grande importância na gestão do meio ambiente, uma vez que permite a obtenção e análise sistemática das informações ambientais e assim auxilia no processo decisório de gestão ambiental. O monitoramento da qualidade das águas na Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (RH-VIII) selecionou áreas consideradas estratégicas e irá permitir o diagnóstico da qualidade dos recursos hídricos, de forma a acompanhar a saúde dos mananciais, fornecer informações para a proposta de enquadramento dos corpos hídricos e atualizar o Plano de Recursos Hídricos.

A Região Hidrográfica VIII (RH VIII) se encontra localizada na faixa costeira central-norte do Estado do Rio de Janeiro entre as regiões hidrográficas do baixo Paraíba do Sul e do rio São João e Lagos sendo composta pelos municípios de Macaé em sua totalidade, e parcialmente por Rio das Ostras, Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e áreas rurais de Carapebus e Conceição de Macabu. Totalizando uma área de cerca de 1.978 km² (CBHMO, 2023), a RH é formada pelas bacias hidrográficas dos rios Macaé, das Ostras, da Lagoa de Imboassica e de pequenos córregos e lagoas litorâneas, com a bacia do rio Macaé ocupando 90% de sua área (CERHI-RJ, 2013).

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (INEA, 2014a), o relevo representa fator dominante para caracterização do ambiente, visto que suas condições determinam os volumes de chuvas, as áreas de ocupação antrópica, as atividades econômicas e o estado de preservação das áreas florestais. Além disso, o município de Macaé apresenta maior ocupação urbana de alta densidade, seguido por Rio das Ostras, que possui a maior porção de ocupação urbana de média densidade, sendo a maior variabilidade de classes de uso e ocupação solo observada nesses dois municípios. Os demais municípios possuem porções significativas dos seus territórios ocupadas por florestas e Carapebus, por pastagem (CILSJ, 2022b).

A RH está posicionada entre os polos de desenvolvimento turístico-comercial da Região dos Lagos (ao sul) e o petrolífero-canavieiro de Campos/Macaé (ao norte), concentrando o maior parque industrial petrolífero do Estado do Rio de Janeiro.

Diante do exposto, devido ao crescimento populacional nas últimas décadas, influenciado majoritariamente pelo desenvolvimento econômico, a rede de drenagem da RH sofre principalmente com aporte de efluentes provenientes dos usos urbano, industrial

e agrícola, o que contribui para a degradação da qualidade das águas e intensifica a redução da segurança hídrica ocasionada pela degradação dos ecossistemas.

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (INEA, 2014b) a qualidade das águas na RH em referência é mais afetada por contaminações por esgoto doméstico, tendo coliformes fecais como parâmetro mais crítico e a região mais a jusante do rio Macaé com piores índices devido à proximidade ao centro urbano.

Tais fatores corroboram a necessidade de monitoramento ambiental como instrumento de gestão e sua capacidade de contemplar um banco de dados quanto à qualidade de água da RH VIII, podendo subsidiar a implementação da “Ação E – Melhoria da qualidade ambiental dos mananciais, das águas superficiais, subterrâneas e costeiras”, que consta no Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (INEA, 2014a) e auxiliar em ações de gerenciamento e tomada de decisão por parte do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e das Ostras.

2 OBJETIVO GERAL

O presente monitoramento ambiental tem como objetivo geral acompanhar os padrões de qualidade da água em trechos estratégicos dos corpos hídricos da RH-VIII.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar amostragens para o diagnóstico da qualidade da água, através de campanhas de monitoramento, produzindo dados de qualidade dos corpos hídricos estudados;
- Analisar os parâmetros de qualidade da água, produzindo um banco de dados de qualidade da RH-VIII com fornecimento de mapas;
- Elaborar Relatórios Técnicos referentes às campanhas e comparar os resultados das análises com a legislação vigente; com a interpretação estatística dos dados;
- Produzir dados de qualidade dos corpos hídricos estudados;
- Contribuir com a atualização do Plano de Recursos Hídricos;
- Subsidiar a criação de banco de dados de qualidade da RH-VIII;

- Auxiliar em ações de gerenciamento e tomada de decisão por parte do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e das Ostras.

4 ÁREA DE ESTUDO

Dentre as bacias hidrográficas que compõem a RH VIII (Figura 4-1), a bacia do rio Macaé possui maior extensão, com área de drenagem de cerca de 1.765 km², sendo seu principal curso d'água o próprio rio Macaé. Este se desenvolve por um percurso de 136 km e tem suas nascentes na Serra de Macaé de Cima, próximo ao Pico do Tinguá, em Nova Friburgo e desemboca no Oceano Atlântico, junto à cidade de Macaé (CBHMO, 2023; CILSJ, 2022). A Região Hidrográfica do Macaé e das Ostras (RH-VIII), de acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), tem clima tropical úmido (Aw) nos médios e baixos cursos dos rios, e clima tropical de altitude com verões quentes (Cwa) nos altos cursos do rio Macaé e seus afluentes pela margem esquerda (INEA, 2012).

O rio se encontra atualmente dragado e retificado no seu trecho inferior, por cerca de 40 km, tendo perdido suas curvas e meandros originais, tomando o lugar dos antigos mangues e com deságue direto no mar. Seus principais tributários são, pela margem direita, o rio Bonito, e, pela margem esquerda, os rios Sana e São Pedro (INEA, 2014a).

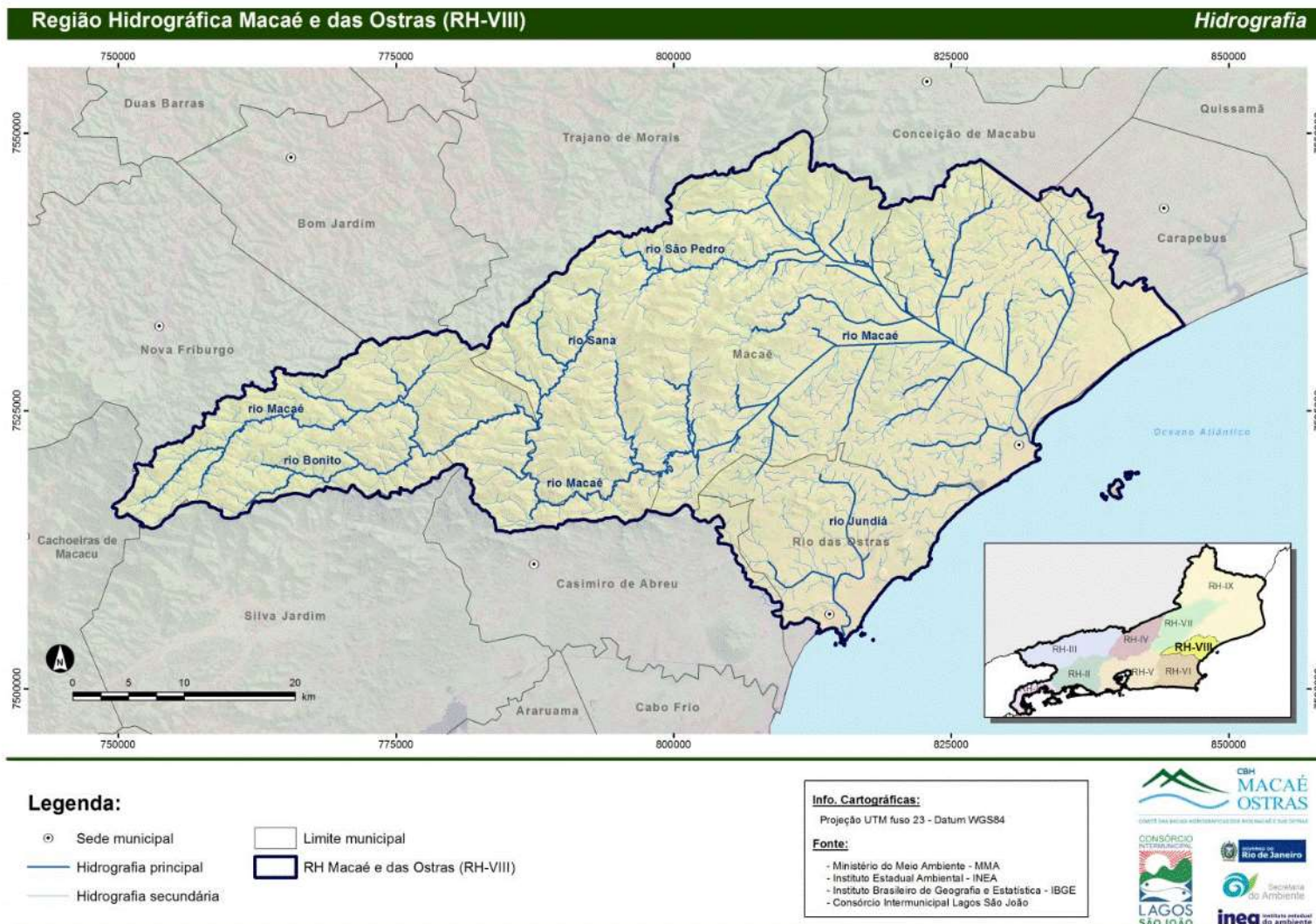
A região do alto rio Macaé, localizada na zona de recarga da região hidrográfica, é caracterizada por sua ênfase turística e ocupação de pequenas propriedades dedicadas à agricultura familiar, onde os usos da água estão relacionados à irrigação, lazer e abastecimento público (CILSJ, 2022a).

Em seguida, após a bacia do rio Macaé, em termos de extensão, temos a bacia do rio das Ostras, limitada ao norte pela bacia do rio Macaé e ao sul pelo Oceano Atlântico, com 157 km², compreendendo a bacia propriamente dita mais um conjunto de microbacias litorâneas formado pelas lagoas de Iriri, Salgada e Itapebussus e alguns córregos que deságuam nas praias (CBHMO, 2023; CILSJ, 2022a). A bacia abriga os municípios de Rio das Ostras (92,5% de seu território) e Casimiro de Abreu (7,5% de seu território).

Por apresentar baixa declividade do terreno, os cursos d'água da bacia do rio das Ostras sofrem a influência do regime de marés, em que efeitos de remanso podem chegar a 6 km a partir da foz formando áreas de inundação. Seus principais afluentes apresentam drenagens distintas, observando-se a drenagem a oeste pelo rio Iriri e a porção leste pelo rio Jundiá, sendo este o seu principal afluente (CILSJ, 2022b).

Além das bacias supracitadas, ainda faz parte da RH VIII a bacia da Lagoa de Imboassica, porém não foram selecionadas estações de coleta nela dentre os pontos de monitoramento considerados estratégicos para a presente avaliação. A Lagoa de Imboassica está localizada na divisa dos municípios de Macaé e Rio das Ostras e recebe a contribuição da drenagem pluvial de vários bairros de Macaé e de pequenos afluentes, além do rio Imboassica, seu principal formador.

Figura 4-1. Localização da Bacia Hidrográfica Macaé e Ostras no Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: CBHMO (2023).

4.1 Rio Macaé

O rio Macaé (Figura 4-2) que já foi denominado anteriormente como rio dos Bagres, nasce na Serra Macaé, na cidade de Nova Friburgo, percorre aproximadamente 136 km, e deságua no oceano Atlântico no município de Macaé. Além dos municípios supracitados, o rio Macaé também passa por Casimiro de Abreu (FREITAS *et al.* 2015; CBHMO; 2023).

Esse corpo hídrico apresenta um histórico de contaminação de origem antrópica, sendo impactado por atividades como: desmatamento para pastagem, aterro e drenagens de áreas de brejos e lagoas (FREITAS *et al.* 2015).

Figura 4-2 Coleta realizada no rio Macaé na localidade Figueira Branca na Ponte de Arame.



4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude. Com características bem diferentes do rio Iriri, o rio Jundiá apresenta leito pedregoso e águas claras. Entretanto, esse rio apresenta as margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão (Figura 4-3). Em

torno desse rio existem problemas associados à ocupação irregular, despejo irregular de esgoto e lixo. Em determinados trechos do rio, a vegetação foi removida para atividades de pecuária, agricultura e moradias (GOMES, 2009).

Figura 4-3 Coleta realizada no rio Jundiá.



4.3 Rio São Pedro

O rio São Pedro (Figura 4-4), cujas águas são provenientes de transposição da bacia do rio Macabu (pertencente a Região Hidrográfica IX do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana), recebe principalmente efluentes das vilas de Glicério e Frade, que necessitam de tratamento adequado, e em seu curso possui reservatórios para possível geração de energia. Em monitoramento realizado pelo INEA, o rio apresentava presença de contaminação agroindustrial por fenóis, metais e agrotóxicos. (INEA, 2014a).

Figura 4-4 Coleta realizada no Rio São Pedro



4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras (Figura 4-5) é um rio meandrante que nasce da confluência entre os rios Iriri e Jundiá. Possui 77 km² de área de drenagem, percorre cerca de 30 km no sentido noroeste-sudeste até a sua foz junto à Boca da Barra. O curso hídrico apresenta intensa modificação em seu curso original por grandes trechos retificados, com alto grau de urbanização principalmente na sua foz, que possui margens estreitas (10 m) e profundidade de 30 cm na maré baixa e presença de áreas de várzea e mangue aterradas (CILSJ, 2022b).

Os trechos do rio situados em áreas urbanas sofrem com diferentes tipos de ocupações, como espontâneas, loteamentos legais e clandestinos. Por conta desses processos, parte do manguezal foi aterrado e a vegetação nativa foi suprimida (GOMES, 2009).

Figura 4-5 Coleta realizada no rio das Ostras.



4.5 Pontos amostrais

Dentre as bacias hidrográficas que compõem a RH VIII, a bacia do rio Macaé possui maior extensão, com área de drenagem de cerca de 1.765 km², sendo seu principal curso d'água o próprio rio Macaé. Este se desenvolve por um percurso de 136 km e tem suas nascentes na Serra de Macaé de Cima, próximo ao Pico do Tinguá, em Nova Friburgo e desemboca no Oceano Atlântico, junto à cidade de Macaé (CBHMO, 2023; CILSJ, 2022). O rio se encontra atualmente dragado e retificado no seu trecho inferior, por cerca de 40 km, tendo perdido suas curvas e meandros originais, tomando o lugar dos antigos mangues e com deságue direto no mar. Seus principais tributários são, pela margem direita, o rio Bonito, e, pela margem esquerda, os rios Sana e São Pedro (INEA, 2014a).

A região do alto rio Macaé, localizada na zona de recarga da região hidrográfica, é caracterizada por sua ênfase turística e ocupação de pequenas propriedades dedicadas à agricultura familiar, onde os usos da água estão relacionados à irrigação, lazer e abastecimento público (CILSJ, 2022a).

Nesta região, chamada de sub-bacia do alto rio Macaé, foi selecionado o ponto de monitoramento “1” como ponto controle quanto aos parâmetros de qualidade, estando localizado próximo à Estação Fluviométrica em Galdinópolis, uma região de cabeceira da RH, a montante da ocupação urbana. Nesta região ainda foram estabelecidos o ponto de monitoramento “2”, antes do centro de Lumiar, após deságue do córrego Santiago, e o ponto de monitoramento “3”, localizado após o centro de Lumiar, na zona de mistura do rio São Pedro e rio Boa Esperança. A carência nos sistemas de coleta e tratamento de esgotos é um grande problema que afeta estes núcleos urbanos.

Já na sub-bacia do médio rio Macaé, foi selecionado o ponto de monitoramento “4”, próximo à ponte do arame, na localidade de Figueira Branca, região que possui a agropecuária como principal atividade característica e demanda hídrica, responsável pela fragilidade do solo, em conjunto com práticas inadequadas de manejo, que geram problemas de assoreamento dos rios e lagoas, impactando a qualidade das águas (CILSJ, 2022a).

Já na sub-bacia do baixo rio Macaé, foram selecionados os pontos de monitoramento “5” e “7”, respectivamente, antes e depois da confluência com o rio São Pedro, além do ponto de monitoramento “8”, localizado em ponte próxima à foz do rio Macaé. Nesta sub-bacia, os problemas são oriundos da ocupação urbana e industrial como a poluição dos cursos d’água e elevada demanda de água devido à aglomeração urbana. Há grande concentração de poços para extração de águas, por empresas para abastecimento, e o lançamento de efluentes é feito principalmente no rio Macaé e na Lagoa de Imboassica, além de fossas sépticas e sumidouros (CILSJ, 2022a).

Na sub-bacia do rio São Pedro, foi selecionado o ponto “6” para avaliar a qualidade da água no rio São Pedro, afluente da margem direita do alto rio Macaé, próximo à estação fluviométrica Glicério. O rio São Pedro, cujas águas são provenientes de transposição da bacia do rio Macabu (pertencente a Região Hidrográfica IX do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana), recebe principalmente efluentes das vilas de Glicério e Frade, que necessitam de tratamento adequado, e em seu curso possui reservatórios para possível geração de energia. Em monitoramento realizado pelo INEA, o rio apresentava presença de contaminação agroindustrial por fenóis, metais e agrotóxicos. (INEA, 2014a)

Em seguida após a bacia do rio Macaé, em termos de extensão, temos a bacia do rio das Ostras, limitada ao norte pela bacia do rio Macaé e ao sul pelo Oceano Atlântico,

com 157 km², compreende a bacia propriamente dita mais um conjunto de microbacias litorâneas formado pelas lagoas de Iriri, Salgada e Itapebussus e alguns córregos que desaguam nas praias (CBHMO, 2023; CILSJ, 2022a). A bacia abriga os municípios de Rio das Ostras (92,5% de seu território) e Casimiro de Abreu (7,5% de seu território).

Por apresentar baixa declividade do terreno os cursos d'água da bacia do rio das Ostras sofrem a influência do regime de marés, em que efeitos de remanso podem chegar a 6km a partir da foz formando áreas de inundação. Seus principais afluentes apresentam drenagens distintas, observando-se a drenagem a oeste pelo rio Iriri e a porção leste pelo rio Jundiá, sendo este o seu principal afluente (CILSJ, 2022b).

O rio das Ostras é um rio meandrante que nasce da confluência entre os rios Iriri e Jundiá. Possui 77 km² de área de drenagem, percorre cerca de 30 km no sentido noroeste-sudeste até a sua foz junto à Boca da Barra. O curso hídrico apresenta intensa modificação em seu curso original por grandes trechos retificados, com alto grau de urbanização principalmente na sua foz, que possui margens estreitas (10m) e profundidade de 30 cm na maré baixa e presença de áreas de várzea e mangue aterradas (CILSJ, 2022b).

Neste rio foi estabelecido o ponto de monitoramento "9", localizado no bairro Village, próximo à região serrana de Cantagalo, recebendo córregos em alguns povoados. O rio acompanha a localidade denominada Âncora II e o loteamento residencial Praia Âncora e segue ao encontro do rio Iriri (um de seus principais afluentes junto com o rio Mauricio), quando assume o nome de rio das Ostras, até chegar à sua foz na Boca da Barra. Na Boca da Barra, por sua vez, na ponte estaiada, foi estabelecido o ponto de monitoramento "10". A estação amostral está localizada em centro urbano, próxima a uma marina, com pontos de lançamento de esgoto sanitário em seu entorno.

Além das bacias supracitadas, ainda faz parte da RH VIII a bacia da Lagoa de Imboassica, porém não foram selecionadas estações de coleta nela dentre os pontos de monitoramento considerados estratégicos para a presente avaliação. A Lagoa de Imboassica está localizada na divisa dos municípios de Macaé e Rio das Ostras e recebe a contribuição da drenagem pluvial de vários bairros de Macaé e de pequenos afluentes, além do rio Imboassica, seu principal formador.

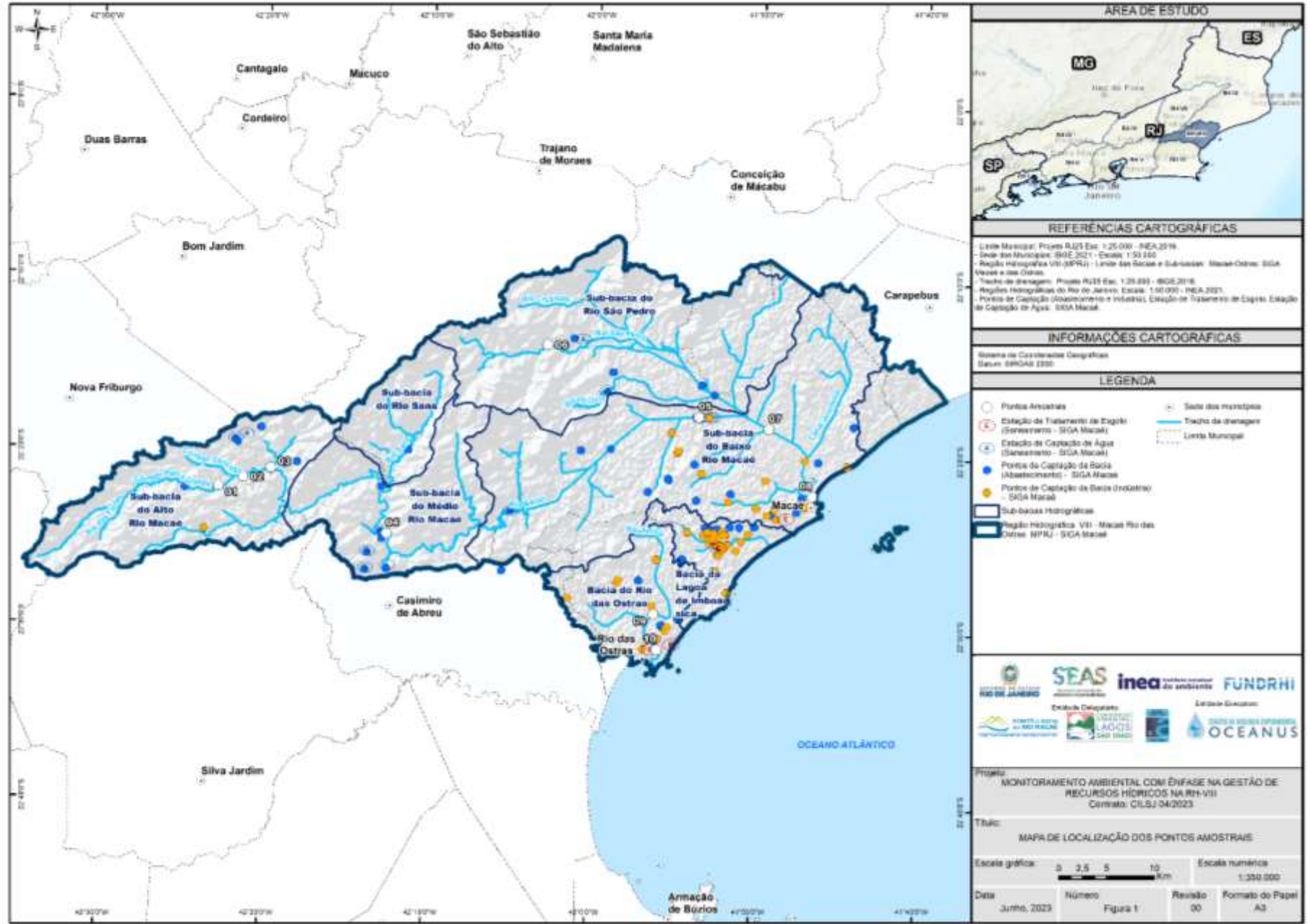
Diante do exposto, foram coletadas amostras de água superficial nos 10 (dez) pontos amostrais distintos na Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras, conforme no Quadro

4-1 e a Figura 4-6, como destacado no Termo de Referência. Na estação amostral P09, devido à vegetação aquática abundante, não foi possível realizar a coleta conforme planejado no Plano de Trabalho. Assim, a amostragem foi realizada na margem do corpo hídrico.

Quadro 4-1 – Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências e profundidade.

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Profundidade Junho (m)	Profundidade Agosto (m)
		E	N		
P01*	Na ponte que bifurca para Rio Bonito, para parte alta do rio Macaé. Próximo à Estação Fluviométrica Galdinópolis-Rio Macaé	-2.368810°	-42.379470°	0,30	0,34
P02	Após a confluência do Córrego Santiago. Próximo ao Bar do rio Lumiar- rio Macaé	- 22.360200°	-42.354500°	0,30	0,3
P03	Rua Jorge Leopoldo Berbet, após o centro de Lumiar. Rio Macaé após a confluência com rio São Pedro- rio Macaé	- 22.351060°	-42.326160°	0,20	0,10
P04	Localidade de Figueira Branca, na Ponte de Arame-rio Macaé.	- 22.411970°	-42.208370°	0,30	0,30
P05	Próximo à Estação Fluviométrica Severina. À montante da confluência com o rio São Pedro- rio Macaé.	- 22.296280°	-41.893300°	0,30	0,10
P06	À jusante da PCH Glicério. Próximo à Estação Fluviométrica Glicério- rio São Pedro.	- 22.229680°	-42.048130°	0,30	0,30
P07*	À jusante da confluência com o rio São Pedro- rio Macaé.	- 22.306900°	-41.822450°	0,30	0,30
P08	No rio Macaé, na altura da ponte da Barra, próximo ao late Clube – rio Macaé.	- 22.369720°	-41.776700°	0,30	0,30
P09	Ponte sobre o rio Jundiá no bairro Village. À montante da confluência com o rio Iriri- rio Jundiá.	- 22.484270°	-41.935860°	0,30	0,10
P10	Na ponte estaiada, no centro, próximo à Estação Elevatória da BRK. Estacionamento na descida da ponte sentido centro de Rio das Ostras. – rio das Ostras.	- 22.518220°	-41.932390°	0,30	0,30

Figura 4-6. Localização dos pontos de coleta para monitoramento.



5 METODOLOGIA

5.1 Coleta de amostras

A primeira campanha de monitoramento foi realizada nos dias 22 e 23 de junho de 2023, já a segunda campanha foi efetuada nos dias 22 e 23 de agosto de 2023, com execução das coletas e análises das amostras pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus, acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (ANEXO 1) e INEA CCL Nº IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA nº 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações destinadas a cada local onde foram realizadas as amostragens, em observância às Normas Regulamentadoras – NR 6 (Equipamento de Proteção Individual – EPI) e NR 17 (Ergonomia). A localização dos pontos foi realizada a partir das informações fornecidas pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João, e o registro fotográfico de cada localidade pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com garrafa Van Dorn e, quando não foi possível, ocorreu com o balde de inox e os parâmetros físico-químicos da água como condutividade, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura da água e do ar, turbidez e condutividade foram obtidos *in situ*, com o auxílio de uma sonda multiparâmetros previamente calibrada, como ilustrado na Figura 5-1.

Figura 5-1. Figura ilustrativa da utilização do balde de inox e sonda multiparâmetro.



5.2 Análise laboratorial

Após a coleta, as amostras foram refrigeradas e analisadas em laboratório. Foram analisados 16 (dezesesseis) parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial em todos os pontos de coleta, conforme Quadro 3-4. As metodologias das análises físico-químicas e microbiológicas descritas estão de acordo com os requisitos estipulados pela Norma ABNT NBR ISO/IE em especial a norma revisada NIT-DICLA-057 e pelas instruções de segurança na manipulação de reagentes e soluções a seguir:

- Standards Methods for Examination of Water and Wastewater, 23^a Ed, 2017 (APHA, 23rd ed., 2017); e
- Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos da ANA (CETESB, 2011).

Quadro 5-1 - Parâmetros da qualidade da água a serem analisados e suas respectivas metodologias de referência.

ID	Variáveis	Nº	Parâmetros	Unidade de Medida	Metodologia de Referência
I.	Biológicas	1	Coliformes totais	NMP/100mL	SMWW, 23ª Edição, Método 9221 B e C
		2	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	SMWW, 23ª Edição, Método 9221 B e C
II.	Físicas	3	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 23ª Edição, Método 2540 C
		4	Temperatura	°C	SMWW, 23ª Edição, Método 2550 B
		5	Turbidez	UNT	SMWW, 23ª Edição, Método 2130 B
III.	Químicas	6	Cloro livre	mg/L Cl	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-Cl G
		7	Cloro total	mg/L Cl	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-Cl G
		8	Condutividade Elétrica	µS/cm	SMWW, 23ª Edição, Método 2510 B
		9	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L	SMWW, 23ª Edição, Método 5210 B
		10	Fosfato Total	mg/L P	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-P E
		11	Nitrogênio total	mg/L N	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-N
		12	Nitrogênio Amoniacal	mg/L N	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NH3 F
		13	Nitrato	mg/L N	D09727_02_Insert_Environmental_TON Vanadium Vanadium Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific
		14	Nitrito	mg/L N	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NO2-B
		15	Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L e %	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-O G
16	Potencial Hidrogeniônico (pH)	N.A.	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-H B		

5.3 Análise dos Resultados

Os dados foram analisados de maneira integrada, levando em consideração o uso do solo no entorno dos pontos selecionados; a precipitação acumulada durante os períodos de coleta a partir de estações meteorológicas originárias próximas a cada ponto de amostragem, cujos dados oficiais são fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação Meteorológica Macaé (A608), acompanhadas de análise e explanação de sua relevância diante dos resultados obtidos. Além disso, os resultados obtidos foram comparados com os valores de referência descritos na

Resolução CONAMA 357/2005, tendo como base a salinidade das amostras analisadas. A salinidade, é um parâmetro importante, pois, influencia na classificação da água analisada, doces (salinidade $<0,5\text{‰}$), salobras (salinidade entre 0,5 e 30‰) e salinas (salinidade $>30\text{‰}$) e como consequência nos limites preconizados da resolução supracitada dos diferentes parâmetros monitorados.

Além da obtenção de dados primários, foram realizadas comparações com dados pretéritos do corpo hídrico analisado, com outros trabalhos de monitoramento correlatos, em uma análise crítica/científica das informações adquiridas no monitoramento específico e de dados secundários. Também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) que será detalhado no próximo tópico.

5.3.1 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. No Brasil, começou a ser utilizado em 1975 pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

O índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são, em sua maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

O IQA é composto por nove parâmetros apresentados no Quadro 5-2, cujos respectivos pesos (w) foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água. Tendo em vista que os pesos (w) das variáveis podem variar de acordo com o Estado, para esse programa de monitoramento será utilizado a ponderação estabelecida pela *National Sanitation Foundation* (NSF) que é o padrão do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA). Essa padronização dos pesos permite a comparação entre as informações obtidas e as informações disponibilizadas nos Boletins do órgão.

O Escopo Técnico apresentado no Termo de Referência do processo CILSJ Nº 255/2022 foi elaborado de acordo com os parâmetros recomendados na metodologia de cálculo de Índice de Qualidade de Água (IQA) adotado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Entretanto, a fim de compatibilizar os resultados e

subsidiar informações para o banco de dados da RH-VIII, será adotada em seu lugar a metodologia de IQA da National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, criada no ano de 1970 e adotada pelo INEA, conforme aprovação da Contratante.

Para tal, foi realizada a substituição dos parâmetros “Resíduo Sólido Total” e “Fósforo Total” por “Sólidos Dissolvidos Totais” e “Fosfato Total”, respectivamente, necessários para o cálculo do IQA NFS do INEA. Além disso, de acordo com as unidades adotadas no cálculo de IQA, também foram alteradas as unidades dos parâmetros “Coliformes Termotolerantes” de NMP/mL para NMP/100 mL e “Oxigênio Dissolvido”, que será apresentado nos laudos analíticos em mg/L, mas medido em campo também em % de saturação.

A fim de padronizar as unidades e diante da modificação realizada para “Coliformes Termotolerantes”, o parâmetro “Coliformes Totais” também passou a ser expresso em NMP/100 mL.

Quadro 5-2 Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA e respectivos pesos.

Parâmetro de Qualidade de Água	Peso (W)
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes termotolerantes	0,16
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,11
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,11
Temperatura	0,1
Nitrato	0,1
Fosfato Total	0,1
Turbidez	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos	0,07

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida, conforme Figura 5-2. Para cada variável, foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração a uma nota (qi), pontuada de zero a 100.

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

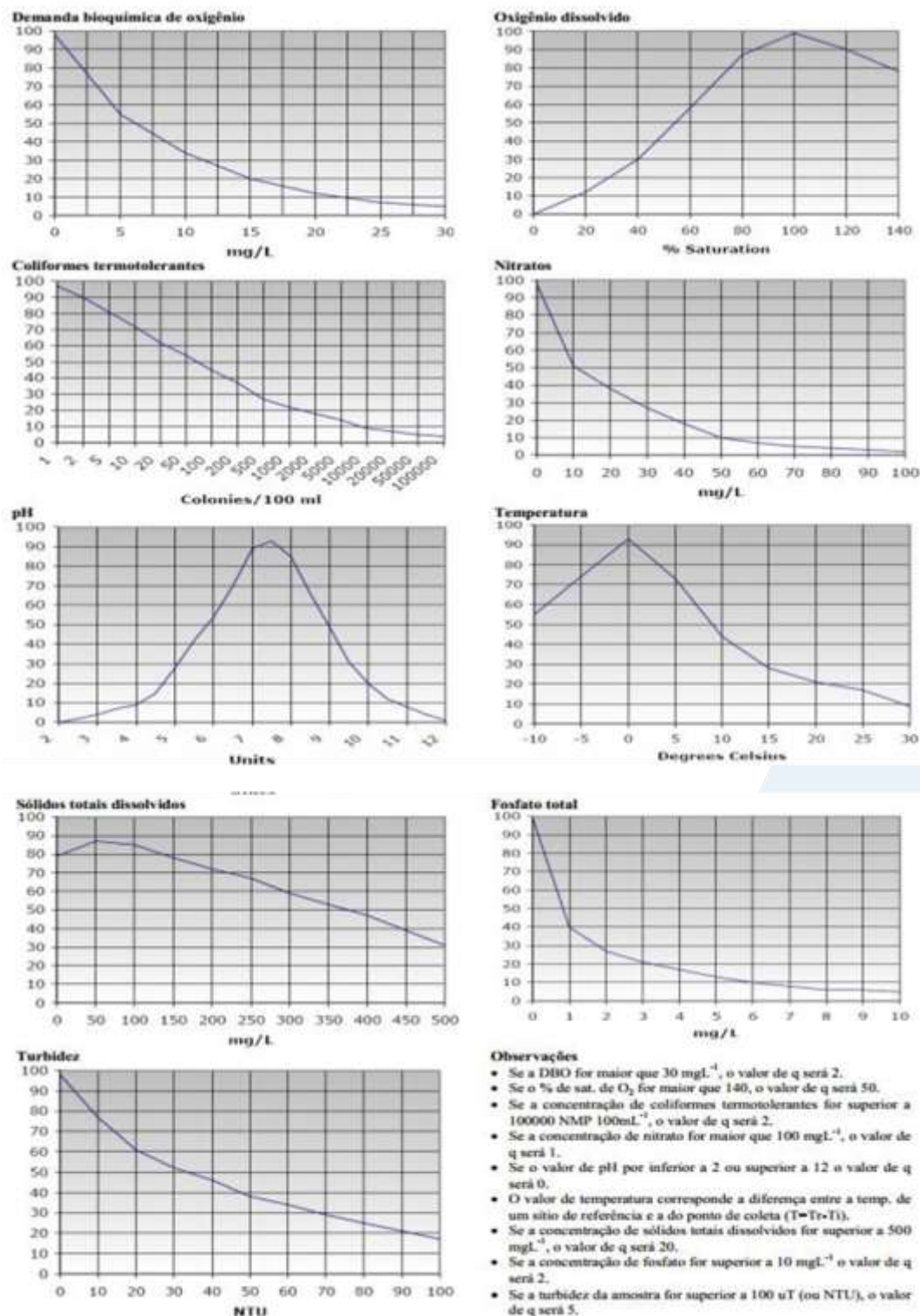
Sendo:

IQA= Índice de Qualidade de Água, um valor entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Figura 5-2 Curvas de avaliação de qualidade dos parâmetros que compõem o IQA.



Fonte: INEA (2019).

O Quadro 5-3 apresenta as categorias e faixas de qualidade de água para os resultados obtidos pelo cálculo do IQA. A memória de cálculo é apresentada no ANEXO 6 – Memória de cálculo IQA.

Quadro 5-3. Faixas de classificação do IQA.

Categoria de Resultados	IQA	Significado
Excelente	$100 \geq IQA \geq 90$	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
Boa	$90 > IQA \geq 70$	
Média	$70 > IQA \geq 50$	
Ruim	$50 > IQA \geq 25$	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
Muito Ruim	$25 > IQA \geq 0$	

Cabe destacar que, embora a avaliação da qualidade da água pelo índice de IQA seja amplamente utilizada, esse indicador apresenta limitações, já que sua análise não contempla alguns parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (por exemplo: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

5.3.2 Análises estatísticas

Uma análise integrada dos resultados será apresentada neste documento, com a apresentação dos resultados em gráficos. Adicionalmente, os resultados serão avaliados de acordo com o uso do solo do entorno da bacia hidrográfica e em conjunto com os dados meteorológicos e de maré durante os dias da campanha. Ainda, com o objetivo de avaliar e entender quais são os principais parâmetros que contribuem para a qualidade da água, a avaliação apresentará uma Análise de Componentes Principais (PCA), técnica de estatística multivariada utilizada para analisar a interrelação entre as variáveis.

5.3.3 Representação espacial

Foram elaborados 30 mapas contemplando todos os pontos de monitoramento de qualidade da água, ilustrando a concentração de seus respectivos parâmetros ao longo dos dois meses de amostragem (ANEXO 7). Os mapas indicam a proposta de enquadramento dos corpos hídricos analisados em classes, segundo a Resolução CONAMA 357/2005. Os parâmetros que não apresentam limite de referência na normativa supracitada foram representados com simbologia com graduação de tamanho.

Os mapas gerados irão auxiliar na compreensão dos potenciais impactos ao destacar os trechos onde foram observadas melhorias em relação aos parâmetros, bem como indicar progressões de alteração de classe.

5.3.4 Avaliação visual

Além das Cadeias de Custódia, durante a amostragem, foi preenchida fichas de avaliação visual dos pontos com intuito de compreender as relações entre os corpos d'água e a população residente nas proximidades dos rios. Para isso foi utilizado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), desenvolvido por Hannaford et al. (1997), reavaliado por Callisto et al. (2002) e adaptado por Do Nascimento e colaboradores (2020).

O Protocolo é composto por 14 questões que elencam o nível de impacto das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos e os níveis de conservação dos ambientes fluviais. Dessa forma, a partir das respostas obtidas, é possível inferir uma classificação para o estado de conservação da área.

A ficha do PAR elaborada pela Oceanus também conta com campo de observações em branco para relato por extenso de ocorrências/ inconformidades e outras informações pertinentes relativas à avaliação visual de cada estação amostral.

O PAR contempla um sistema de pontuação de acordo com as características observadas no local e, para sua avaliação final, são calculados totais de pontuação obtidos para cada ponto amostral. As pontuações com valores de 2 a 3 referem-se, predominantemente de aspectos naturais a antrópicos da paisagem; enquanto a pontuação de número 1 diz respeito às características totalmente antrópicas que podem ser observadas na paisagem. O coletor avaliou as questões em campo, marcando um "X" nas que identificou visualmente no local e entregou a ficha junto às cadeias de custódia após as coletas.

Foi realizada a pontuação obtida em cada estação amostral a partir do que foi preenchido em campo e realizado o somatório total. A classificação da metodologia PAR com as cores da pontuação obtida da soma dos parâmetros em cada estação amostral pode ser observada no Quadro 5-4.

Quadro 5-4. Faixas de classificação do PAR

Categoria de Resultados	Pontos
Boa	Acima de 35 pontos
Regular	30 a 35
Ruim	Abaixo de 30

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise físico-química e microbiológica

6.1.1 Precipitação

Os resultados da precipitação e temperatura, extraídos da Estação Meteorológica Macaé (A608) durante o período de coleta indicam que nos quinze dias anteriores até a primeira campanha realizada houve uma média de temperatura de 21,43 °C e precipitação acumulada de 14,2 mm, o que é considerada uma precipitação moderada, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). Já na segunda campanha, esses valores foram de 22,48 °C e 44,6 mm, respectivamente, e nesse caso o volume de chuvas é classificado como uma precipitação forte (INMET, 2023) (Figura 6-1). Os resultados obtidos nas duas campanhas de monitoramento realizadas no inverno, estão de acordo com dados pretéritos que indicam que nos meses de maio a setembro, o volume de chuvas total não extrapola 50 mm, seguindo as características do clima dessa região hidrográfica (INEA, 2012). Destaca-se que os parâmetros físico-químicos e microbiológicos monitorados no presente estudo ambiental além de apresentarem inter-relações também podem ser influenciados por fatores externos como a precipitação.

Os resultados obtidos para as coletas de junho e agosto de 2023 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA 357/2005 podem ser vistos na Tabela 6-1.

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas do primeiro quadrimestre.

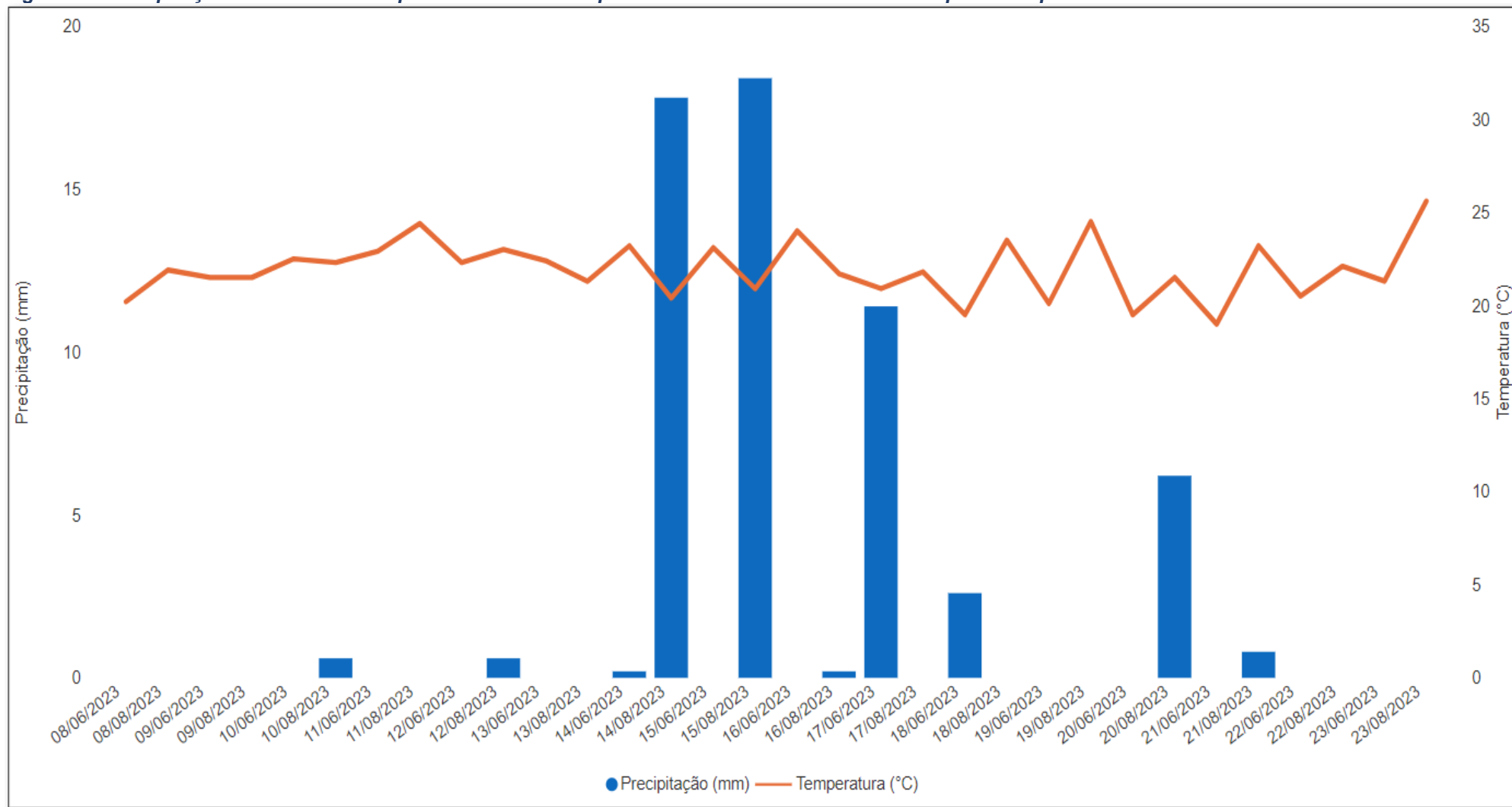


Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados para a coletas da primeira campanha.

Estações amostrais	Data de coleta	Cloro livre (mg/L)	Cloro total (mg/L)	Coliformes totais (NMP/100mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Condutividade (µS/cm)	DBO (mg/L)	Fosfato (mg/L)	litrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Nitrogênio total (mg/L)	OD (mg/L)	pH	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
P1	23/06/2023	<0,01	<0,01	791,5	700	20	7	<0,06	0,35	<0,01	0,12	1,1	6,76	5,55	19	14,09	2,46
	23/08/2023	<0,01	<0,01	790,0	130	18	3	0,07	0,14	0,01	0,17	1	6,67	6,67	16	20,73	1,06
P2	23/06/2023	<0,01	<0,01	80,3	78	23	6	<0,06	0,32	<0,01	0,22	1	6,56	5,83	18	14,36	1,35
	23/08/2023	<0,01	<0,01	790	130	21	3	<0,06	0,2	0,01	0,07	1	6,29	6,29	18	19,49	1,13
P3	23/06/2023	<0,01	<0,01	16000	5400	30	10	<0,06	0,37	<0,01	0,04	0,7	6,99	5,95	23	14,66	1,78
	23/08/2023	<0,01	<0,01	2800	1300	35	4	<0,06	0,12	<0,01	0,07	0,2	6,95	6,95	23	19,2	1,5
P4	22/06/2023	<0,01	<0,01	< 1,0	<1,8	33	3	<0,06	0,24	0,02	0,06	0,5	7,66	5,55	21	16,49	1,29
	22/08/2023	<0,01	<0,01	2800	790	43	5	0,09	0,18	<0,01	0,07	0,2	8,41	8,41	23	20,32	4,02
P5	22/06/2023	<0,01	<0,01	< 1,0	<1,8	41	4	<0,06	0,61	0,03	0,15	1	6,45	6,02	27	21,8	10
	22/08/2023	<0,01	<0,01	540	220	56	5	0,09	0,21	<0,01	0,11	0,3	8,27	8,27	30	26,77	22,3
P6	22/08/2023	<0,01	<0,01	2419,6	2400	35	8	<0,06	0,18	0,01	0,35	0,9	7,32	6,13	27	20,03	2,55
	22/08/2023	<0,01	<0,01	2800	1600	46	3	0,07	0,18	<0,01	0,1	0,3	8,53	8,53	25	23,15	4,4
P7	22/06/2023	<0,01	<0,01	< 1,0	<1,8	52	3	<0,06	0,27	<0,01	0,12	0,7	5,73	7,58	33	21,83	12,4
	22/08/2023	<0,01	<0,01	220	78	69	5	0,09	0,22	<0,01	0,09	0,3	6,96	6,96	34	25,21	12,6
P8	22/06/2023	<0,01	<0,01	9200	7900	61	10	0,06	0,45	0,07	1,28	2,2	5,25	7,97	41	22,8	13,3
	22/08/2023	<0,01	<0,01	>160000,0	160000	10660	5	0,12	0,2	0,02	0,51	0,9	6,98	6,98	3498	24,59	9,47
P9	22/06/2023	<0,01	<0,01	24196	24000	249	25	<0,06	0,62	0,05	0,55	2,9	<0,1	5,91	214	21,15	68,3
	22/08/2023	<0,01	<0,01	>160000,0	>160000,0	542	5,0	0,56	0,18	<0,01	0,53	0,8	1,89	1,89	232	23,87	29,4
P10	22/06/2023	<0,01	<0,01	15531	9200	3557	16	N.D	0,43	0,12	1,81	3,3	<0,1	6,93	2598	21,36	41,7
	22/08/2023	<0,01	<0,01	16000	270	1861	13	2,4	0,11	<0,01	0,12	0,3	2,35	2,35	848	23,11	53,6
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2	-	-	-	-	-	5	-	10	1	**	2,18	>5	6,0 a 9,0	500	-	100
	Águas Salobras Classe 1	0,01	-	-	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*	-	-	-	0,4	0,07	0,4	-	>5	6,5 a 8,5	-	-	-
	Águas Salinas Classe 1	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,07	0,4	-	>6	6,5 a 8,5	-	-	-

** Os valores de referência de nitrogênio amoniacal para Resolução CONAMA 357/2005 estão associados aos resultados de pH.

Com base nos resultados obtidos na primeira campanha realizada, as águas analisadas do P01 até P09, foram classificadas como água doce e comparados com os valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 de Águas Doces Classe 2, já o ponto P10 foi classificado como água salobra e equiparado com a normativa com base nos limites estipulados para Águas salobras Classe 1.

A partir dos resultados obtidos na segunda campanha, as amostras dos pontos P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07 e P09 foram classificadas como águas doces, e comparadas com os valores máximos estipulados para Águas Doces Classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005. Já as amostras dos pontos P08 e P10 foram categorizadas como águas salobras e comparadas com os valores máximos permitidos na legislação previamente mencionada.

Para facilitar a visualização dos resultados, foram divididos cada parâmetro analisado por tópico, para uma melhor discussão. Além disso, cada tópico apresenta uma representação gráfica dos dados obtidos. Ademais, os limites de referência da Resolução CONAMA 357/2005 dos parâmetros analisados foram destacados com uma tracejado em amarelo para Águas Doces Classe 2 e uma demarcação em vermelho para os limiares das Águas salobras Classe 1

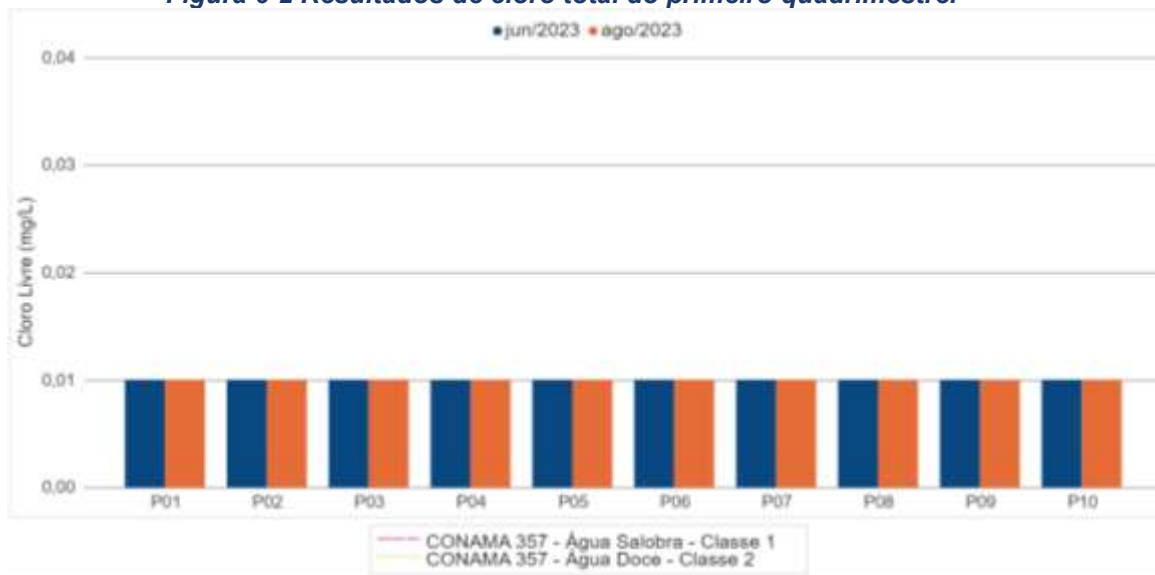
6.1.2 Cloro livre e total

O cloro é um agente oxidante amplamente utilizado na desinfecção da água de abastecimento e de efluentes. Apesar de sua alta eficácia para essa finalidade, a sua reação com compostos orgânicos pode gerar subprodutos tóxicos que são capazes de afetar a saúde humana (PIANOWSKI, JANISSEK; 2003; MEDEIROS, 2019). Quando o cloro é incorporado à água, uma parte dele reage com os compostos orgânicos, inorgânico e aos metais. Após atender toda a demanda necessária para as reações químicas, o cloro que resta é denominado cloro total. Esse cloro total é classificado ainda em: cloro combinado, que é caracterizado pelo cloro que agiu com as matérias inorgânicas e orgânicas; e o cloro livre, que é o cloro restante que pode ser usado para inativar organismos patogênicos (SANTOS, 2022).

Com base nos valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (0,01 mg/L), observa-se que os resultados

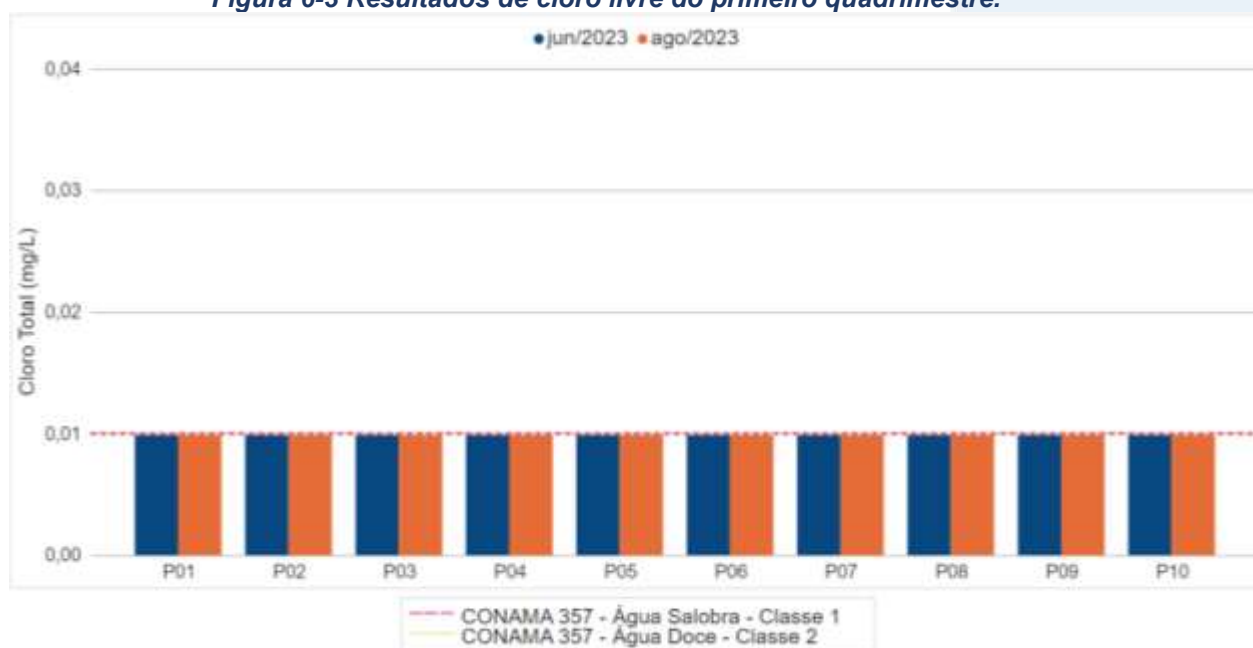
obtidos de cloro total da primeira e segunda campanha estão em conformidade com o limite preconizado (Figura 6-2).

Figura 6-2 Resultados de cloro total do primeiro quadrimestre.



Em relação ao cloro livre, não existem valores de referência na normativa supracitada. Nas duas campanhas de monitoramento realizadas, as concentrações dessa variável ambiental ficaram abaixo do limite de quantificação do método analítico em todas as amostras analisadas dos diferentes pontos amostrais (Figura 6-3).

Figura 6-3 Resultados de cloro livre do primeiro quadrimestre.



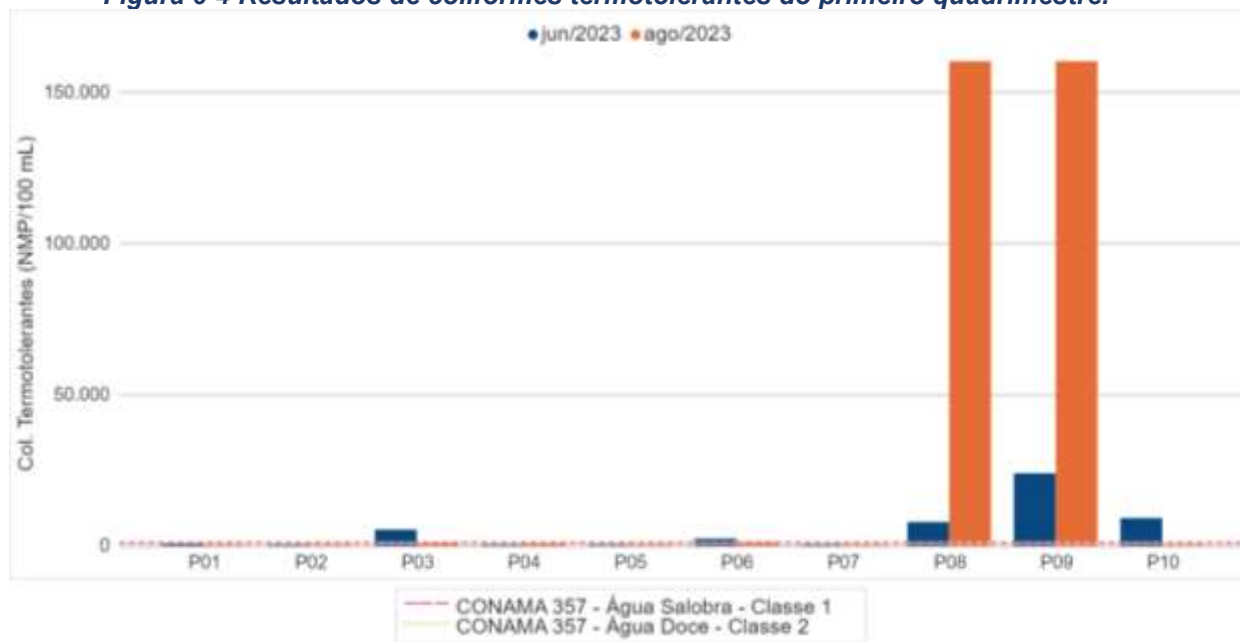
6.1.3 Coliformes totais e termotolerantes

A poluição por esgoto sanitário pode levar a uma série de alterações em ecossistemas aquáticos, levando ao aumento nas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas, turbidez e coliformes. Os coliformes estão presentes no solo, água e no intestino humano e animal, sendo assim, as concentrações de coliformes termotolerantes e coliformes totais presentes na água são bons indicadores do grau de despejo de esgoto sanitário em ambientes aquáticos (CETESB, 2014).

Em relação aos coliformes termotolerantes, a média desse parâmetro na primeira campanha foi de 4968,07 NPM/100 mL. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 para uma avaliação em relação a esse indicador, é necessário um período de monitoramento de 1 ano com frequência bimestral. Apesar do presente monitoramento não apresentar um ano de monitoramento, foi utilizado como valor de referência de 1.000 NPM/100 mL para fins comparativos. Verificou-se que na primeira campanha as amostras de P03, P06, P08, P09 e P10 apresentaram valores acima do estipulado pela normativa de referência para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-4).

Na segunda campanha, a média de coliformes termotolerantes foi de 32451,8 NPM/100 mL. Notou-se que as amostras das estações amostrais P06, P08 e P09 exibiram concentrações acima do permitido para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1, com base na normativa ambiental (Figura 6-4; Tabela 6-1). Ressalta-se que a diferença das concentrações obtidas para essa variável microbiológica prejudica a visualização dos resultados dispostos na Figura 6-4 que excederam o limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005.

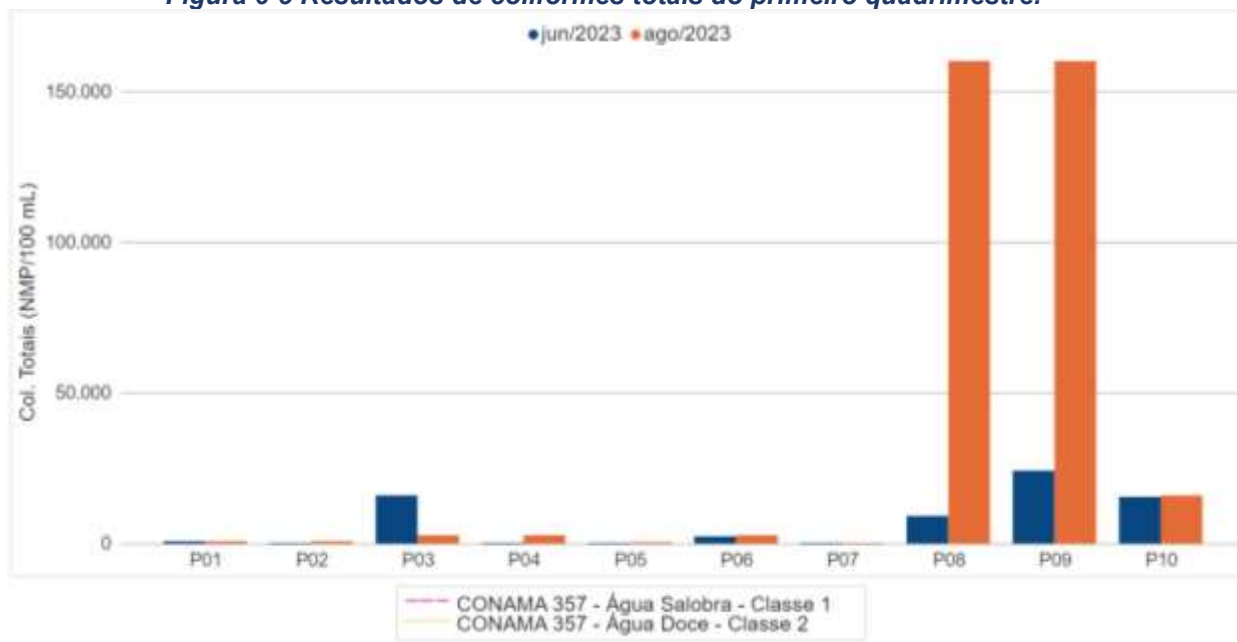
Figura 6-4 Resultados de coliformes termotolerantes do primeiro quadrimestre.



No que se refere aos coliformes totais, esse parâmetro não apresenta um limite de referência na Resolução CONAMA 357/2005, no entanto, na primeira campanha, de forma semelhante aos coliformes termotolerante, as altas concentrações de coliformes totais também foram evidenciadas nas águas analisadas em P03, P06, P08, P09 e P10 (Figura 6-5). Esse padrão de concentrações elevadas nas amostras supracitadas é verificado na segunda campanha e na amostra P04. A média dessa variável microbiológica na primeira campanha foi de 68.219,9 NPM/100 mL e na segunda foi de 34.674 NPM/100 mL.

Os resultados obtidos de coliformes totais e termotolerantes na primeira e segunda campanha nas amostras dos pontos supracitados sugerem lançamento de efluentes sanitários nos corpos hídricos avaliados, e podem estar associados ao volume de chuvas obtidos já que a precipitação, em geral, é um dos parâmetros que podem estar associados a altas concentrações de organismos indicadores de poluição fecal (FREITAS et al. 2017).

Figura 6-5 Resultados de coliformes totais do primeiro quadrimestre.

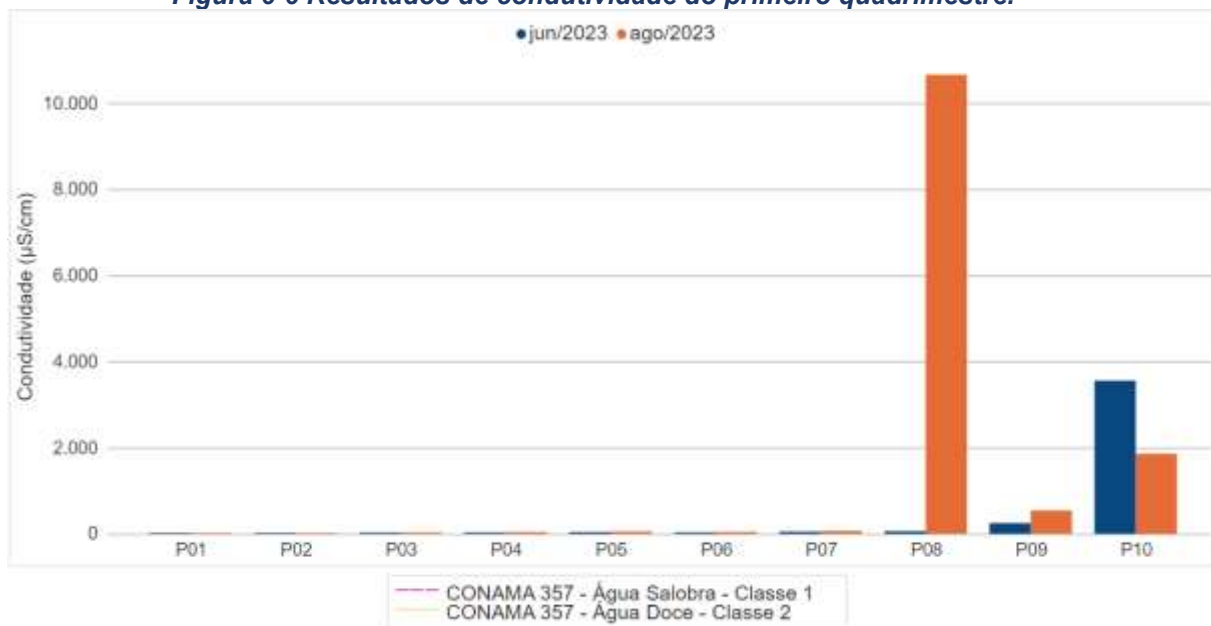


6.1.4 Condutividade

A condutividade é uma medida da capacidade de condução de corrente elétrica na água, sendo influenciada em decorrência da concentração de sólidos inorgânicos dissolvidos (ânions e cátions), compostos orgânicos (óleos, fenóis, graxas) e da temperatura da água (CETESB, 2014).

Os valores registrados na primeira campanha variaram de 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na amostra de P01 a 3557 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na amostra de P10 (Figura 6-6). A média da condutividade na primeira campanha foi de 410,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Já na segunda campanha, a média desse parâmetro foi de 1335,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De forma semelhante à primeira campanha, o menor valor de condutividade foi detectado nas águas analisadas na estação P01, no entanto, diferentemente da primeira campanha, o maior valor de condutividade foi reportado na amostra de P08. A estação amostral P10 e P08, estão situadas na foz do rio das Ostras, e do rio Macaé, respectivamente. Por conta da influência marinha os valores mais elevados de condutividade foram detectados em P08 e P10. Cabe salientar que para esse parâmetro não são apresentados valores de referência na Resolução CONAMA 357/2005.

Figura 6-6 Resultados de condutividade do primeiro quadrimestre.

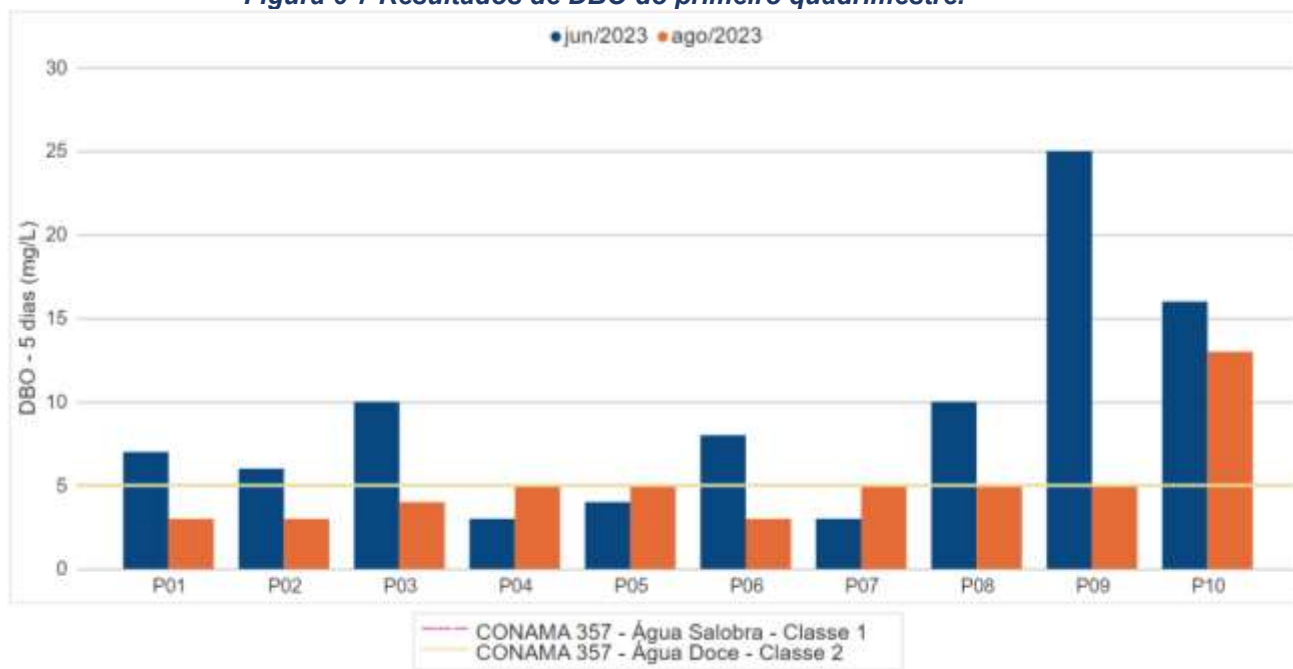


6.1.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na degradação de compostos orgânicos. Sob a ótica da qualidade da água, a DBO é uma importante variável indicadora de poluição por resíduos orgânicos, uma vez que quanto maior a DBO (i.e., mais compostos orgânicos a serem degradados), menor será a disponibilidade de oxigênio para seres vivos como peixes, organismos zooplancônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2014).

Na primeira campanha, foram reportados valores de DBO variando de 3 mg/L na amostra de P04 até 25 mg/L na água analisada em P09. Os valores detectados nas amostras de P01, P02, P03, P06, P08 e P09 apresentaram valores acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces de Classe 2 (Figura 6-7). Os valores de DBO nas amostras supracitadas podem estar relacionados com o lançamento de efluente nos sistemas. Destaca-se que para águas salobras classe 1, como no caso da amostra P10, não há um limite de referência estabelecido pela normativa supracitada. Já na segunda campanha os valores desse parâmetro em todas as amostras analisadas estiveram em conformidade com o limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces de Classe 2.

Figura 6-7 Resultados de DBO do primeiro quadrimestre.



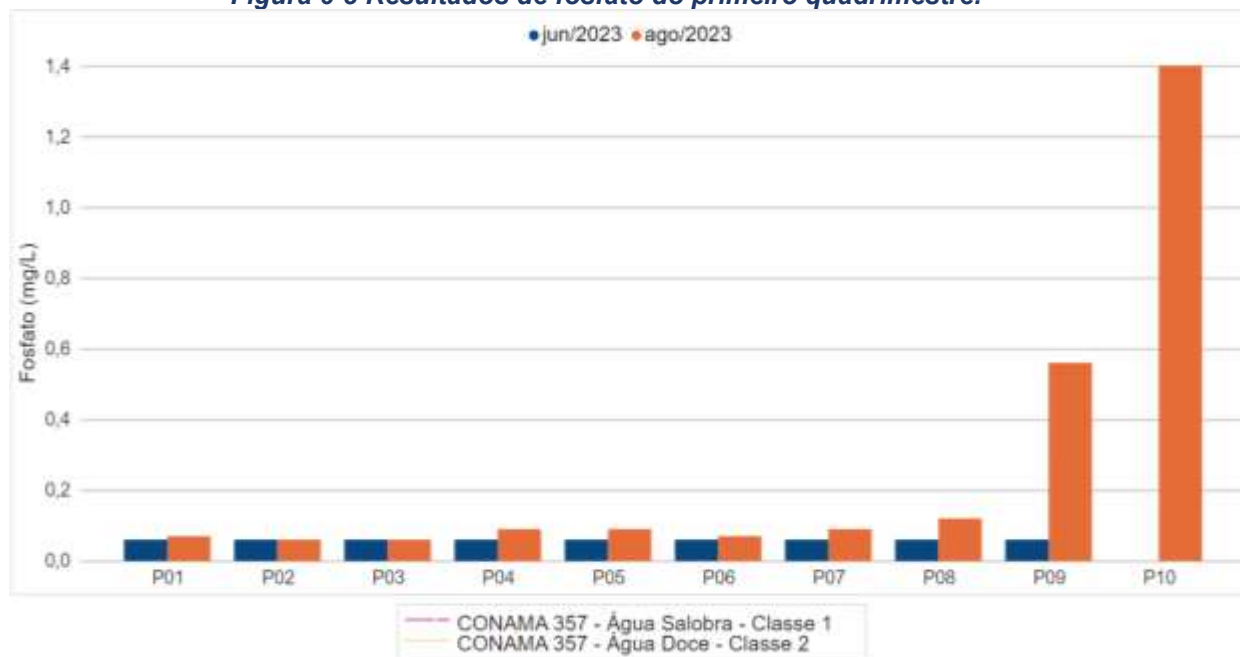
6.1.6 Fósforo

O fósforo pode se apresentar em diferentes formas, uma delas é através de sais inorgânicos, como o fosfato. O fosfato é um nutriente essencial para as plantas, no entanto o excesso dele, proveniente de atividades antrópicas como em esgoto doméstico, fertilizantes, resíduos urbanos, entre outros, tem favorecido o processo de eutrofização, que pode impactar a biota e a saúde humana (CETESB, 2018; CARBINATTI, 2019).

Na primeira campanha, os resultados de fosfato de todas as amostras analisadas, de maneira geral, apresentaram valores menores que o limite de quantificação do método analítico. Para esse parâmetro não há valores de referências na Resolução CONAMA 357/2005. Já na segunda campanha, foi observado um aumento das concentrações de fosfato nas amostras de todos os pontos monitorados, com exceção das amostras de P02 e P03 (Figura 6-8).

As concentrações elevadas de fósforo na segunda campanha podem ter uma associação ao lançamento de efluentes nos corpos hídricos monitorados, bem como ao uso de fertilizantes, já que próximo aos pontos monitorados são verificadas atividades agrícolas (PINHEIRO, 2008).

Figura 6-8 Resultados de fosfato do primeiro quadrimestre.

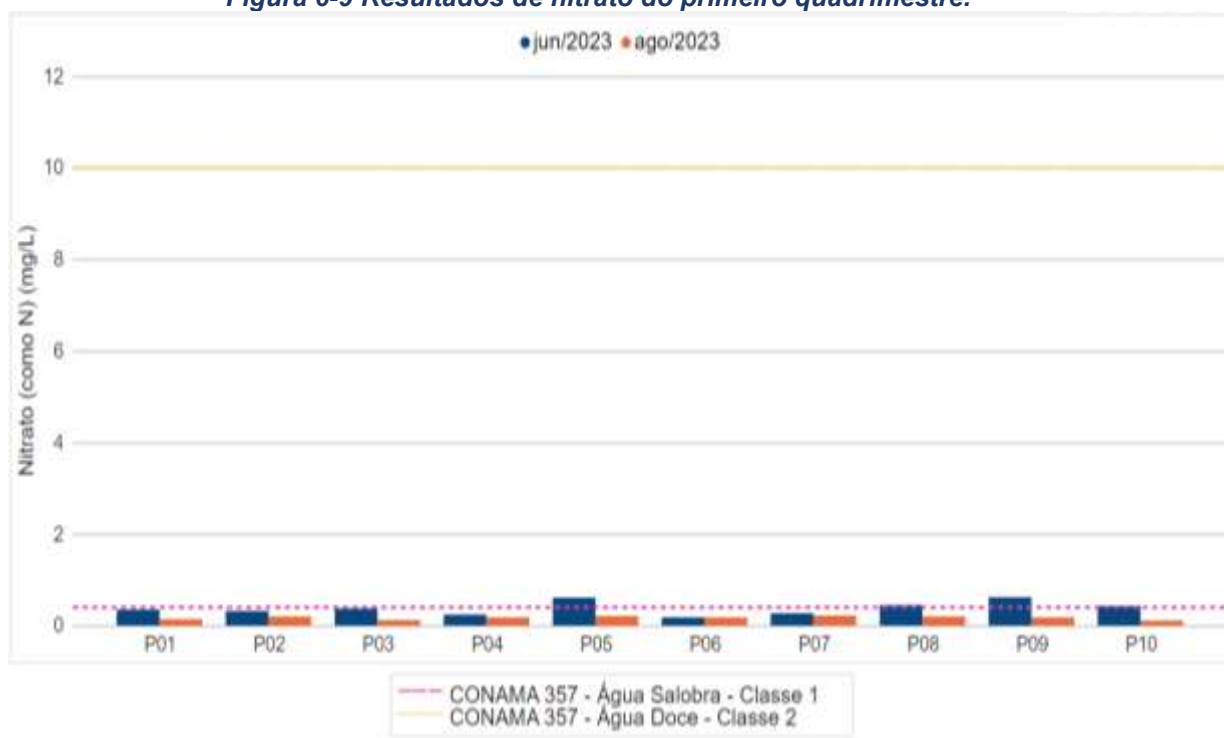


6.1.7 Nitrato e nitrito

O nitrato e o nitrito são formas oxidadas do nitrogênio na água. Nas áreas de autodepuração naturais como em rios, a presença de nitrito na água está relacionada à zona de recuperação, enquanto a detecção de nitrato em corpos hídricos em zonas de águas consideradas limpas. Portanto, a ocorrência de nitrato e nitrito na água é um indicativo de contaminação recente, que podem ser causadas por várias fontes, incluindo o lançamento inadequado de efluentes (CETESB, 2018).

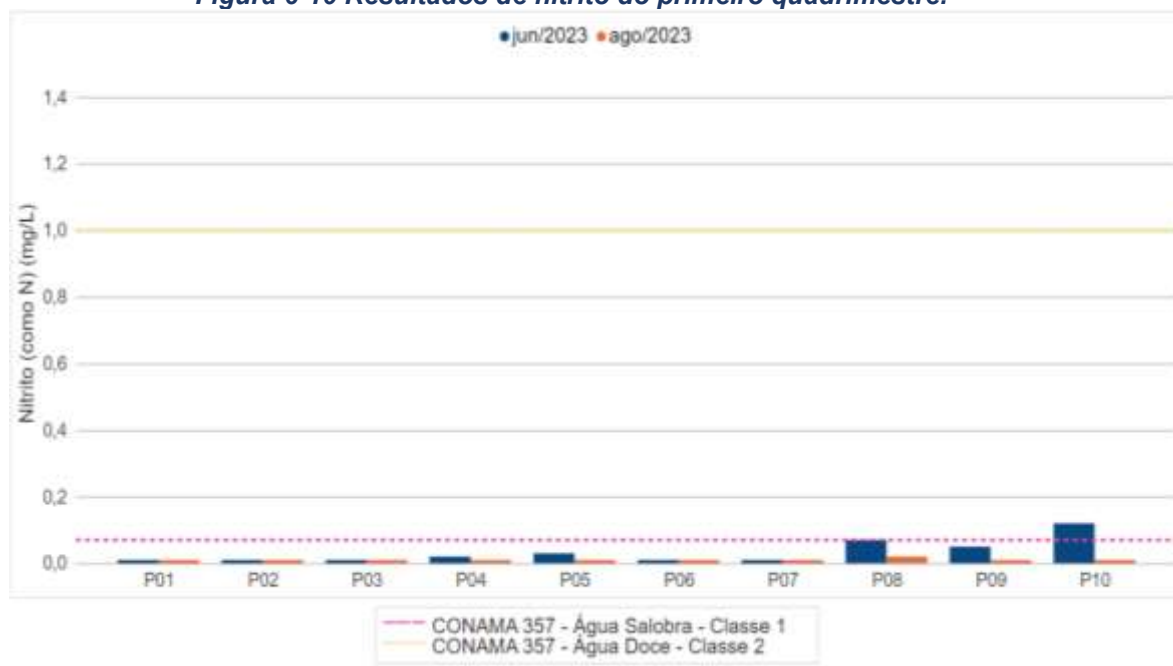
Na primeira campanha de monitoramento, observou-se que as concentrações de nitrato nas amostras de P01 até P09, ficaram dentro do limite estipulado para Águas Doces Classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/2005 (Figura 6-9). No entanto, a amostra P10 apresentou valor acima do estabelecido pela normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1 (0,4 mg/L). Já na segunda campanha de monitoramento, as concentrações de nitrato das águas analisadas em todas as estações amostrais ficaram dentro do limite determinado pela Resolução CONAMA 357/2005.

Figura 6-9 Resultados de nitrato do primeiro quadrimestre.



No que se refere ao nitrato, na primeira campanha, somente a amostra de P10 apresentou valores acima do permitido pela normativa ambiental (0,07 mg/L). Já na segunda campanha, todas as amostras analisadas dos diferentes pontos amostrais exibiram concentrações abaixo do limite descrito na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-10).

Figura 6-10 Resultados de nitrito do primeiro quadrimestre.

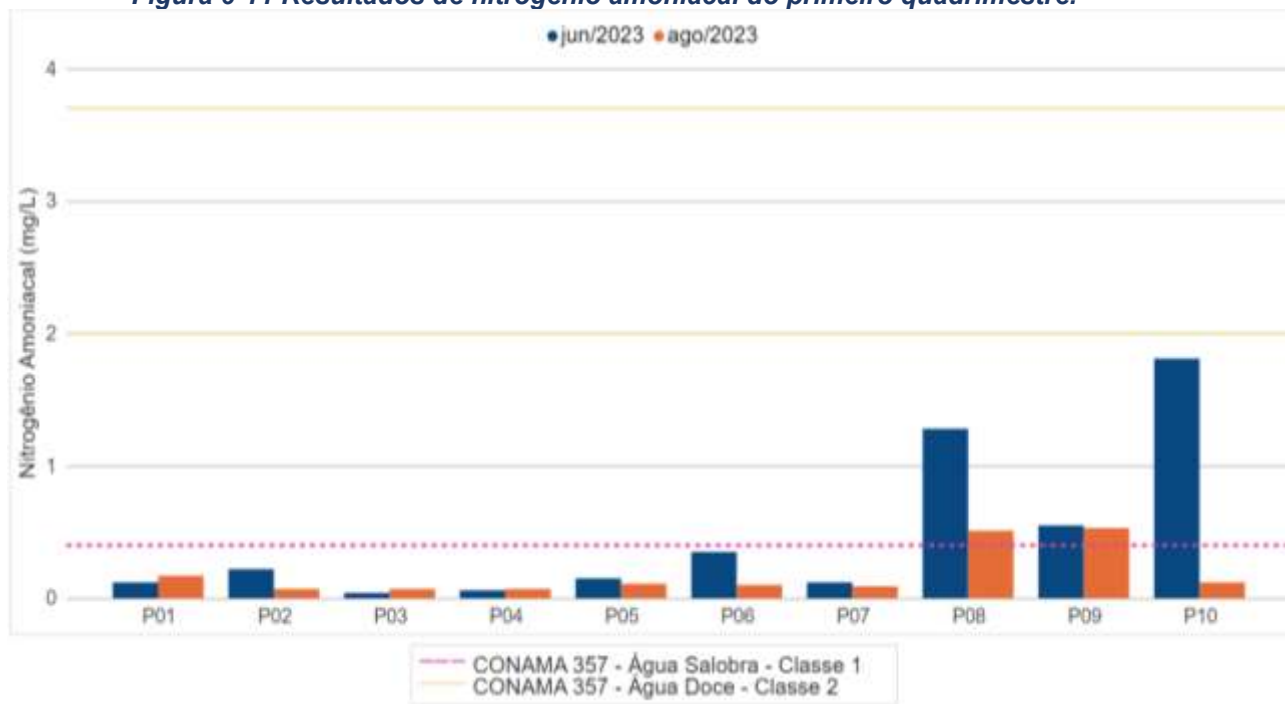


6.1.8 Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal é uma forma reduzida do nitrogênio proveniente do processo de hidrólise da uréia na água. Esse parâmetro está relacionado com a ocorrência de lançamento de efluentes sanitários e/ou industriais em corpos hídricos. A detecção de nitrogênio amoniacal é considerada um bom indicador de poluição, já que em áreas de autodepuração naturais, a presença desse nutriente está associada com a zona de decomposição ativa (TUNDISI; TUNDISI, 2008; CETESB, 2018).

Na primeira campanha, os valores de nitrogênio amoniacal das amostras analisadas estiveram em conformidade com o limite descrito na Resolução CONAMA 357/2005, exceto na água analisada em P10, que apresentou concentrações acima do estipulado pela norma referida para Águas Salobras Classe 1 (0,4 mg/L). De forma semelhante, na segunda campanha a maioria das amostras avaliadas estiveram dentro da concentração estipulada como referência na Resolução CONAMA 357/2005, excluindo-se a amostra de P08, que apresentou valores acima do determinado pela legislação supracitada para Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-11).

Figura 6-11 Resultados de nitrogênio amoniacal do primeiro quadrimestre.



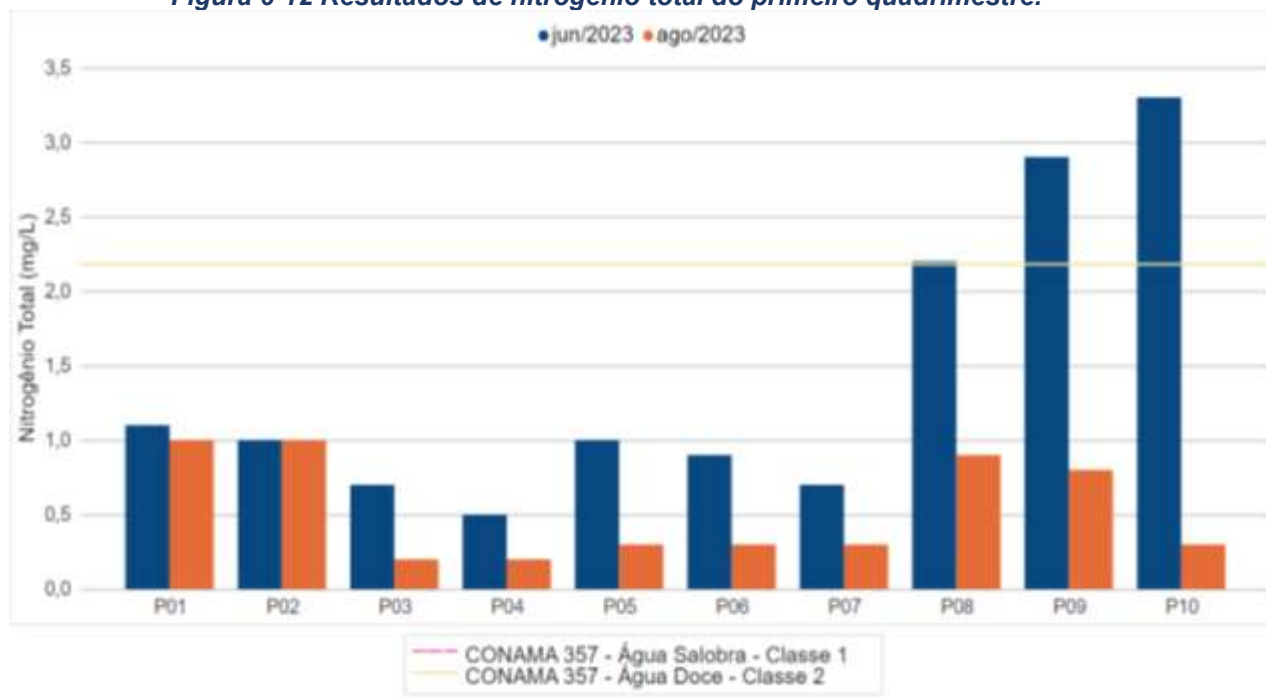
6.1.9 Nitrogênio total

As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas. Assim como o fósforo, o nitrogênio é um dos principais nutrientes para os processos biológicos (macronutriente) e está relacionado com a produtividade primária no ambiente aquático. O aporte excessivo desses nutrientes, principalmente pelo esgotamento sanitário, causa enriquecimento dos sistemas aquáticos, deixando-os eutrofizados. O nitrogênio total é a soma das formas orgânicas e inorgânicas de nitrogênio encontradas no ambiente (CETESB, 2016).

No tocante à primeira campanha, observou-se que somente as amostras de P08 e P09 apresentaram concentração acima do descrito na Resolução CONAMA 357/2005 de nitrogênio total para Águas Doces Classe 2. Na segunda campanha, as concentrações desse parâmetro em todas as amostras analisadas referentes aos diferentes pontos monitorados ficaram em conformidade com o recomendado pela normativa descrita previamente. Destaca-se que esse parâmetro não apresenta limite de referência para

águas salobras, portanto, as amostras de P10 da primeira e segunda campanha e P08 da segunda campanha, não apresentarão valores para fins comparativos.

Figura 6-12 Resultados de nitrogênio total do primeiro quadrimestre.



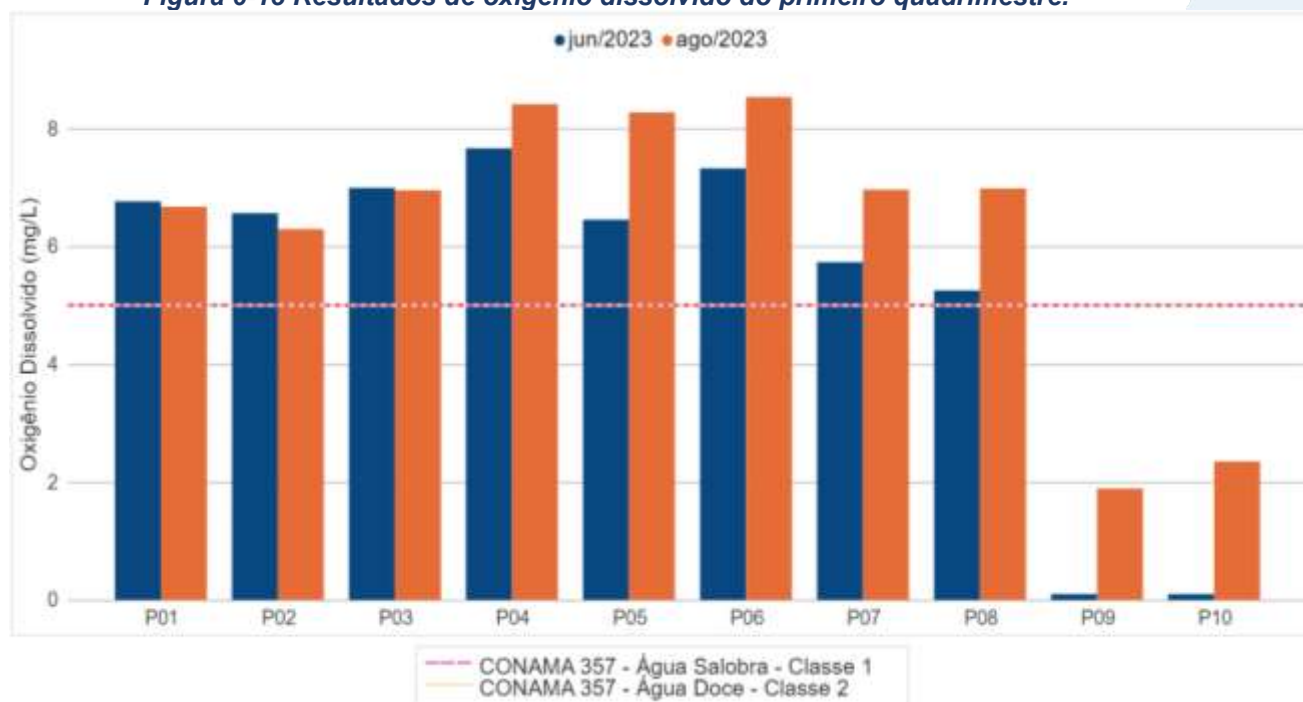
6.1.10 Oxigênio dissolvido

O oxigênio representa o gás mais importante para manutenção da vida, sendo fundamental para diversas atividades metabólicas relacionadas ao crescimento, reprodução e obtenção de energia na maioria dos seres vivos (ALVARADO; AGUILAR, 2009). Para ecossistemas aquáticos, o oxigênio dissolvido, além de sua função na manutenção da biota aquática, também atua promovendo autodepuração dos ecossistemas aquáticos. Em ecossistemas eutrofizados, a fotossíntese é uma fonte natural de oxigênio para decomposição da matéria orgânica (CETESB, 2009).

Na primeira campanha de monitoramento, observou-se baixas concentrações de oxigênio dissolvido nas amostras dos pontos P09 e P10. Os resultados obtidos (<0,1 mg/L) ficaram abaixo do estipulado na Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece que a concentração desse parâmetro deve estar acima de 5 mg/L, para Águas Doces Classe 2

e Águas Salobras Classe 1, respectivamente. O mesmo padrão é verificado também na segunda campanha de monitoramento (Figura 6-13). Nas águas dessas estações amostrais, é possível notar altas concentrações de DBO, principalmente na primeira campanha. Acredita-se que a presença de matéria orgânica nas amostras dessas estações amostrais, culminaram na elevação da DBO e como consequência, na redução de oxigênio dissolvido. Além disso, foi observado na estação amostral P09, uma abundância da vegetação aquática, o que pode estar impactando diretamente nos resultados obtidos de DBO e OD. Ressalta-se ainda que a redução de OD nos corpos hídricos leva a mortalidade de animais, impactando a comunidade e os serviços ecossistêmicos (EMBRAPA, 2011).

Figura 6-13 Resultados de oxigênio dissolvido do primeiro quadrimestre.



6.1.11 pH

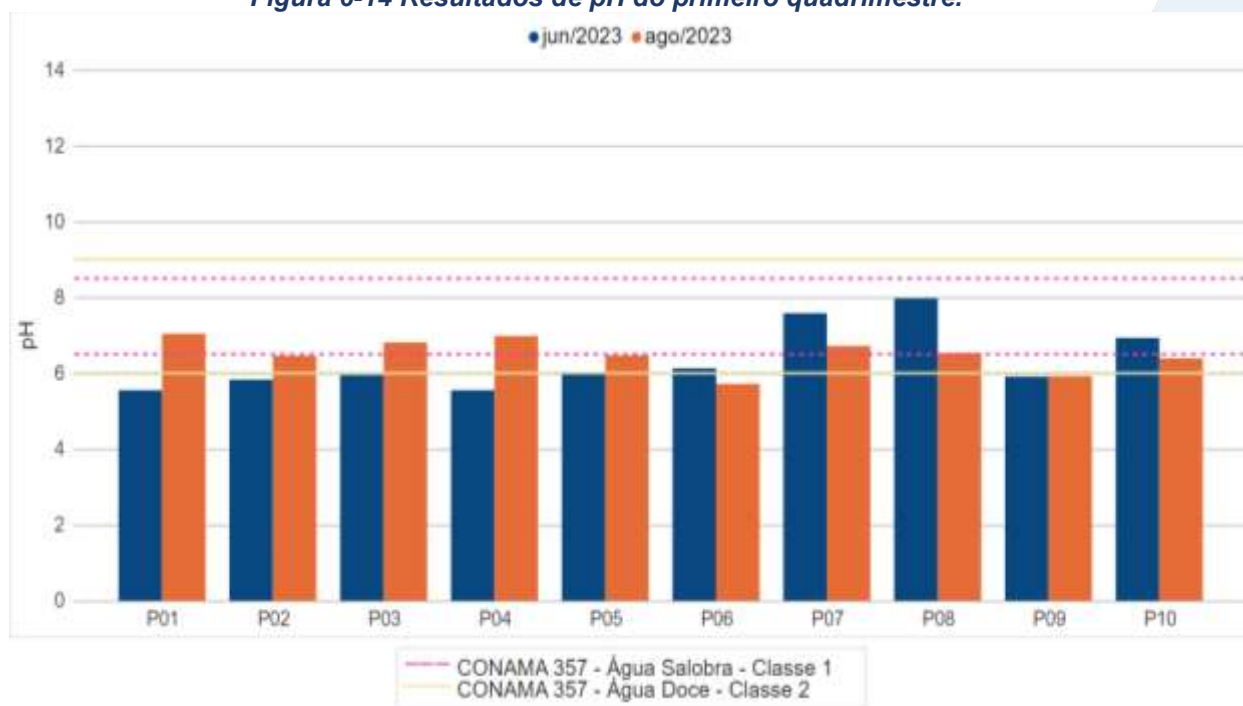
O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da atividade dos íons hidrônio (H⁺) dentro de uma solução, sendo esse parâmetro essencial para o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos, tendo em vista seu papel como regulador de diversas atividades bioquímicas de organismos. Diversos fatores podem alterar o pH de ecossistemas

aquáticos, desde a composição geológica da bacia, descarga de efluentes industriais e de mineração, composição do lixiviado, até a presença de atividade agropecuária (VON-SPERLING, 2017).

Na primeira campanha, observou-se que nas amostras de P01 até P04, os valores de pH ficaram abaixo do estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (6,0-9,0) (Figura 6-14), indicando uma maior acidez dessas amostras. No entanto, reforça-se que as águas doces tendem a ter o pH reduzido, em detrimento de uma menor salinidade e maior aporte de substâncias húmicas.

Em relação à segunda campanha, somente as águas analisadas em P09 e P06, apresentaram baixos valores de pH, que ficaram em não conformidade com a resolução supracitada para Águas Doces Classe 2.

Figura 6-14 Resultados de pH do primeiro quadrimestre.



6.1.12 Sólidos dissolvidos totais

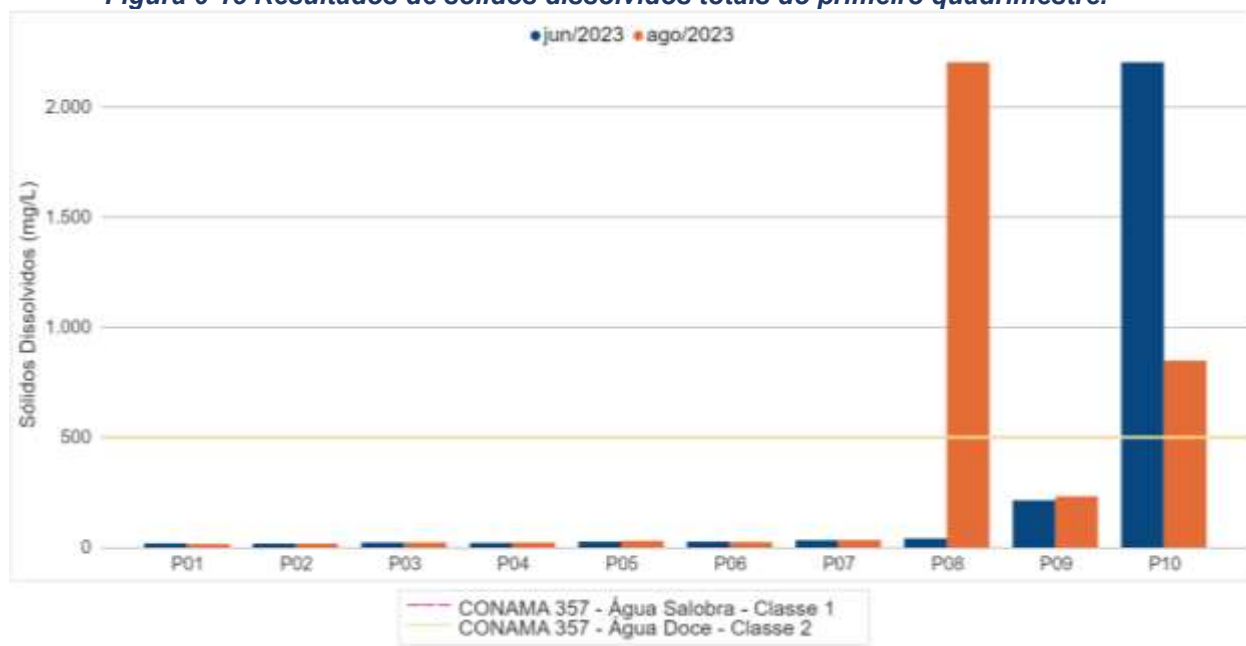
Os sólidos presentes na água são toda a matéria que continua como resíduos após diferentes processos, como de evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e um tempo determinado. Os processos descritos anteriormente que determinam as diferentes frações de sólidos na água, podendo ser sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos

e voláteis. O monitoramento de sólidos é importante, haja visto que as altas concentrações desse parâmetro podem impactar a biota através de sedimentação (CETESB, 2018).

Na primeira campanha de monitoramento, foi observado que em todas as águas analisadas das diferentes estações amostrais as concentrações de sólidos dissolvidos totais apresentaram valores que estão de acordo com a normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L) (Figura 6-15). Destaca-se que para essa variável ambiental, não existem valores de referências para águas salobras. No entanto, a amostra de P10, situado na foz do rio das Ostras, apresentou altas concentrações de sólidos dissolvidos, que é proporcional à condutividade e que também exibiu elevados valores nas águas dessa estação amostral.

De forma similar, na segunda campanha, as concentrações de sólidos dissolvidos em todas as amostras analisadas nas diferentes estações amostrais ficaram em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005. As maiores concentrações de sólidos dissolvidos foram detectadas nas amostras do ponto P08 e P10, localizados na foz do rio Macaé e do rio das Ostras, respectivamente. Essas concentrações elevadas de sólidos podem estar relacionadas com o lançamento de esgoto nos sistemas.

Figura 6-15 Resultados de sólidos dissolvidos totais do primeiro quadrimestre.



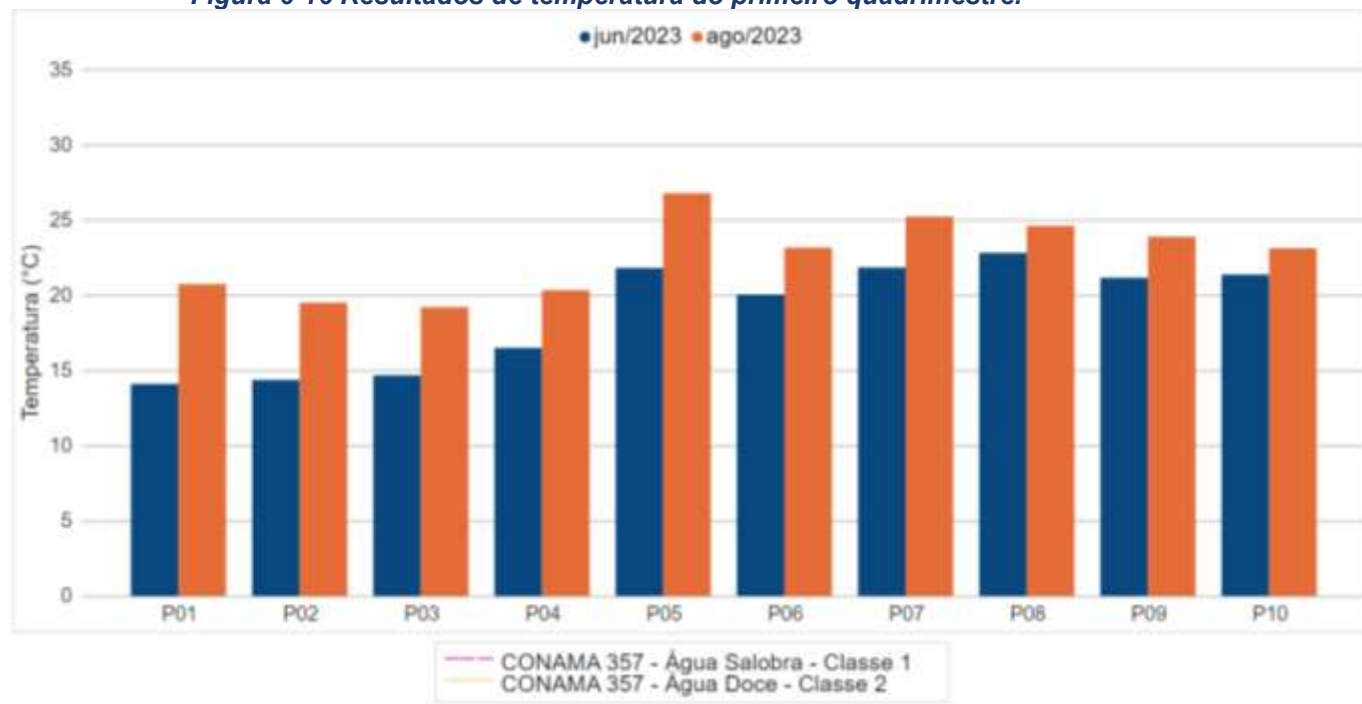
6.1.13 Temperatura

A temperatura desempenha um papel crucial nos ecossistemas aquáticos, à medida que alterações na temperatura da água geram mudanças em diversas propriedades da água (como viscosidade, tensão e solubilidade). Além disso, os organismos aquáticos possuem uma faixa ótima para sua sobrevivência, uma vez que a temperatura influencia diretamente a atividade bioquímica da biota aquática (CETESB,2014).

Os valores de temperatura da água da primeira campanha variaram entre 14,09 °C na amostra de P01 e 22,8 °C nas águas analisadas próximas à foz do rio das Ostras (P08). As menores temperaturas foram observadas nas amostras de P01 até P04 (Figura 6-16), pontos que ficam localizados no alto e médio curso do rio Macaé.

Já na segunda campanha, os valores de temperatura apresentaram uma variação de 19,49 °C nas águas analisada em P03 a 26,77 °C na amostra de P05. De forma análoga à primeira campanha, as temperaturas mais baixas foram evidenciadas nas amostras de P01 até P04. No entanto, na segunda campanha, a temperatura mais elevada fica na estação amostral situada no baixo curso do rio Macaé (P05).

Figura 6-16 Resultados de temperatura do primeiro quadrimestre.



6.1.14 Turbidez

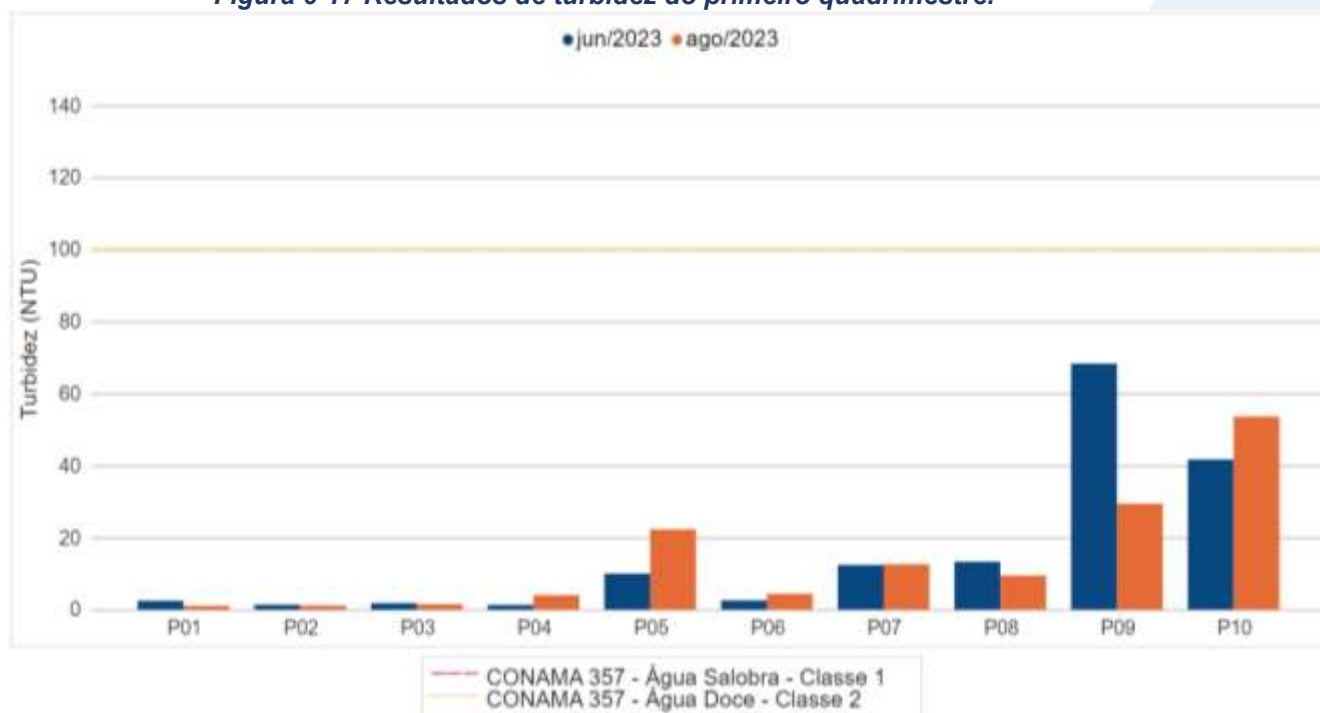
A turbidez pode ser definida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão. Logo, em águas turvas, a luz apresentará uma maior dificuldade de passagem. Esse parâmetro é medido em UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez). As principais influências sobre a turbidez da água são a presença de matérias sólidas em suspensão, como silte e argila, por exemplo, matéria orgânica e inorgânica e organismos microscópicos (por exemplo: zooplâncton, fitoplâncton). Por reduzir a penetração da luz, prejudica o processo de fotossíntese, afetando o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

A turbidez na primeira campanha variou de 1,29 NTU na amostra coletada em P04 a 68,3 NTU na água analisada em P09. Na amostra do ponto P09, observa-se a concentração mais elevada de turbidez, o que pode estar relacionado com a presença de sólidos dissolvidos totais, já que a amostra dessa estação amostral apresentou uma das concentrações mais elevadas desse parâmetro.

Os resultados encontrados na primeira campanha de monitoramento estiveram abaixo do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 NTU) nas amostras dos pontos P01 até P09. Cabe salientar que não existe um limiar de referência para águas salobras, o que inviabiliza a comparação dos valores reportados na amostra do ponto P10.

Na segunda campanha, é observado, de maneira geral, uma redução da turbidez nas amostras analisadas das diferentes estações amostrais (Figura 6-17). De forma similar à primeira campanha, os valores de turbidez estiveram dentro do limite estabelecido para Águas Doces Classe 2. Nessa campanha, o maior valor de turbidez foi detectado na amostra de P10, situada na foz do rio das Ostras e possivelmente influenciada pelas altas concentrações de sólidos dissolvidos totais.

Figura 6-17 Resultados de turbidez do primeiro quadrimestre.



6.2 Análise dos Componentes Principais (PCA)

De forma a avaliar, estatisticamente, a influência da concentração dos parâmetros físico-químicos analisados em cada ponto amostral foi realizada a Análise dos Componentes Principais (PCA).

Para comprovar a adequação da PCA realizada, foi utilizado o teste de esfericidade de *Bartlett* e o teste estatístico de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO). O teste de *Bartlett* testa a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é semelhante à matriz de identidade. Nesse teste o resultado igual ou menor a 0,05 indica que os dados utilizados produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial é adequado para a realização da análise de dados. Já o teste KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso o modelo é considerado apropriado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1, e valores abaixo de 0,6 mostram que a análise não é adequada (OLINTO, 2007; PRADO et al. 2016). Com base nos resultados expostos na Tabela 6-2, verifica-se que o teste de esfericidade de *Bartlett* apresentou valores significativos ($p < 0,005$). Já o teste de KMO apresentou valores abaixo do considerado desejável, no entanto, com base no tamanho da amostra de dados do primeiro quadrimestre, pode se considerar um resultado aceitável.

Tabela 6-2 - Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,401
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	416
Graus de liberdade	91
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 46,6% e 18,05% da variação dos dados, totalizando 64,65%, que podem ser vistos na Figura 6-18. Com base na PCA realizada é possível concluir que diferentes fatores ambientais interferiram na caracterização dos pontos de coleta.

As amostras analisadas das estações amostrais P01 e P02 da segunda campanha foram mais influenciada pelos valores de OD, e em oposição é verificada a DBO, que se relacionada com oxigênio dissolvido. Os valores de OD nas águas desses pontos, estão

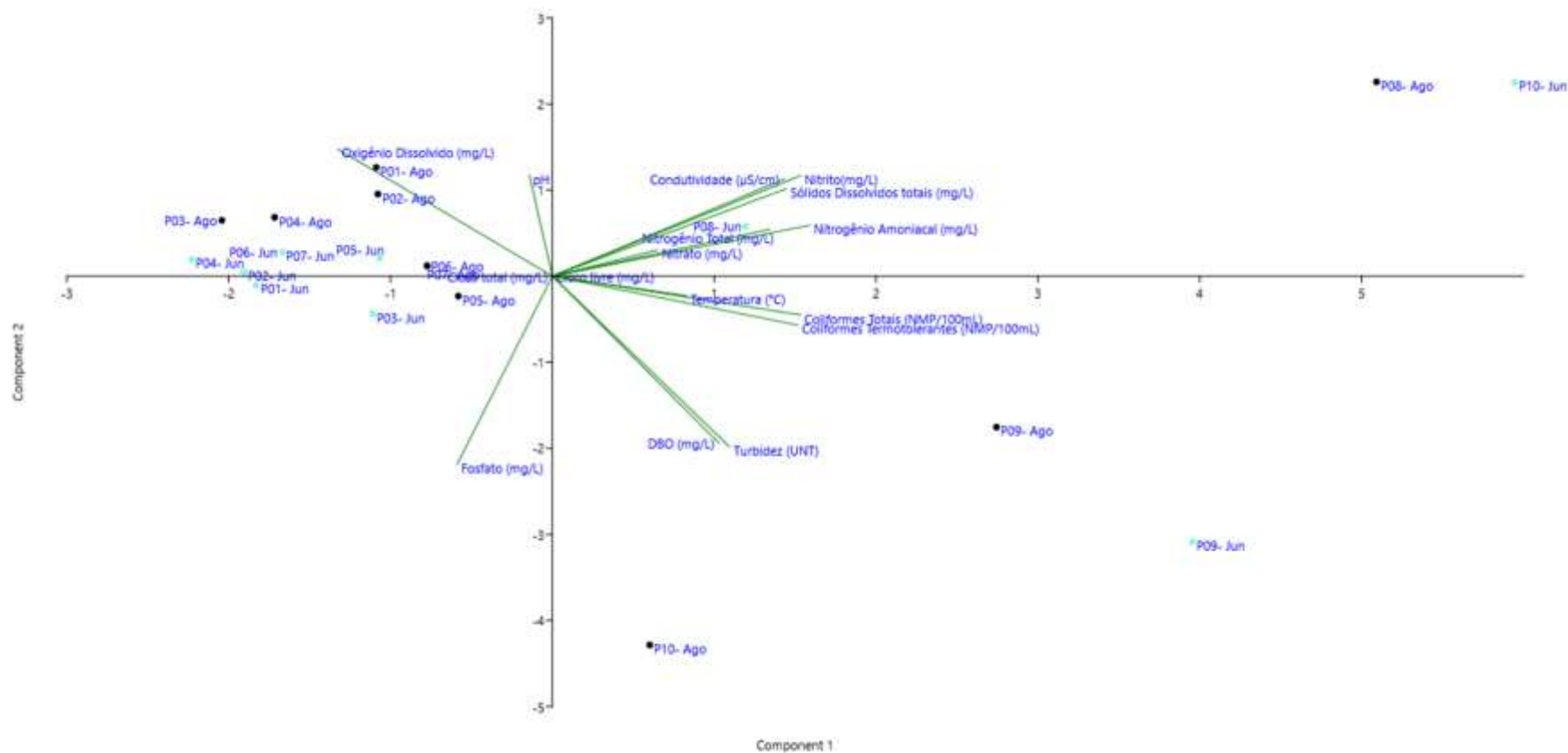
em conformidade com os valores da normativa de referência, o que sugere uma boa oxigenação e capacidade de autodepuração das águas dessas localidades.

Também é possível verificar uma influência de coliformes totais e termotolerantes sobre a amostra de P09 coletada em agosto, isso é confirmado pelas altas concentrações dessas variáveis microbiológicas, conforme evidenciado na Tabela 6-1, Figura 6-4 e Figura 6-5, sugerindo um aporte de efluentes nos sistemas.

Os parâmetros condutividade, nitrito, sólidos dissolvidos totais, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total e nitrato apresentaram uma correlação positiva com a amostra analisada em P08 da primeira campanha, mas a maior interferência foi das variáveis nitrogênio total e nitrato. Essa estação amostral está situada na foz do rio Macaé, refletindo assim o cenário ambiental sofrido ao longo do curso desse corpo hídrico (FREITAS, 2006). Destaca-se que estudos prévios indicam o lançamento de efluentes domésticos e industriais, bem como a presença de lixo, e do uso e ocupação do solo do entorno (COSTA, FARIAS, 2008; PINHEIRO, 2008) dessa estação amostral. Nota-se também que as séries nitrogenadas estão em oposição ao fosfato, nutrientes que favorecem o processo de eutrofização, que impactam a qualidade hídrica, a biota e a saúde pública.

Para as demais variáveis ambientais não foram observadas interferência nas águas analisadas nos demais pontos e nas campanhas realizadas.

Figura 6-18 Resultados da análise dos componentes principais referente ao primeiro quadrimestre.



6.3 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os valores de IQA da primeira campanha apresentaram resultados entre 21,72 e 82,37 nos trechos localizados nos rios Jundiá (P09) e Macaé (P07), respectivamente (Tabela 6-3). As análises do índice de qualidade da água apresentaram uma classificação como muito ruim (P09), quatro como médias (P01, P03, P06 e P08), uma como ruim (P10) e as demais como boas (P02, P04, P05 e P07) (Tabela 6-3).

Desta forma, as amostras de P09 e P10 da primeira campanha foram indicadas como ruins e muito ruins, sendo consideradas impróprias para o tratamento convencional. Já as demais águas analisadas apresentaram uma classificação média a boa, sendo classificadas como apropriadas para o tratamento convencional.

Os padrões de resultados do IQA obtidos na primeira campanha não foram encontrados na segunda. Os valores de IQA variaram de 27,55 na amostra de P09 até 74,93 nas águas analisadas em P01. As análises do índice de qualidade da água apresentaram três classificações como ruim (P08, P09 e P10), quatro como médias (P03, P04, P05 e P06), e três como boas (P01, P02, P07) (Tabela 6-3).

Com base nas informações supracitadas, as amostras de P08 até P09 não são próprias para abastecimento público, já as demais águas analisadas das estações amostrais restantes são aptas para o tratamento convencional visando o abastecimento público.

De acordo com os boletins disponibilizados no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os valores de IQA obtidos nas oito análises realizadas entre 2013 até 2022, tiveram como resultado sete classificações médias e uma como boa para o rio Macaé (INEA, 2022). Salienta-se que não foram disponibilizadas no site do órgão ambiental as informações de IQA de 2016 e 2021 para o corpo hídrico supracitado. Quando comparado com os resultados do presente monitoramento, o ponto monitorado pelo INEA, o P05, se assemelha com a estação amostral descrita nos boletins consolidados do INEA. Sendo assim, os resultados obtidos no primeiro quadrimestre, indicam que os resultados obtidos dessa localidade se mantiveram próximo aos dados pretéritos, sugerindo um padrão adequado da qualidade da água.

Além do ponto P05, é possível comparar os resultados do ponto P06 localizado no rio São Pedro com as informações disponíveis nos boletins do INEA. Segundo os resultados prévios o IQA médio desse corpo hídrico ao longo de nove anos de

monitoramento é classificado como médio (INEA, 2022), o que também foi evidenciado no presente estudo de monitoramento ambiental, indicando a continuidade da qualidade das águas desse sistema.

Ainda nesse contexto, o rio das Ostras, também é contemplado no monitoramento ambiental realizado pelo INEA. De acordo com os resultados do órgão ambiental, durante o levantamento realizado de 2013 até 2022, os dados indicam que o IQA foi classificado sete vezes como ruins e duas vezes como médios. O resultado do presente monitoramento ambiental, demonstra que o IQA do ponto 10, localizado no rio das Ostras foi categorizado como ruim. Os resultados prévios e o do presente monitoramento, corroboraram para os impactos antrópicos, como por exemplo, o lançamento de efluentes sem tratamento nesse ambiente que refletem nos resultados do IQA.

Um estudo conduzido por Pinheiro (2008) avaliou o IQA em diferentes localidades da Bacia do rio Macaé. Algumas estações amostrais se aproximam dos pontos monitorados no presente monitoramento. Com base nisso, verificou-se que com base no IQA médio do primeiro quadrimestre, a amostra de P01 apresentou uma piora da qualidade, já que segundo as informações anteriores o IQA para essa localidade classificado como bom. As águas analisadas em P02, P04, P05 e P07 indicaram uma classificação boa, corroborando com os resultados de Pinheiro (2008). Já a estação P08 apresentava um IQA categorizado como médio e na Tabela 6-3 observa-se que a média do primeiro quadrimestre indica um IQA ruim, demonstrando uma piora da qualidade da água desse ponto amostral, o que sugere um aumento dos impactos das atividades antrópicas e o lançamento de efluentes próximos à foz do rio Macaé.

Cabe salientar que a avaliação do IQA abarca nove parâmetros, e não contempla compostos orgânicos, metais pesados, agrotóxicos, entre outras substâncias e/ou organismos que podem comprometer a qualidade de água (ANA, 2023). No entanto, é um índice com alta aplicação no meio acadêmico e por órgãos ambientais para compreender o panorama de contaminação do ambiente por atividades antrópicas.

Tabela 6-3 - Resultados de IQA em cada estação amostral do primeiro quadrimestre.

Estação	Cidade/Distrito	Corpo hídrico	IQA Jun/2023	IQA Ago/23	Média
P01	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	62,75	74,93	68,84
P02	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	70,80	72,61	71,70
P03	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	58,32	66,39	62,36
P04	Casimiro de Abreu	rio Macaé	80,14	68,32	74,23
P05	Macaé	rio Macaé	79,89	69,50	74,69
P06	Macaé/ Glicério	rio São Pedro	64,27	63,90	64,08
P07	Macaé	rio Macaé	82,37	73,10	77,73
P08	Macaé/Barra	rio Macaé	56,53	40,15	48,34
P09	Rio das Ostras	rio Jundiá	21,72	27,55	24,63
P10	Rio das Ostras	rio das Ostras	25,74	36,52	31,13
Intervalo de Valores de IQA	100 ≥ IQA ≥ 90 90 > IQA ≥ 70 70 > IQA ≥ 50			50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas			Águas impróprias	Águas impróprias

6.4 Avaliação visual

O protocolo de avaliação rápida apresenta itens que analisam determinados aspectos e permitem caracterizar o estado de preservação do ambiente monitorado (BIZZO, MENEZES, ANDRADE, 2014).

Os dados obtidos na primeira campanha mostraram que as condições gerais visuais dos corpos hídricos avaliados variam de boa a regular (Tabela 6-4), segundo a classificação adotada no presente monitoramento descrita por Do Nascimento e colaboradores (2020). Em determinados trechos foram somados aspectos visuais considerados impactados pela ação do homem e considerados preservados, seguindo o método dos autores supracitados. Tal situação foi observada principalmente na observação do tipo de ocupação nas margens e proximidades. De acordo com o observado pelo coletor no momento das amostragens, a melhor condição ambiental foi observada no entorno de P03 e P04, que apresentaram a mesma pontuação, já o pior cenário ambiental foi notado em P10, mas que ainda assim foi uma classificação regular.

Na segunda campanha, de forma semelhante à primeira, a análise visual realizada pelo coletor demonstrou que o entorno dos pontos amostrais apresentaram uma classificação regular ou boa (Tabela 6-5). Diferentemente da primeira campanha, as melhores condições visuais foram notadas nos arredores do ponto P01, já as piores em P10 e P07.

Na primeira campanha, o ponto P10 também foi considerado o pior ponto da análise observacional realizada. Esse fator pode corroborar com os resultados descritos previamente ao longo do relatório, como por exemplo, em relação ao IQA, pois, nessa estação amostral a média desse índice para P10 foi considerada ruim. Portanto, os resultados da avaliação visual e do IQA reforçam os impactos antrópicos das águas dessa localidade. Já em relação ao ponto P07, não foram observados valores dos parâmetros monitorados acima do permitido na amostra desse ponto e o IQA médio do primeiro quadrimestre foi considerado bom. No entanto, as águas desse trecho do rio Macaé podem estar sendo impactadas por substâncias que não foram contempladas no presente monitoramento.

Na segunda campanha também foram observadas características de áreas preservadas, mas com influências das atividades antrópicas, e nesses casos, também foram somados os valores com base no método proposto por Do Nascimento et al (2020).

Cabe salientar que o somatório das pontuações nos pontos de monitoramento pode mascarar o real cenário ambiental do entorno dos rios (CAMPOS, NUCCI, 2021) Portanto, recomenda-se avaliações complementares, que são abordadas nesse relatório, como a análise de variáveis físico, químicas e microbiológicas e a utilização do IQA.

Destaca-se ainda que alguns parâmetros monitorados tais como DBO e OD, podem ter uma relação com a quantidade exacerbada de vegetação aquática o que é demonstrado na avaliação visual. Além disso, os resultados mais elevados de turbidez em determinadas estações amostrais também são percebidos na avaliação visual. Ademais, os resultados de nutrientes e coliformes obtidos, sugerem o que foi observado no PAR a ocorrência de efluente sanitário nos sistemas.

Tabela 6-4 - Resultados do protocolo de avaliação rápida referente a primeira campanha de monitoramento

Parâmetro	Aspectos visuais			Pontos amostrais									
	3	2	1	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
1 Tipos de ocupação nas margens e proximidades	Vegetação nativa	Pastagem Agrícola e Reflorestamento	Residencial Comercial e Industrial	3	3	3	3+1*	3	3+1*	3+2*	3+1*	3+1*	1
2 Obras e estruturas hidráulicas	Ausente	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Totalmente canalizado e/ou tamponado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3 Fontes pontuais de emissão de efluentes	Ausente	Emissão de esgoto doméstico	Emissão de efluentes de origem química industrial	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2
4 Resíduos Sólidos	Ausente	Pouco	Muito	3	3	3	2	3	2	3	3	1	3
5 Espumas	Ausente	Pouca	Muito	2	2	3	2	3	2	3	3	2	3
6 Odor da Água (exceto Mangue)	Ausente	Fraco	Forte	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
7 Turbidez da Água	Transparente	Turva / Cor de chá forte	Opaca ou colorida	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2
8 Vegetação Aquática	Ausente	Presença de musgos obstruindo o rio	Macrófitas	3	1	3	2	1	1	1	3	1	3
9 Proteção/Estrutura das Margens	Protegida	Pouco protegida	Sem proteção	3	2	2	3	3	3	3	2	3+2*	1
10 Cobertura Vegetal Adjacente	Abundante	Esparsa	Ausente	3	3	2	3	3	2	2	2	3+1*	2
11 Elementos de retenção no canal	Pedras, troncos e folhas	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente	3	3	3	3	1	3	1	1	1	1
12 Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa	Estável	Parcialmente estável	Instável	3	2	2	3	2	3	3	3	2	2
13 Sombreamento por vegetação	Total	Parcial	Ausente	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2
14 Uso por animais	Ausente	Pouco expressivo	Presente	3	3	3	2	3	3	3	3	1	2
Total				40	36	38	38	34	36	36	37	33	30

* Em determinados pontos foram selecionados mais de um parâmetro.

Tabela 6-5 - Resultados do protocolo de avaliação rápida referente a segunda campanha de monitoramento

Parâmetro	Aspectos visuais			Pontos amostrais									
	3	2	1	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
1 Tipos de ocupação nas margens e proximidades	Vegetação nativa	Pastagem Agrícola e Reflorestamento	Residencial Comercial e Industrial	3	3+1*	2+1*	3+1*	3	3+1	3+2*	3+1*	3+2*	3+1*
2 Obras e estruturas hidráulicas	Ausente	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Totalmente canalizado e/ou tamponado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
3 Fontes pontuais de emissão de efluentes	Ausente	Emissão de esgoto doméstico	Emissão de efluentes de origem química industrial	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2
4 Resíduos Sólidos	Ausente	Pouco	Muito	3	2	2	3	3	2	3	3	1	2
5 Espumas	Ausente	Pouca	Muito	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
6 Odor da Água (exceto Mangue)	Ausente	Fraco	Forte	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
7 Turbidez da Água	Transparente	Turva / Cor de chá forte	Opaca ou colorida	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1
8 Vegetação Aquática	Ausente	Presença de musgos obstruindo o rio	Macrófitas	3	3	3	2	1	2	1	3	1	2
9 Proteção/Estrutura das Margens	Protegida	Pouco protegida	Sem proteção	3	2	2	2	3	3	1	3	2	2
10 Cobertura Vegetal Adjacente	Abundante	Esparsa	Ausente	3	2	2	3	3	3	3	2	3	2
11 Elementos de retenção no canal	Pedras, troncos e folhas	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente	3	3	3	3	3	3	1	1	3	2
12 Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa	Estável	Parcialmente estável	Instável	3	2	2	2	1	2	1	2	2	2
13 Sombreamento por vegetação	Total	Parcial	Ausente	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2
14 Uso por animais	Ausente	Pouco expressivo	Presente	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2
Total				41	37	36	37	34	36	32	35	35	32

* Em determinados pontos foram selecionados mais de um parâmetro.

7 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Os resultados do primeiro quadrimestre indicam que as águas analisadas dos pontos amostrais da Bacia do rio Macaé são influenciadas por atividades antrópicas. De maneira geral, observou-se que somente os parâmetros turbidez e cloro total, que apresentam valores de referências na Resolução CONAMA 357/2005, não apresentaram valores acima do preconizado na normativa.

Nas duas campanhas foram encontradas concentrações elevadas de coliformes totais e termotolerantes nas amostras dos pontos P03, P04, P06, P08, P09 e P10, reforçando a poluição por atividades humanas e o lançamento de esgoto nos sistemas.

Além dos coliformes, um outro parâmetro que merece destaque é a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pois na primeira campanha de monitoramento, das 10 amostras analisadas, seis apresentaram valores que estão em desconformidade com a legislação supracitada. Portanto, percebe-se a ocorrência de matéria orgânica nas águas desses pontos amostrais, favorecendo a elevação da DBO e a redução de oxigênio dissolvido, conforme verificado em determinadas amostras dos pontos monitorados.

Salienta-se ainda que as águas analisadas nos pontos P09 e P10 foram as que mais apresentaram resultados em desconformidade com a Resolução CONAMA 357/2005. Esses dados podem ter refletido no IQA, pois nessas localidades as amostras foram consideradas muito ruins e ruins, respectivamente, com base nas médias da primeira e segunda campanha.

Além disso, é válido destacar que a avaliação visual de forma conjunta com o IQA corrobora com os dados obtidos no presente estudo de monitoramento ambiental. Isso ficou evidenciado principalmente nas amostras de P10, que apresentaram uma avaliação visual considerada regular, e o IQA com classificação ruim, indicando as diferentes ações antrópicas nos sistemas que contribuem para a degradação desse corpo hídrico.

Outro fator importante, é que o rio Jundiá, localizado no ponto P09 também é avaliado no Projeto de Estudos de Avaliação do IQA da Bacia do rio das ostras. Com base nos resultados desse projeto esse rio apresenta um IQA médio, de 36,69, considerado ruim, o que também foi notado no presente monitoramento, já que o IQA médio desse ponto amostral foi de 24,63. Além disso, salienta-se ainda que uma vasta vegetação aquática, que pode ter influenciado nos resultados de DBO e OD das amostras analisadas em P09, refletindo no resultado do IQA.

Por fim, reforça-se que a continuidade do monitoramento realizado irá permitir compreender se a sazonalidade reflete nos dados obtidos, e se existem padrões nos resultados obtidos. Além disso, poderá auxiliar no entendimento da influência da salinidade no enquadramento dos diferentes rios avaliados.

REFERÊNCIAS

APHA, **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater – SMEWW**. American Public Health Association – APHA, 23th ed., Washington – USA, 2017.

ASTM D5176-08, 2015, Standard Test Method for Total Chemically Bound Nitrogen in Water by Pyrolysis and Chemiluminescence Detection, ASTM International, 2015, DOI : 10.1520/D5176-08, www.astm.org.

BIZZO, MRDO; MENEZES, J; ANDRADE, SFD. Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais-CADEGEO**, 2014.

CARBINATTI, C. **Remoção de fosfato em esgoto doméstico utilizando argilas ativas e funcionalizadas de chumbo**. Dissertação. Mestrado em Geociências e Meio Ambiente. - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro- São Paulo. 2019. 64f.

CBHMO - Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras. **Bacia Hidrográfica**. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/a-bacia/>. Acesso realizado em: 30.03.2023.

CHBR. Mapas- **Regiões Hidrográficas**. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/a-bacia/mapas/>. Acesso realizado em: 18.08. 2023.

CETESB; ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 325 p.

CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem- Apêndice E**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2018.

CILSJ. Consórcio Intermunicipal Lagos São João. **Ato convocatório nº 22/2022. Termo de referência para contratação de empresa para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos na bacia do rio das Ostras com a elaboração de um estudo de monitoramento ambiental com ênfase na gestão de recursos hídricos na RH VIII**. 2022a.

CILSJ. Consórcio Intermunicipal Lagos São João. **Ato convocatório nº 09/2022. Termo de referência para contratação de empresa para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos na bacia do rio das Ostras com a elaboração de um estudo com capacidade de diagnosticar a bacia ao avaliar índice de qualidade da água (IQA) e a salinidade dos corpos hídricos**. 2022b.

CERHI-RJ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI). Resolução Nº 107 de 22 de maio de 2013. **“Aprova nova definição das regiões hidrográficas do estado do rio de janeiro e revoga a resolução CERHI nº 18 de 08 de novembro de 2006”**; publicada no Diário Oficial em 12/06/2013; Rio de Janeiro, RJ.

CONAMA, Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); **“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”**; publicada no Diário Oficial da União em 18/03/2005; Brasília, DF.

CONAMA, Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); **“Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005”**; publicada no Diário Oficial da União em 16/05/2011; Brasília, DF.

DO NASCIMENTO, F. H., SILVA, A. F., RANGEL, S. D. A. S., & DOS SANTOS, F. B. Avaliação Visual Rápida de Rios Urbanos: o Caso do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do rio Reis Magos e do rio Jacaraípe, Espírito Santo. Revista Caminhos de Geografia. Uberlândia v. 21, n. 73. 2020. p.492–505. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG217349673>.

EPA. 2014. "Method 6020B (SW-846): **Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry**," Revision 2. Washington, DC.

EMBRAPA. **Manual para formação e capacitação de grupos comunitários em metodologias participativas de monitoramento da qualidade da água**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará- 2011.

FREITAS, L. E. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. 1. ed. Rio de Janeiro: Nova Tríade do Brasil, 2015.

FREITAS, F. et al. Qualidade microbiológica e fatores ambientais de áreas estuarinas da Reserva Extrativista Marinha Baía do Iguape (Bahia) destinadas ao cultivo de ostras nativas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 723-729, 2017.

INEA. Instituto Estadual do Meio Ambiente. **Índice de Qualidade da Água NSF (IQANSF)**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wpcontent/uploads/2019/12/IQANSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>. Acesso em: 12 junho 2023

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras**. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2014a. 197 p.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2014b. 125 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 setembro 2023.

MEDEIROS, L.D.C. **Avaliação do risco à saúde humana pela exposição aos subprodutos da cloração da água do sistema de abastecimento público**. Tese (Doutorado

em Desenvolvimento e Meio ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte. 2019. 110f.

PIANOWSKI, Eloisa Helena; JANISSEK, Paulo Roberto. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos. **Sanare: Revista Técnica da Sanepar**, v. 20, n. 20, p. 6-17, 2003.

PINHEIRO, M.R. D.C. **Avaliação de usos preponderantes e qualidade da água como subsídios para os instrumentos de gestão dos recursos hídricos aplicada à Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. Dissertação. Mestrado em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes- Rio de Janeiro. 2008. 151f.

SANTOS, D.M.D. **Estudo da qualidade da água de poços outorgados e da água tratada na área rural do município de Macaé**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, Rio de Janeiro. 2022. 48f.

SMWW 2130. **Turbidity**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW 2510 B. **Conductivity** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW 2520. **Salinity** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW 2540. **Solids**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW 2550. **Temperature**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW 4500-o G **Oxygen (dissolved)** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW 4500-h B. **pH** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW 5210 b. **Biochemical oxygen demand (BOD)** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW 9221 E. **Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. Tundisi, T.M. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

ANEXOS

ANEXO 1 – Certificado de Acreditação INMETRO

ANEXO 2 - Certificado CCL INEA

ANEXO 3 – Registro Fotográfico

ANEXO 4 – Cadeias de Custódia

ANEXO 5 – Laudos Analíticos

ANEXO 6 – Memória de cálculo IQA

ANEXO 7 – Representação espacial