

# Relatório Técnico Parcial V

Revisão 02

Referência: Outubro e Dezembro 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 <a href="mailto:ronaldoleao@oceanus.bio.br">ronaldoleao@oceanus.bio.br</a>	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto <a href="mailto:rsecioso@oceanus.bio.br">rsecioso@oceanus.bio.br</a>	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* <a href="mailto:viviane@oceanus.bio.br">viviane@oceanus.bio.br</a>	-
Sílvia Lisboa de Araujo	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos** <a href="mailto:projetos@oceanus.bio.br">projetos@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais <a href="mailto:edson@oceanus.bio.br">edson@oceanus.bio.br</a>	CRQ/RJ nº 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório <a href="mailto:mribeiro@oceanus.bio.br">mribeiro@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo <a href="mailto:oceanus@oceanus.bio.br">oceanus@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 78165/02-D
Roberta Guarany Oberlaender	Mestre em Planejamento Ambiental; bióloga Especialista em Projetos Ambientais <a href="mailto:Projetos01@oceanus.bio.br">Projetos01@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 96578/02-D
Aíres Vanessa Cavalcante dos Santos	Bióloga Analista de Projetos Ambientais <a href="mailto:projetos11@oceanus.bio.br">projetos11@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 131476/02-D
Debora Costa	Supervisora de Logística <a href="mailto:deboracosta@oceanus.bio.br">deboracosta@oceanus.bio.br</a>	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem <a href="mailto:coletas02@oceanus.bio.br">coletas02@oceanus.bio.br</a>	-
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](http://www.oceanus.bio.br)

## REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio Lagos São João
00	16/01/2025	Emissão original	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	
01	24/02/2025	Emissão conforme revisão do CILSJ	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	
02	17/03/2025	Emissão conforme revisão do CILSJ	Aíres Cavalcante	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 nas quinzenas anteriores às coletas do quinto quadrimestre.	35
Figura 6-2. Resultados de cloro total do quinto quadrimestre.	38
Figura 6-3. Resultados de cloro livre do quinto quadrimestre.	39
Figura 6-4. Resultados de coliformes termotolerantes do quinto quadrimestre.	41
Figura 6-5. Resultados de coliformes totais do quinto quadrimestre.	42
Figura 6-6. Resultados de condutividade do quinto quadrimestre.	43
Figura 6-7. Resultados de DBO do quinto quadrimestre.	45
Figura 6-8. Resultados de fosfato do quinto quadrimestre.	46
Figura 6-9. Resultados de nitrato do quinto quadrimestre.	47
Figura 6-10. Resultados de nitrito do quinto quadrimestre.	49
Figura 6-11. Resultados de nitrogênio amoniacal do quinto quadrimestre.	50
Figura 6-12. Resultados de nitrogênio total do quinto quadrimestre.	52
Figura 6-13. Resultados de oxigênio dissolvido do quinto quadrimestre.	54
Figura 6-14. Resultados de pH do quinto quadrimestre.	55
Figura 6-15. Resultados de sólidos dissolvidos totais do quinto quadrimestre.	57
Figura 6-16. Resultados de temperatura do quinto quadrimestre.	58
Figura 6-17. Resultados de turbidez do quinto quadrimestre.	59
Figura 6-18. Resultados da análise dos componentes principais referente ao quinto quadrimestre.	63

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1. Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências e profundidade. ....	21
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
Quadro 6.1. Pluviosidades acumuladas referentes às quinzenas anteriores às coletas do quinto quadrimestre. ....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 6-1. Resultados dos parâmetros analisados para as coletas do quinto quadrimestre. ....	36
Tabela 6-2. Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.....	60
Tabela 6-3. Resultados de IQA em cada estação amostral do quinto quadrimestre. ....	65
Tabela 6-4. Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à nona campanha de monitoramento.....	69
Tabela 6-5. Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à décima campanha de monitoramento.....	70

## LISTA DE ABREVIações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico  
CBH Macaé Ostras - Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras  
CCL - Certificado de Credenciamento de Laboratório  
CECA - Conselho Estadual de Controle Ambiental  
CERHI - Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro  
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
CILSJ - Consórcio Intermunicipal Lagos São João  
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
DBO - Demanda bioquímica de Oxigênio  
EPI - Equipamento de Proteção Individual  
IEC - Internacional Electrotechnical Commission  
INEA - Instituto Estadual do Ambiente  
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia  
IQA - Índice de Qualidade de Água  
ISO - International Organization for Standardization  
NBR - Normas Brasileiras  
NMP - Número mais provável  
NOP - Norma Operacional  
NR - Normas Regulamentadoras  
NSF - National Sanitation Foundation  
OD - Oxigênio dissolvido  
PAR - Protocolo de Avaliação Rápida  
PCA - Análise dos componentes principais  
pH - potencial hidrogeniônico  
RH VIII - Região Hidrográfica Macaé e das Ostras  
UNT - Unidade Nefelométricas de Turbidez

## 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.....	16
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 .....	42
6.1.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	43
6.1.6	Fosfato.....	45
6.1.7	Nitrato e nitrito.....	46
6.1.8	Nitrogênio amoniacal .....	49
6.1.9	Nitrogênio total.....	50
6.1.10	Oxigênio dissolvido.....	52
6.1.11	pH.....	54
6.1.12	Sólidos dissolvidos totais .....	55
6.1.13	Temperatura .....	57
6.1.14	Turbidez.....	58
6.2	Análise dos Componentes Principais (PCA) .....	60
6.3	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	64

6.4	Avaliação visual .....	68
7	CONCLUSÕES PRELIMINARES .....	71
	REFERÊNCIAS .....	73
	ANEXOS .....	79

## 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 km<sup>2</sup> (CBH Macaé Ostras, 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, 2014), 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 do 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 de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (INEA, 2014) 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, 2014) 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 km<sup>2</sup>, 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 (CBH Macaé Ostras, 2023; CILSJ, 2022a). 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, 2014). Salienta-se ainda que, a bacia do Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras, está localizada entre as regiões hidrográficas do Baixo Paraíba do Sul e a do rio São João e Lagos (CBH Macaé Ostras, 2023).

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, 2014).

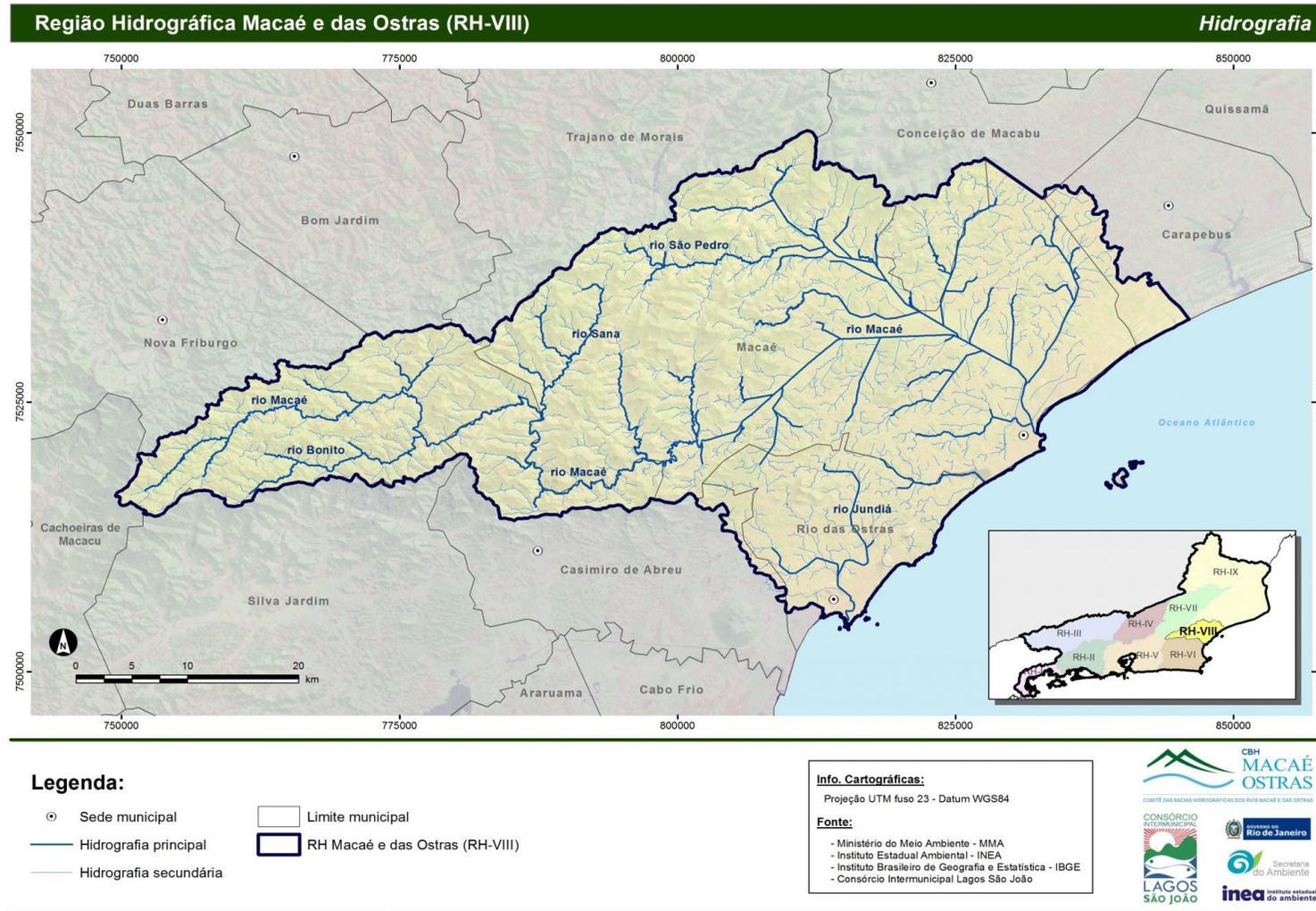
A região do alto rio Macaé, localizada na zona de recarga da região hidrográfica, é caracterizada por sua ênfase turística e ocupação de pequenas propriedades dedicadas à agricultura familiar, onde os usos da água estão relacionados à irrigação, lazer e abastecimento público (CILSJ, 2022a).

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 km<sup>2</sup>, compreendendo a bacia propriamente dita mais um conjunto de microbacias litorâneas formado pelas lagoas de Iriry, Salgada e Itapebussus e alguns córregos que deságuam nas praias (CBH Macaé Ostras, 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). Destaca-se ainda que a bacia do rio das Ostras também faz fronteira com a Região Hidrográfica Lagos São João (CBH Macaé Ostras, 2023).

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 Iriry 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.**



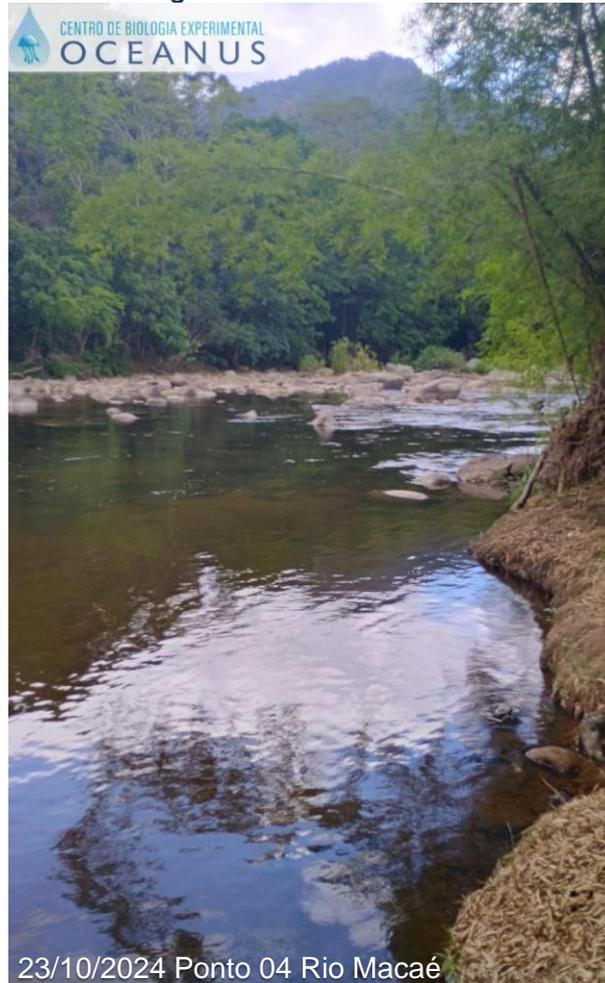
Fonte: CBH Macaé Ostras (2023).

## 4.1 Rio Macaé

O rio Macaé (Figura 4-2), que já foi denominado anteriormente como rio dos Bagres, nasce na Serra Macaé de Cima, próximo ao pico do Tinguá, em 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, 2015; CBH Macaé Ostras; 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, 2015).

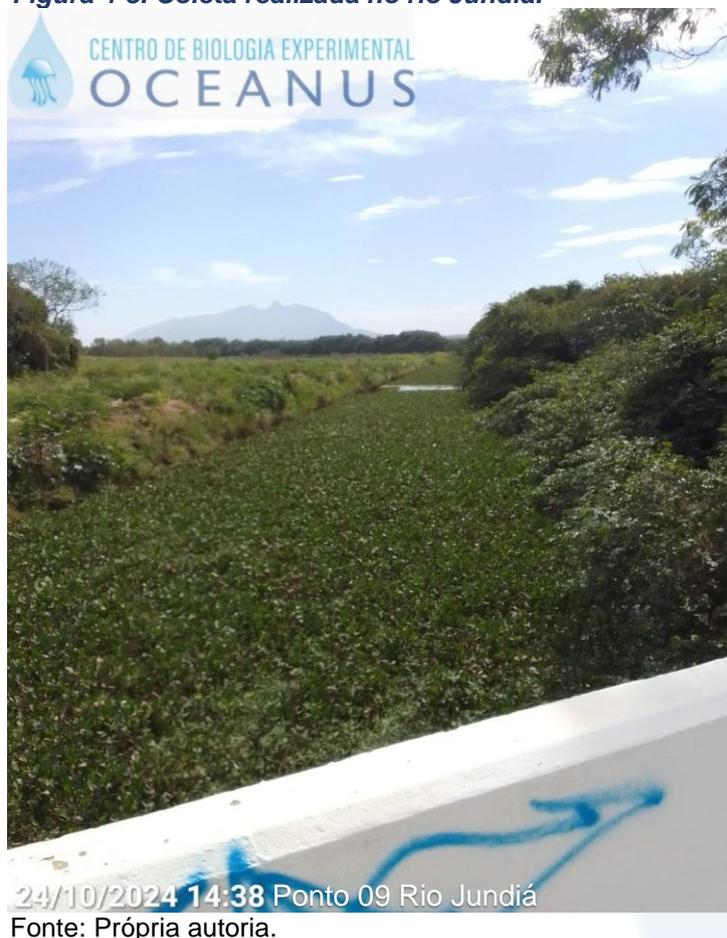
**Figura 4-2. Coleta realizada no rio Macaé na localidade Figueira Branca na Ponte de Arame.**



## 4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá, que nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude, 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.**

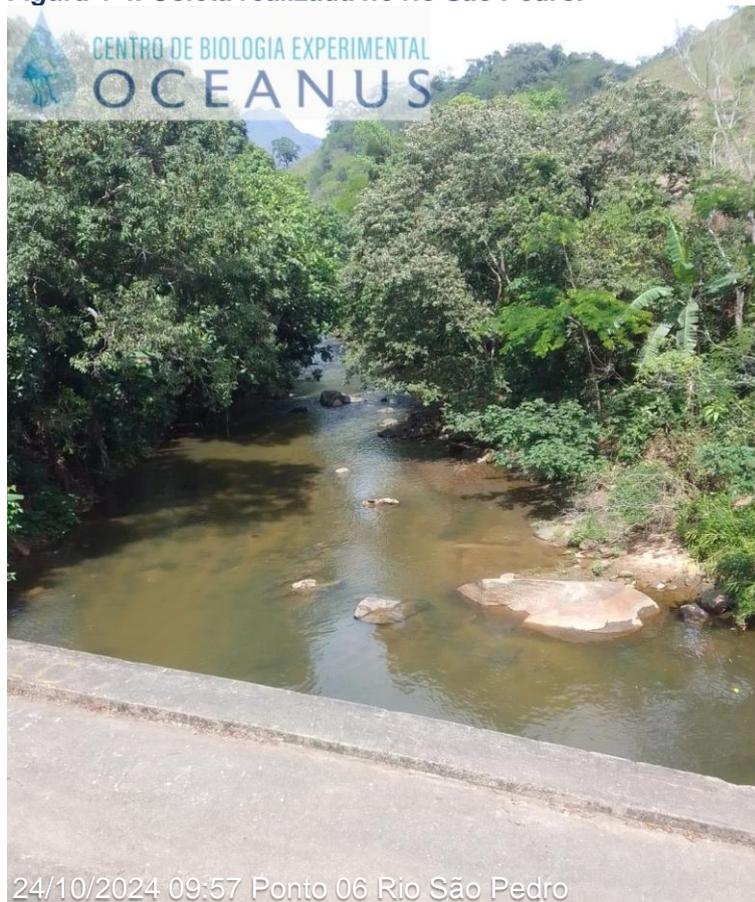


## 4.3 Rio São Pedro

O rio São Pedro (Figura 4-4), pertencente a Região Hidrográfica IX do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, é constituído também por águas provenientes da

transposição da bacia do rio Macabu e 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, 2014).

**Figura 4-4. Coleta realizada no rio São Pedro.**



Fonte: Própria autoria.

#### **4.4 Rio das Ostras**

O rio das Ostras (Figura 4-5) é um rio meandrante que nasce da confluência entre os rios Iriry e Jundiá. Possui 77 km<sup>2</sup> 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.**



Fonte: Própria autoria.

## 4.5 Pontos amostrais

O rio Macaé 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, 2014).

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 durante as campanhas 1 a 6. Esse ponto está localizado próximo à Estação Fluviométrica em Galdinópolis, uma região de cabeceira da RH, a montante da ocupação urbana.

No entanto, devido às elevadas concentrações de coliformes totais e coliformes termotolerantes encontradas nas amostras do ponto “1” durante as campanhas anteriores, decidiu-se adicionar um novo ponto controle a partir da amostragem realizada em agosto de 2024 (oitava campanha). Esse novo ponto, denominado ponto “11”, será melhor descrito posteriormente.

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. 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 do rio, afluente da margem direita do alto rio Macaé, próximo à estação fluviométrica de 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, 2014).

No rio Jundiá, 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 Iriry (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.

O ponto “11” fica situado na Serra de Macaé de Cima, no Distrito de Mury, em Nova Friburgo. A estação fica próxima a uma igrejinha na estrada de Macaé de Cima. De acordo com imagens de satélites, são verificadas poucas residências no entorno do ponto amostral. Ressalta-se que esse ponto foi incluído no monitoramento a partir da campanha de agosto de 2024, como o novo ponto controle do presente projeto.

Diante do exposto, foram coletadas amostras de água superficial nos 11 (onze) pontos amostrais distintos na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras, conforme o Quadro 4.1 e a Figura 4-6.

**Quadro 4.1. Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências e profundidade.**

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Profundidade outubro (m)	Profundidade dezembro (m)
		E	N		
P01	Na ponte que bifurca para rio Bonito, para parte alta do rio Macaé. Próximo à Estação Fluviométrica Galdinópolis - rio Macaé	-22.368810°	-42.379470°	0,20	0,30
P02	Após a confluência com o córrego Santiago. Próximo ao bar do rio Lumiar - rio Macaé	-22.360200°	-42.354500°	0,20	0,30
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	0,30
P04	Localidade de Figueira Branca, na Ponte de Arame - rio Macaé.	-22.411970°	-42.208370°	0,20	0,30
P05	Próximo à Estação Fluviométrica Severina. A montante da confluência com o rio São Pedro - rio Macaé.	-22.296280°	-41.893300°	0,30	0,30
P06	A jusante da PCH Glicério. Próximo à Estação Fluviométrica Glicério- rio São Pedro.	-22.229680°	-42.048130°	0,30	0,30
P07	A 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. A montante da confluência com o rio Iriry - rio Jundiá.	-22.484270°	-41.935860°	0,30	0,30
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

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Profundidade outubro (m)	Profundidade dezembro (m)
		E	N		
P11*	Próximo à igreja na estrada de Macaé de Cima	-22.402654º	-42.513506º	0,20	0,30

\*Ponto adicionado na oitava campanha de monitoramento (agosto/2024).  
Fonte: Própria autoria.



## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Coleta de amostras

A nona campanha de monitoramento foi realizada nos dias 23 e 24 de outubro de 2024, já a décima campanha foi efetuada nos dias 16 e 17 de dezembro de 2024, 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 a 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 de amostragem seguiu as orientações referentes 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 através da utilização de balde de inox. Os parâmetros físico-químicos da água, como oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura, 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.**



Fonte: Própria autoria.

## 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 5-1. 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<sup>a</sup> 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		

Fonte: Própria autoria.

### 5.3 Análise dos Resultados

Os dados foram analisados de maneira integrada, levando em consideração o uso do solo no entorno dos pontos selecionados e a precipitação acumulada durante os períodos de coleta, a partir de estações meteorológicas originárias próximas a cada ponto

de amostragem. Os dados oficiais de precipitação são fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação Meteorológica Macaé (A608) e pelo Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Região Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras – SIGA Macaé das estações: Galdinópolis (BE7135F4), Piller (BE707404), Glicério (221342030) e São Pedro (2241031). Salienta-se que os dados das estações de Macaé de Cima (BE706772) e São Romão (BE712682), fornecidos pelo SIGA Macaé, não foram utilizados, uma vez que a pluviosidade só foi medida em dois dias de dezembro no ano de 2024. 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 das águas analisadas em: doce (salinidade  $<0,5\text{‰}$ ), salobra (salinidade entre 0,5 e  $30\text{‰}$ ) e salina (salinidade  $>30\text{‰}$ ), e como consequência, nos limites dos diferentes parâmetros monitorados preconizados na resolução supracitada (BRASIL, 2005).

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 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 IQA foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* (NSF). No Brasil, começou a ser utilizado em 1975 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). 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 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 IQA adotado pela 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 NSF, adotada pelo INEA e aprovada pela 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/100mL 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/100mL.

**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

Fonte: Própria autoria.

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 produto ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

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

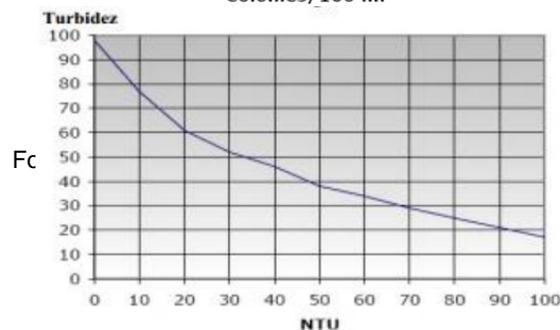
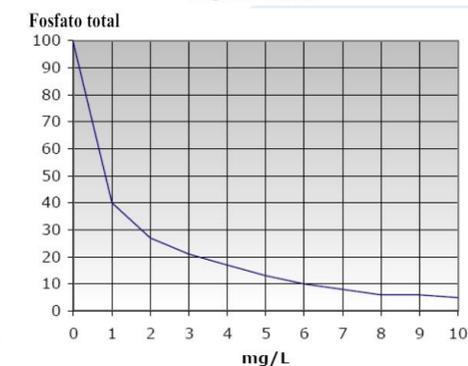
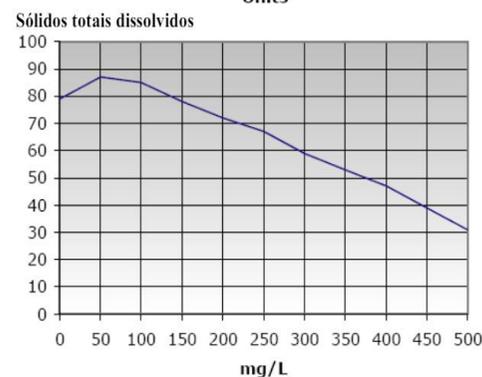
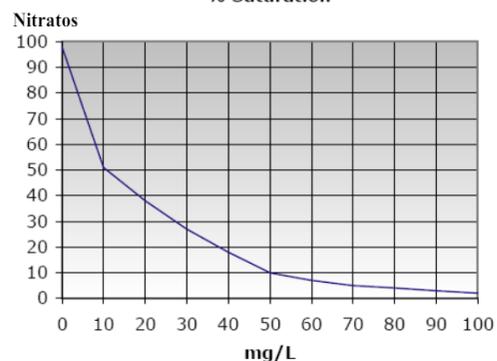
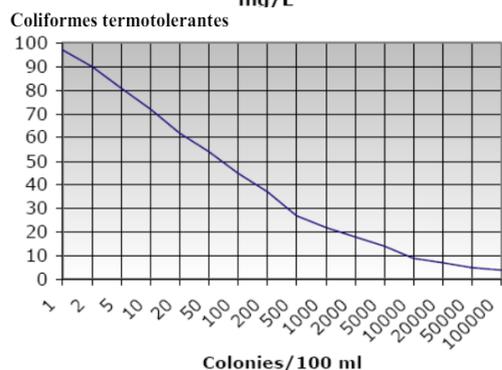
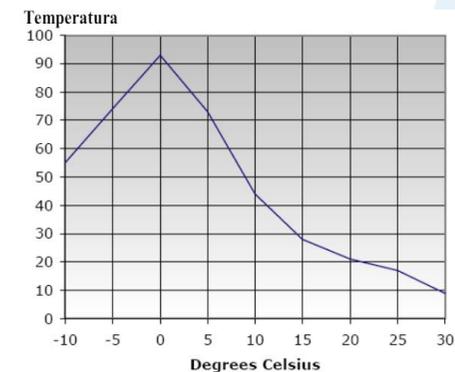
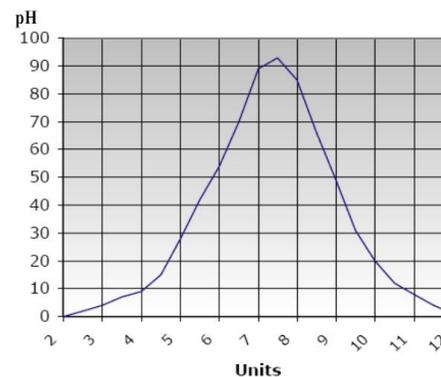
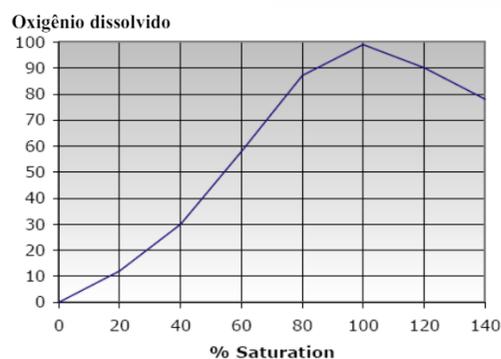
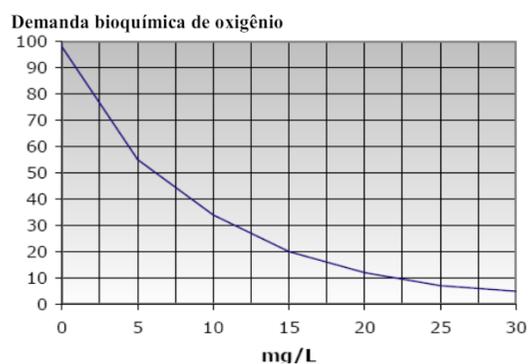
Sendo:

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.



#### Observações

- Se a DBO for maior que  $30 \text{ mgL}^{-1}$ , o valor de q será de 2.
- Se o % de sat. de  $\text{O}_2$  for maior que 140, o valor de q será de 50.
- Se a concentração de coliformes termotolerantes for superior a  $100000 \text{ NMP mL}^{-1}$ , o valor de q será 2.
- Se a concentração de nitrato for maior que  $100 \text{ mgL}^{-1}$ , o valor de q será de 1.
- Se o valor de pH for inferior a 2 ou superior a 12 o valor de q será 0.
- O valor de temperatura corresponde a diferença entre a temp. de um sítio de referência e a do ponto de coleta ( $T = T_r - T_i$ ).
- Se a concentração de sólidos totais dissolvidos for superior a  $500 \text{ mgL}^{-1}$ , o valor de q será 20.
- Se a concentração de fosfato for superior a  $10 \text{ mgL}^{-1}$  o valor de q será 2.
- Se a turbidez da amostra for superior a 100 uT (ou UNT), o valor de q será 5.

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

Fonte: Própria autoria.

Cabe destacar que, embora a avaliação da qualidade da água pelo 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 foram preenchidas fichas de avaliação visual dos pontos de coleta, 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).

A metodologia desenvolvida por Callisto e colaboradores (2002) abrange 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
<b>Boa</b>	Acima de 35 pontos
<b>Regular</b>	30 a 35
<b>Ruim</b>	Abaixo de 30

Fonte: Adaptado de Do Nascimento e colaboradores (2020).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Análise físico-química e microbiológica

#### 6.1.1 Precipitação

Os resultados de precipitação, extraídos da estação meteorológica Macaé (A608), durante o quinto quadrimestre, e das estações Galdinópolis (BE7135F4), Glicério (221342030), Piller (BE707404) e São Pedro (2241031), foram obtidos considerando as quinzenas anteriores às datas de coletas das duas campanhas. A pluviosidade acumulada registrada pode ser observada no Quadro 6.1.

**Quadro 6.1. Pluviosidades acumuladas referentes às quinzenas anteriores às coletas do quinto quadrimestre.**

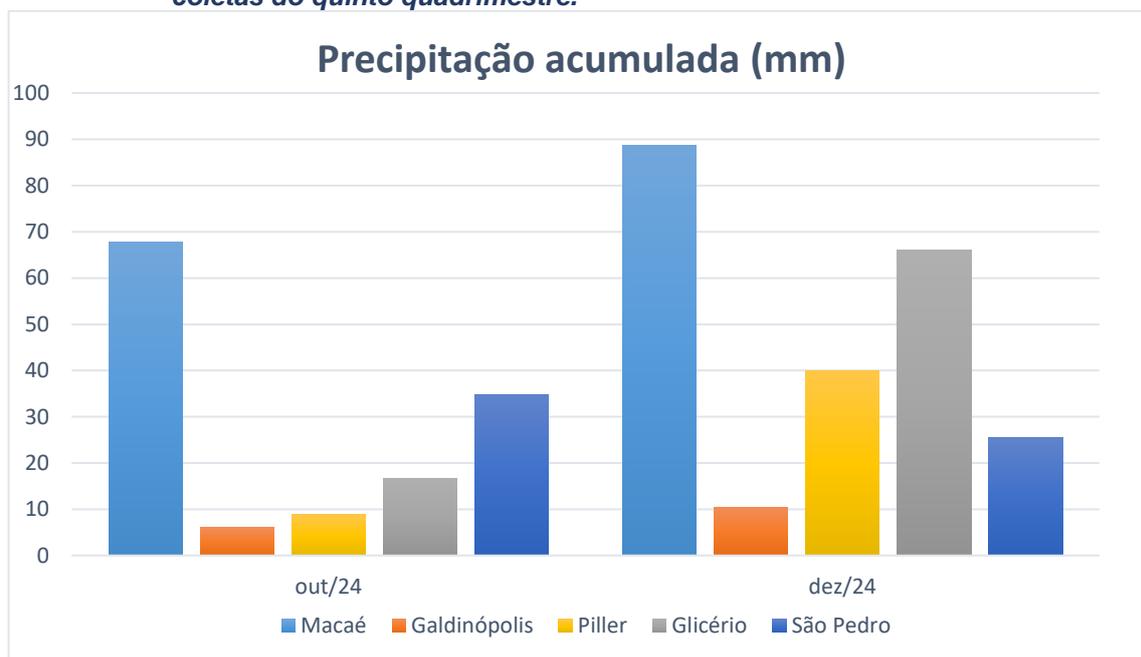
Quadrimestre	Campanha	Mês/ano	Pluviosidade Acumulada (mm)				
			Macaé	Galdinópolis	Piller	Glicério	São Pedro
5º	Nona	Out./2024	67,8	6	8,8	16,6	34,8
	Décima	Dez.2024	88,8	10,4	40	66	25,6

Em se tratando da estação de Macaé (A608), nas quinzenas anteriores às nona e décima campanhas, as pluviosidades acumuladas foram de 67,8 mm e 88,8 mm respectivamente. Esses valores pluviométricos, de acordo com Silva e Franca (2021), indicam eventos de chuva extrema. A precipitação da presente campanha foi superior quando comparada aos resultados do quarto quadrimestre, uma vez que não houve registro de precipitação na sétima campanha e a oitava apresentou uma pluviosidade acumulada de 23,2 mm. Destaca-se que a pluviosidade acumulada da nona campanha quase quadruplicou quando comparada a oitava.

Salienta-se que as variáveis ambientais analisadas na água, além de apresentarem relações, também podem ser influenciadas pela precipitação, como por exemplo, a turbidez, pH, nutrientes, coliformes, salinidade e sólidos.

Os resultados das coletas de outubro e dezembro de 2024, juntamente com os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), estão apresentados na Tabela 6-1.

**Figura 6-1. Precipitação acumulada e temperatura média nas quinzenas anteriores às coletas do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

**Tabela 6-1. Resultados dos parâmetros analisados para as coletas do quinto quadrimestre.**

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)	Nitrato (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	23/10/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	24000	108,0	5,0	0,12	0,08	<0,01	0,1	0,4	5,92	7,53	19,32	23,32	<0,1
	16/12/2024	<0,01	<0,01	<1,8	<1,8	22,6	5,0	0,06	0,08	0,01	0,3	0,7	5,46	8,18	11,30	22,80	<0,1
P2	23/10/2024	<0,01	<0,01	4900,0	220	39,0	4,0	N.D	0,1	<0,01	0,02	0,3	7,5	6,6	17,91	23,17	<0,1
	16/12/2024	<0,01	<0,01	9200,0	540,0	27,5	3,0	<0,06	0,12	<0,01	0,11	0,6	5,21	8,12	13,75	22,70	1,3
P3	23/10/2024	<0,01	<0,01	24000,0	1600	50,0	5,0	<0,06	0,17	<0,01	0,04	0,4	6,15	6,94	18,07	24,77	<0,1
	16/12/2024	<0,01	<0,01	34,0	27,0	22,9	4,0	0,07	0,59	0,03	0,08	1,2	5,37	7,81	11,45	23,20	16,9
P4	23/10/2024	<0,01	<0,01	920,0	23	29,0	5,0	<0,06	0,36	0,02	0,12	0,6	6,91	7,26	39,62	26,30	<0,1
	16/12/2024	<0,01	<0,01	490,0	330,0	24,4	3,0	<0,06	0,09	<0,01	0,13	0,6	5,67	7,58	12,20	24,70	2,70
P5	24/10/2024	<0,01	<0,01	5400,0	790	54,1	7,0	0,31	0,33	<0,01	0,32	1,4	5,31	7,38	25,31	31,30	41,3
	17/12/2024	<0,01	<0,01	9200,0	5400,0	67,0	9,0	0,07	0,19	<0,01	0,13	0,7	4,68	6,4	33,50	25,90	24,90
P6	24/10/2024	<0,01	<0,01	1600,0	4,5	51,1	5,0	<0,06	0,42	0,02	0,59	1,5	5,53	7,76	29,39	25,50	2,10
	17/12/2024	<0,01	<0,01	16000,0	9200,0	55,0	5,0	<0,06	0,07	0,01	0,14	0,3	5,42	6,6	27,50	23,90	4,10
P7	24/10/2024	<0,01	<0,01	>16000,0	16000	64,3	7,0	2,59	0,53	<0,01	0,23	1,2	4,15	7,33	32,46	32,20	4,80
	17/12/2024	<0,01	<0,01	540,0	240,0	101,0	8,0	0,07	0,39	0,03	0,09	0,9	4,61	6,08	50,50	27,10	20,10
P8	24/10/2024	<0,01	<0,01	16000,0	220	4556,0	5,0	0,06	0,27	0,01	0,33	0,8	5,87	7,18	3486,00	30,20	4,20
	17/12/2024	<0,01	<0,01	9200,0	5400,0	3969,0	3,0	<0,06	0,16	0,01	0,10	0,4	5,54	7,9	1984,50	26,80	8,50
P9	24/10/2024	<0,01	<0,01	160000	92000	1258,0	9,0	0,21	0,14	0,05	1,63	4	0,98	7,05	622,00	28,20	9,70
	17/12/2024	<0,01	<0,01	<1,8	<1,8	739,0	4,0	<0,06	0,45	<0,01	1,21	2,3	0,86	3,49	369,50	27,90	10,50
P10	24/10/2024	<0,01	<0,01	1600,0	540	24250,0	6,0	0,51	0,24	0,04	1,68	5,4	2,86	7,5	24780,00	26,20	5,50
	17/12/2024	<0,01	<0,01	<1,8	<1,8	1215,0	7	<0,06	0,31	0,03	1,71	2,4	1,59	4,47	607,50	27,5	5,60
P11	23/10/2024	<0,01	<0,01	1600	49	29	5	N.D	0,78	<0,01	0,56	1,5	6,4	6,87	12,22	21,6	<0,1
	16/12/2024	<0,01	<0,01	240,0	130,0	79,1	4,0	<0,06	0,66	N.D	N.D	1,5	5,07	7,66	39,55	20,7	<0,1
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2	-	-	-	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*	-	5	-	10,0	1,0	**	2,18	> 5,0	6,0 a 9,0	500	-	100
	Águas Salobras Classe 1	-	0,01	-	-	-	-	-	0,4	0,07	0,4	-	> 5,0	6,5 a 8,5	-	-	-
	Águas Salinas Classe 1	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,07	0,4	-	> 6,0	6,5 a 8,5	-	-	-

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

Fonte: Própria autoria.

Com base nos resultados obtidos na nona campanha (23 e 24/10/24), as águas analisadas em P01 (rio Macaé, próximo à estação Galdinópolis) até P07 (rio Macaé, à jusante da confluência com o rio São Pedro), e P11 (rio Macaé, próximo à igreja na estrada de Macaé de Cima), foram classificadas como água doce e equiparadas com os valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 de Águas Doces Classe 2, já as amostras dos pontos P08 (foz do rio Macaé), P09 (rio Jundiá) e P10 (foz do rio das Ostras) foram categorizadas como água salobra e as concentrações dos parâmetros mensurados foram comparadas com os limites preconizados pela normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1 (BRASIL, 2005).

Na décima campanha (16 e 17/12/24), os resultados das amostras situadas na sub-bacia do alto (P01, P02, P03 e P11), médio (P04) e baixo rio Macaé (P05 e P07), além das situadas nos rios São Pedro (P06) e Jundiá (P09) foram equiparados aos valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Em contrapartida, as águas analisadas em P08 (foz do rio Macaé) e P10 (foz do rio das Ostras) foram comparadas aos limites estipulados pela normativa de referência para Águas Salobras Classe 1.

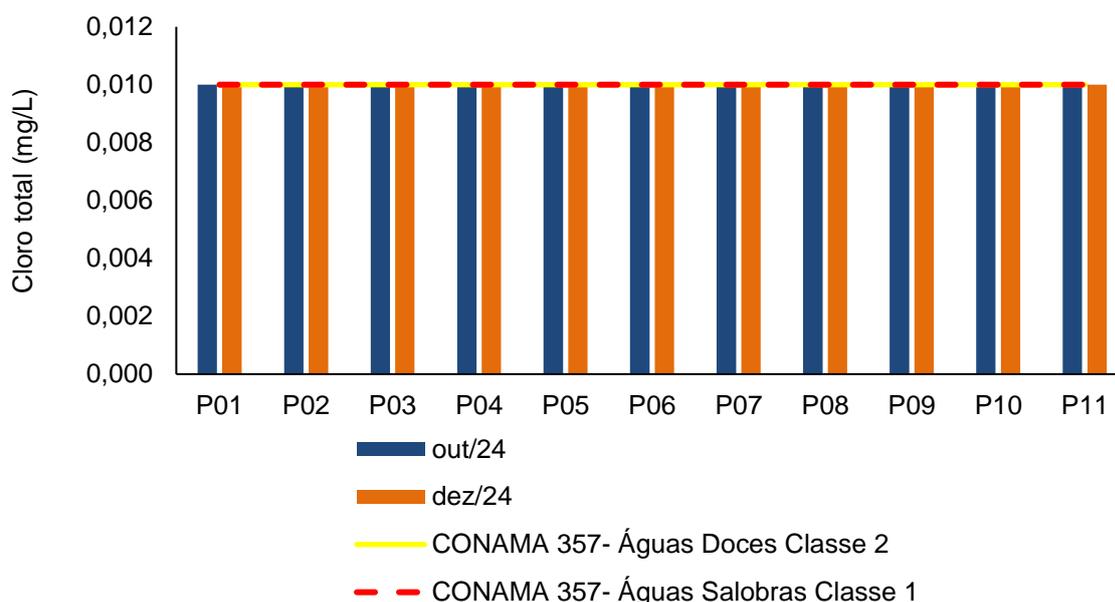
Para facilitar a visualização dos dados, cada parâmetro analisado foi dividido por tópico, para uma melhor discussão. Além disso, cada item apresenta uma representação gráfica dos dados obtidos nas duas campanhas realizadas.

### 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, inorgânicos e com os 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 no exposto na Figura 6-2, nota-se que os valores de cloro total de todas as amostras analisadas na nona e décima campanha apresentaram o mesmo resultado (<0,01 mg/L), ou seja, todas as amostras tiveram resultados inferiores ao limite de quantificação do método analítico, estando em conformidade com o limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (0,01 mg/L) (BRASIL, 2005).

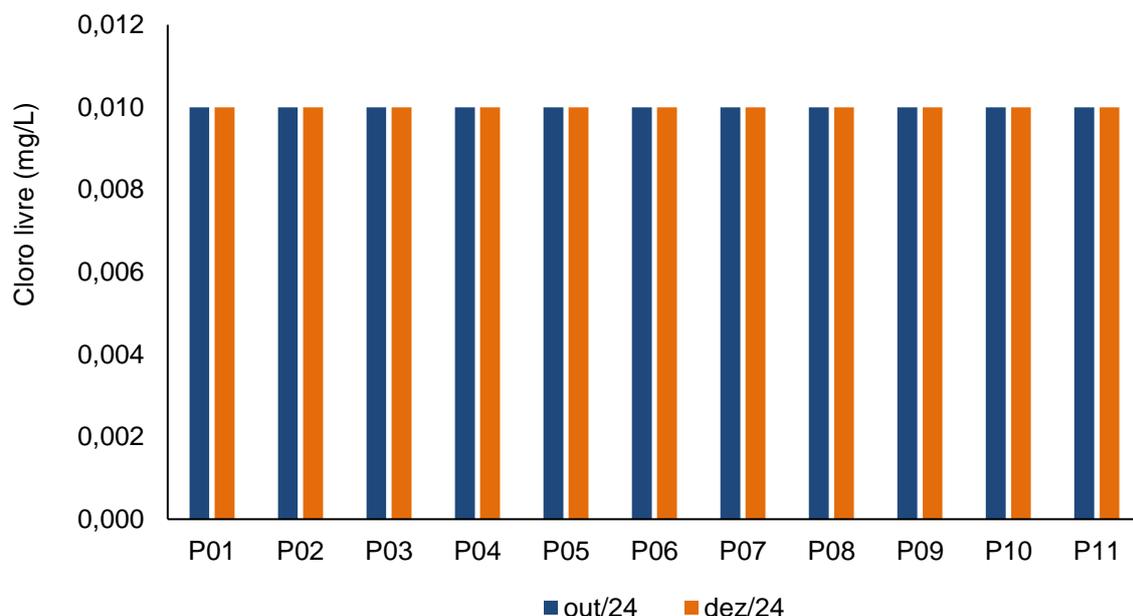
**Figura 6-2. Resultados de cloro total do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

No que se refere ao cloro livre, destaca-se que não existem valores máximos permitidos descritos na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). No entanto, as concentrações desse parâmetro nas águas analisadas nos distintos pontos amostrais, nas duas campanhas do quinto quadrimestre, foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (Figura 6-3).

**Figura 6-3. Resultados de cloro livre do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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, 2018).

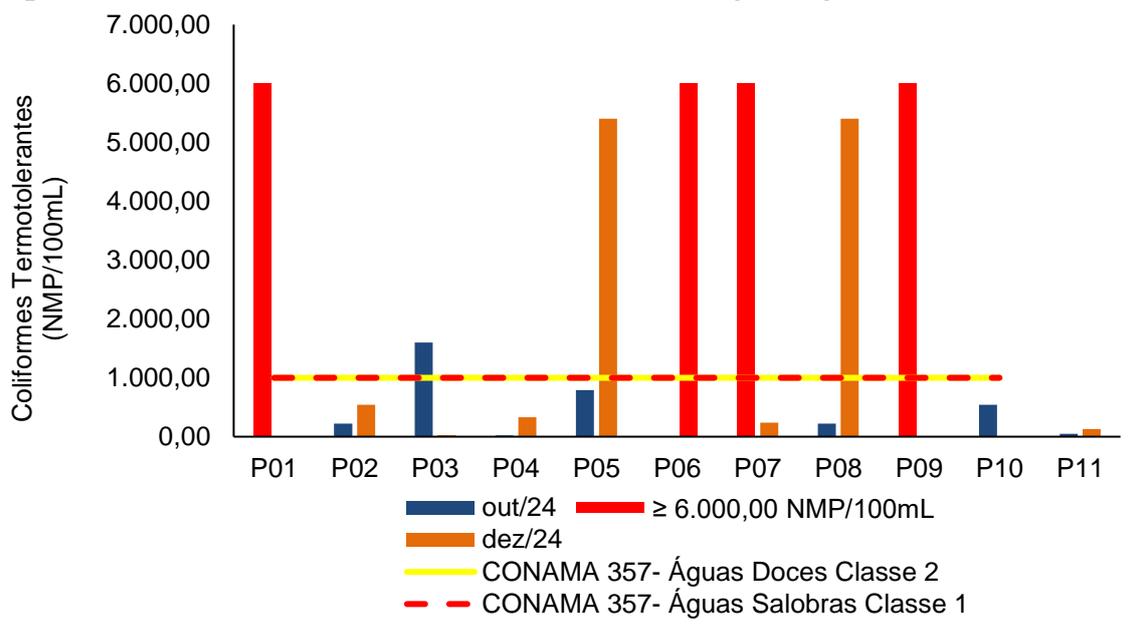
Em relação aos coliformes termotolerantes, a média desse parâmetro na nona campanha foi 12.313,32 NMP/100mL. Nessa mesma campanha, as águas analisadas nos pontos P01 (24.000,00 NMP/100mL), situado no alto rio Macaé, P03 (1.600,00 NMP/100mL), localizado no rio Macaé, após a confluência com o rio São Pedro, e P07 (16.000,00 NMP/100mL), situado no rio Macaé, a jusante da confluência com o rio São Pedro, exibiram valores acima do estabelecido pela normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (Figura 6-4). De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o valor de referência de coliformes termotolerantes para Águas Doces Classe 2 é de 1.000,00 NMP/100mL.

A estação amostral situada no rio Jundiá, P09 (92.000,00 NMP/100mL), também apresentou resultado muito acima da do estabelecido no limite preconizado na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Salobras Classe 1 (1.000,00 NMP/100mL).

Na décima campanha, a média de coliformes termotolerantes foi 1.933,85 NMP/100mL. Em relação aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, observou-se que as águas analisadas em P05 (5.400,00 NMP/100mL), situadas no rio Macaé, a montante da confluência com o rio São Pedro e P06 (9.200,00 NMP/100mL), localizadas no rio São Pedro, apresentaram valores que ultrapassaram o valor máximo preconizado pela normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (1.000,00 NMP/100mL). A amostra do ponto P08 (5.400,00 NMP/100mL), situado na foz do rio Macaé, exibiu valores que não estão em consonância com o limiar estabelecido para Águas Salobras Classe 1 (1.000,00 NMP/100mL). Essa alta concentração de coliformes termotolerantes, observada nas estações de P05, P06 e P08, pode ter sido decorrente da alta pluviosidade acumulada registrada na quinzena que antecedeu as coletas, favorecendo o transporte de fezes e esgoto, inadequadamente descartados, até as águas em questão. Nos quinze dias anteriores à coleta dezembro de 2024, a estação de Glicério, situada próxima à região de P06 (rio São Pedro), registrou 66 mm de pluviosidade acumulada, a de São Pedro, próxima à região de P05 (rio Macaé, a montante da confluência com o rio São Pedro), registrou 25,60 mm e a de Macaé, próxima a foz do rio Macaé (P08), registrou 88,00 mm.

Por conta dos valores elevados de coliformes termotolerantes e a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados obtidos, comparando-os com os limites da Resolução supracitada, todos os valores iguais ou maiores que 6.000,00 NMP/100mL foram representados, no gráfico, por uma coluna vermelha ( $\geq 6.000,00$  NMP/100mL).

**Figura 6-4. Resultados de coliformes termotolerantes do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

No que tange aos coliformes totais, esse parâmetro não apresenta um limite de referência na Resolução CONAMA 357/2005. No entanto, na maioria das amostras da nona campanha foram detectadas concentrações elevadas dessa variável microbiológica (Figura 6-5). A média de coliformes totais na referida campanha foi 35.638,18 NMP/100mL.

Elevadas concentrações de coliformes totais também foram verificadas nas amostras da décima campanha, mas em uma quantidade de pontos expressivamente menor. A média dessa variável na coleta de dezembro de 2024 foi 4.082,67 NMP/100mL.

É importante destacar que as águas analisadas em P09 (rio Jundiá), na campanha de outubro, apresentaram os maiores valores tanto para coliformes termotolerantes (92.000,00 NMP/100mL), quanto para coliformes totais (160.000,00 NMP/100mL).

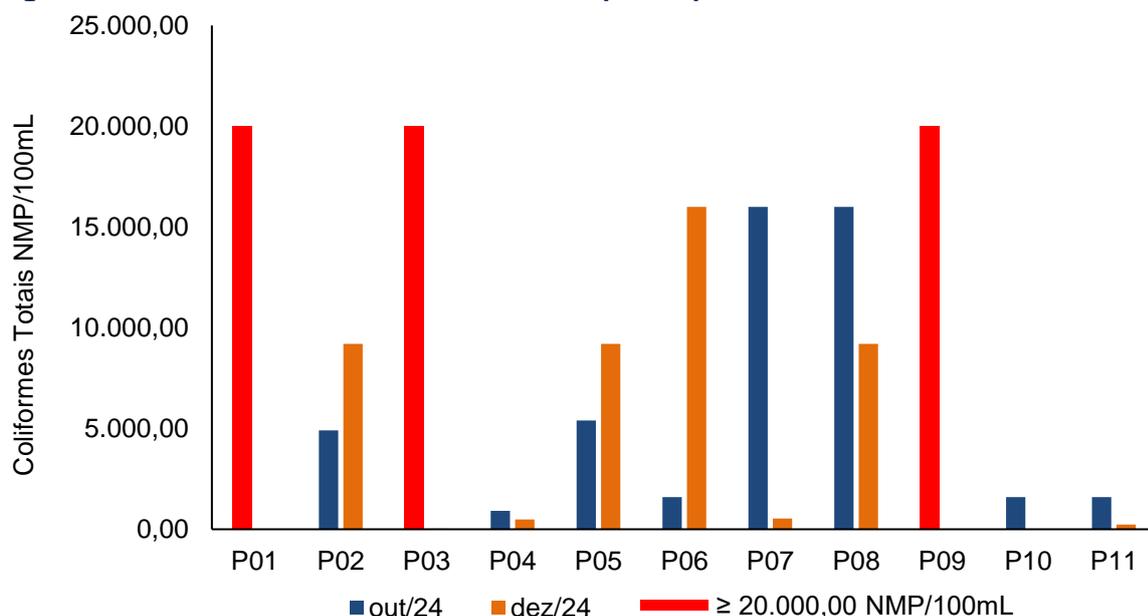
Ao comparar os resultados médios desse quadrimestre (quinto) com os valores médios do quarto quadrimestre, nota-se que houve uma redução considerável nas concentrações de coliformes, que apresentaram, para coliformes totais, 51.791,00 NMP/100mL na sétima campanha, e 58.454,50 NMP/100mL na oitava campanha, e para coliformes termotolerantes, 19.946,40 NMP/100mL na sétima campanha, e 16.203,60 NMP/100mL na oitava.

Diante do exposto, os resultados elevados de coliformes totais e termotolerantes detectados nas amostras da nona e décima campanha indicam um aporte de águas

residuais nos corpos hídricos monitorados, porém, em uma quantidade menor que a do quarto quadrimestre.

Por conta dos valores elevados de coliformes totais e a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados obtidos, todos os valores iguais ou maiores que 20.000,00 NMP/100mL foram representados, no gráfico, por uma coluna vermelha ( $\geq 20.000,00$  NMP/100mL).

**Figura 6-5. Resultados de coliformes totais do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

#### 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, 2018).

Os valores registrados na nona campanha variaram de 29,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , nas amostras dos pontos P04, localizado na sub-bacia do médio rio Macaé, em Figueira Branca, e P11, localizado no rio Macaé, na serra de Macaé de Cima, no Distrito de Mury, a 24.250,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , na amostra do ponto P10, situado na foz do rio das Ostras (Figura 6-6). A média de condutividade na nona campanha foi 2.771,68  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Na décima campanha, a variação de condutividade foi de 22,60  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na amostra do ponto P01, situado na sub-

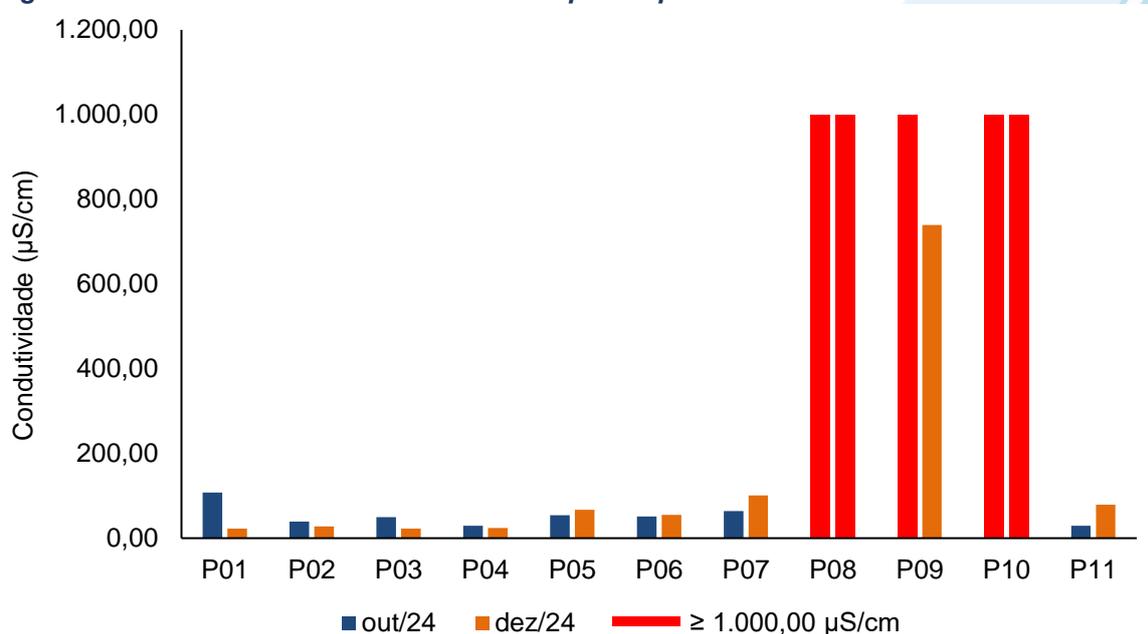
bacia do alto rio Macaé, a 3.969,00  $\mu\text{S/cm}$  nas águas analisadas em P08, localizadas na foz do rio Macaé e a média foi de 574,77  $\mu\text{S/cm}$ .

Nas duas campanhas do quinto quadrimestre, foram evidenciados os maiores valores desse parâmetro nas amostras dos pontos P08 e P10, estações situadas na foz do rio Macaé e na foz do rio das Ostras, respectivamente. Os resultados obtidos reforçam a associação entre salinidade e condutividade, tendo em vista que esse parâmetro é um indicativo da quantidade de sais presentes na coluna d'água (CETESB, 2018). Além disso, é possível notar também a intrusão salina no rio Jundiá (P09), que apresentou uma condutividade de 1.258,00  $\mu\text{S/cm}$  na nona campanha, tendo suas águas classificadas como salobras.

Por conta dos valores elevados de condutividade e a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados obtidos, todos os valores iguais ou maiores que 1.000,00  $\mu\text{S/cm}$  foram representados, no gráfico, por uma coluna vermelha ( $\geq 1.000,00 \mu\text{S/cm}$ ).

Salienta-se que na Resolução CONAMA 357/2005 não há valores de referência para este parâmetro.

**Figura 6-6. Resultados de condutividade do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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 zooplanctônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2018).

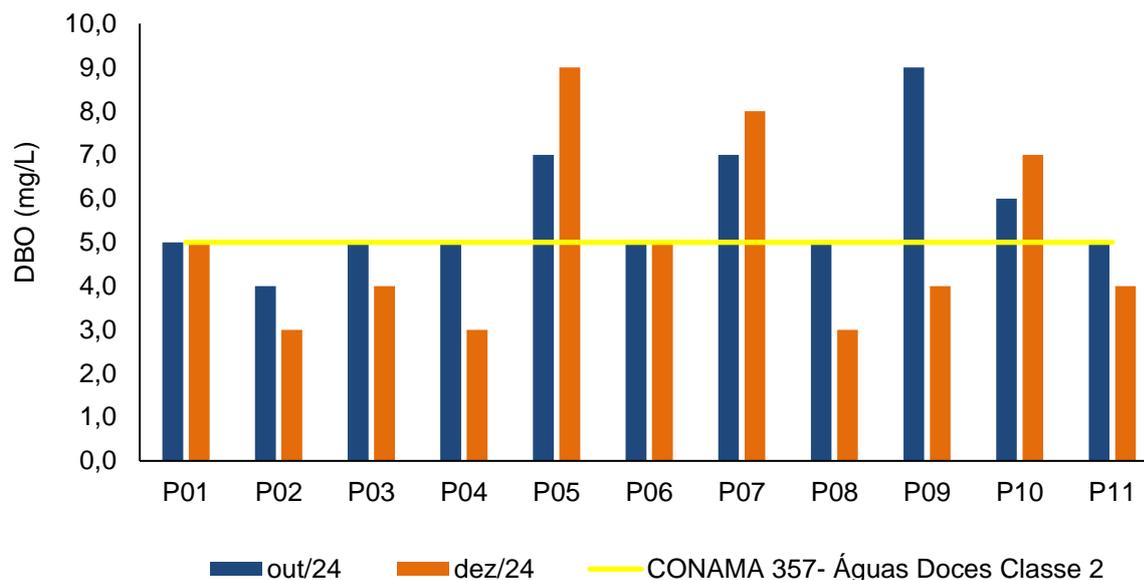
Na nona campanha, foram obtidas concentrações de DBO variando de 4,0 mg/L nas águas analisadas em P02 (rio Macaé, antes do centro de Lumiar) até 9,0 mg/L nas águas analisadas em P09 (rio Jundiá, no bairro Village).

Na décima campanha, a variação desse parâmetro foi de 3,0 mg/L nas águas analisadas nos pontos P02, P04 e P08 (todos localizados no rio Macaé: antes do centro de Lumiar, em Figueira Branca e próximo à foz do rio, respectivamente) a 9,0 mg/L na amostra do ponto P05 (localizado no baixo rio Macaé, antes da confluência com o rio São Pedro).

Em ambas as campanhas, os pontos P05 e P07, situados no rio Macaé, a montante e a jusante da confluência com o rio São Pedro, respectivamente, apresentaram resultados acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces de Classe 2 (5,0 mg/L) (Figura 6-7). Na nona campanha P05 e P07 apresentaram uma concentração de DBO de 7,0 mg/L, enquanto na décima, P05 exibiu 9,0 mg/L de DBO e P07, 8,0 mg/L. Essas duas estações amostrais estão localizadas na sub-bacia do baixo rio Macaé, região que enfrenta problemas advindos da ocupação urbana e industrial. À vista disso e dos resultados obtidos, incluindo o de fosfato (Figura 6-8), que será analisado a seguir, sugere-se um aporte de efluentes sem tratamento nos rios monitorados, culminando no observado na Figura 6-7, um aumento da demanda metabólica dos microrganismos para realização da decomposição desses nutrientes (CETESB, 2018).

Destaca-se que para Águas Salobras Classe 1, não há um limite de referência estabelecido pela normativa supracitada, o que impossibilita a comparação dos resultados das amostras de P08 (foz do rio Macaé), P09 (rio Jundiá) e P10 (foz do rio das Ostras) da nona campanha, e P08 e P10 da décima.

**Figura 6-7. Resultados de DBO do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 6.1.6 Fosfato

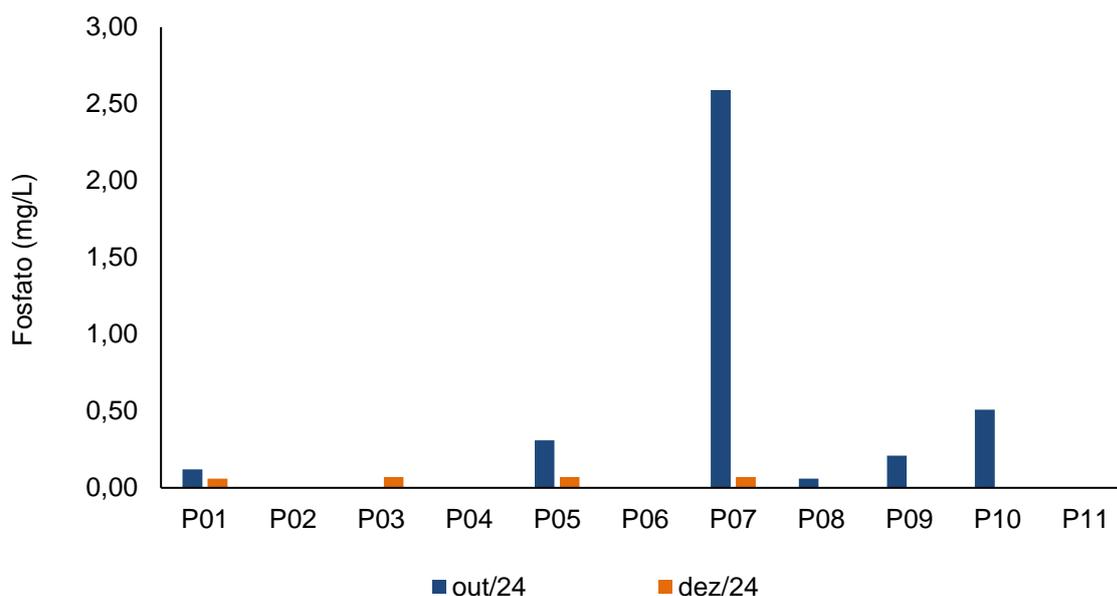
O fósforo pode se apresentar em diferentes formas, uma delas é através de sais inorgânicos, como o fosfato. O fosfato é um nutriente essencial para as plantas, no entanto o excesso dele, proveniente de atividades antrópicas como em esgoto doméstico, fertilizantes, resíduos urbanos, entre outros, tem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

Na nona campanha, os resultados de fosfato apresentaram variação de <math><0,06\text{ mg/L}</math> nas amostras de P03 (rio Macaé, após o centro de Lumiar), P04 (rio Macaé, em Figueira Branca) e P06 (rio São Pedro), até 2,59 mg/L nas águas analisadas no ponto P07, localizado no rio Macaé, após confluência com o rio São Pedro. Salienta-se que não foi detectado fosfato nas amostras de P02 (rio Macaé, antes do centro de Lumiar) e P11 (rio Macaé, situado na serra de Macaé de Cima, no Distrito de Mury).

Já na décima campanha, foi identificada uma variação nos resultados de <math><0,06\text{ mg/L}</math> nas amostras de P02 (alto rio Macaé), P04 (médio rio Macaé), P06 (rio São Pedro), P08 (foz do rio Macaé), P09 (rio Jundiá), P10 (foz do rio das Ostras) e P11 (alto rio Macaé), a 0,07 mg/L nas amostras de P03 (alto rio Macaé), P05 e P07 (rio Macaé, a montante e a jusante da confluência com o rio São Pedro, respectivamente) (Figura 6-8). Essa variável ambiental não apresenta valores de referência na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

As estações amostrais de P05 e P07, situadas na região da sub-bacia do baixo rio Macaé, enfrentam problemas referentes a ocupação urbana e industrial. Os picos de fosfato, observados em P05 e P07 na nona campanha, coincidem com altos registros de pluviosidade acumulada nas estações de Macaé (67,80 mm) e de São Pedro (34,80 mm), próximas à essa região, na quinzena que antecedeu a coleta. Com isso, sugere-se que a chuva pode ter tido influência no transporte desse nutriente para o rio.

**Figura 6-8. Resultados de fosfato do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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 é observada em zonas de águas consideradas limpas. Portanto, a ocorrência de nitrato e nitrito na água é um indicativo de contaminação recente, que pode ser causada por várias fontes, incluindo o lançamento inadequado de efluentes (CETESB, 2018).

Na nona campanha, as concentrações de nitrato apresentaram variação de 0,08 mg/L nas águas analisadas em P01 (região de cabeceira do rio Macaé) a 0,78 mg/L nas águas analisadas em P11 (serra de Macaé de Cima, no Distrito de Mury). Na décima campanha, o menor valor de nitrato foi de 0,07 mg/L, na amostra de P06 (rio São Pedro,

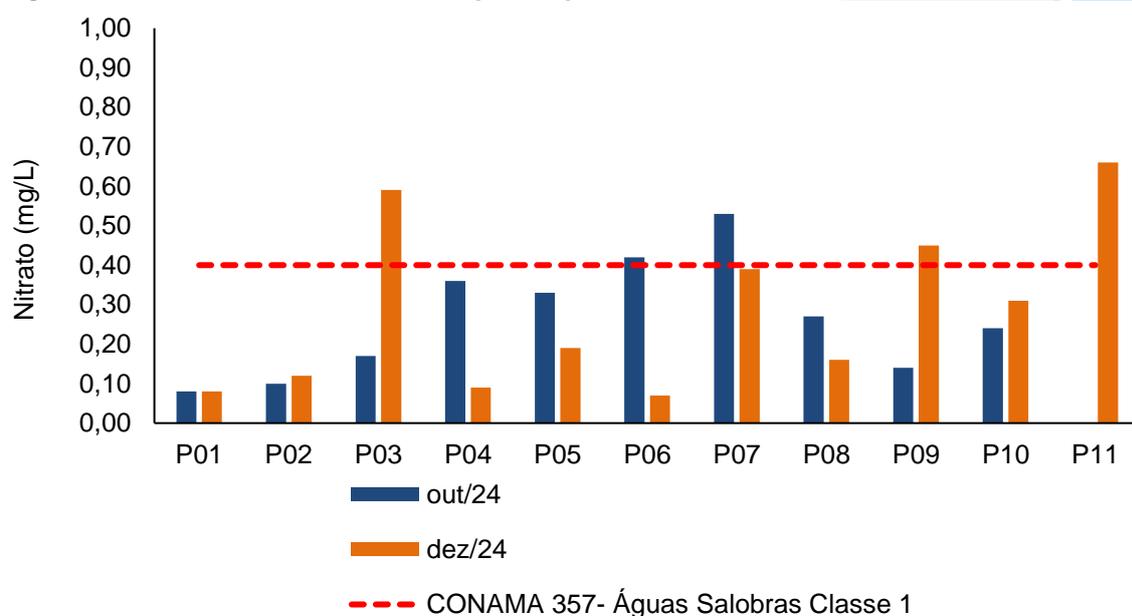
próximo à estação Fluviométrica de Glicério), e a maior concentração foi de 0,66 mg/L, registrada nas águas analisadas em P11 (alto rio Macaé).

Diante do exposto, nota-se que os valores de nitrato detectados nas amostras da nona e da décima campanhas ficaram em conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (10,00 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (0,40 mg/L) (Figura 6-9).

No entanto, apesar de estar em conformidade com a normativa de referência, a concentração de nitrato no ponto P11 (alto rio Macaé) na décima campanha requer atenção, pois foi o maior obtido no referente período. A análise do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) do ANEXO 4, permite observar que houve registro da presença de animais no entorno da estação amostral. As excretas dos animais possuem compostos nitrogenados, portanto, o resultado sugere uma contaminação recente advinda dessas excretas.

Para essa variável ambiental, o limite da normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (10,00 mg/L) não foi apresentado no gráfico, sendo incluído somente o limiar de Águas Salobras Classe 1 (0,40 mg/L) para facilitar a observação dos resultados, em razão das baixas concentrações obtidas.

**Figura 6-9. Resultados de nitrato do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

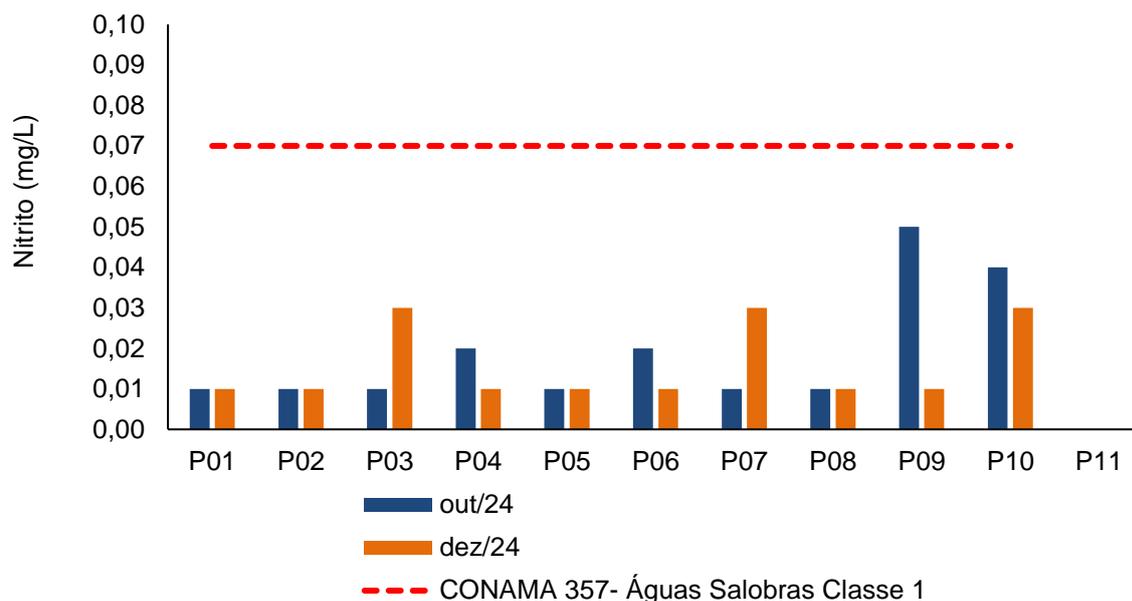
No que se refere ao nitrito, de forma majoritária, na nona campanha, os resultados apresentaram concentrações menores que o limite de quantificação do método analítico, com exceção das águas analisadas em P04 (sub-bacia do médio rio Macaé), P06 (rio São Pedro), P08 (foz do rio Macaé), P09 (rio Jundiá) e P10 (foz do rio das Ostras), nas quais foram detectadas concentrações de 0,02 mg/L, 0,02 mg/L, 0,01 mg/L, 0,05 mg/L e 0,04 mg/L, respectivamente.

Na décima campanha, as amostras de P02 (rio Macaé, após a confluência com o córrego Santiago), P04 (rio Macaé, na ponte de Arame), P05 (rio Macaé, a montante da confluência com o rio São Pedro) e P09 (rio Jundiá) apresentaram valores abaixo do limite de quantificação (<0,01 mg/L) e na amostra de P11 (rio Macaé, na estrada de Macaé de Cima) não foi detectado nitrito.

Nota-se que todas as concentrações de nitrito ficaram em conformidade com o limite de referência na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (1,00 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (0,07 mg/L).

Para essa variável ambiental, o limite da normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (1,00 mg/L) não foi apresentado no gráfico (Figura 6-10), sendo incluído somente o limiar de Águas Salobras Classe 1 (0,07 mg/L), para facilitar a observação dos resultados, em razão das baixas concentrações obtidas.

**Figura 6-10. Resultados de nitrito do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 6.1.8 Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal é uma forma reduzida do nitrogênio proveniente do processo de hidrólise da ureia 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 nona campanha, as concentrações de nitrogênio amoniacal apresentaram variação de 0,02 mg/L nas águas analisadas no ponto P02, localizado no rio Macaé, antes do centro de Lumiar, a 1,68 mg/L na amostra do ponto P10, situado na foz do rio das Ostras.

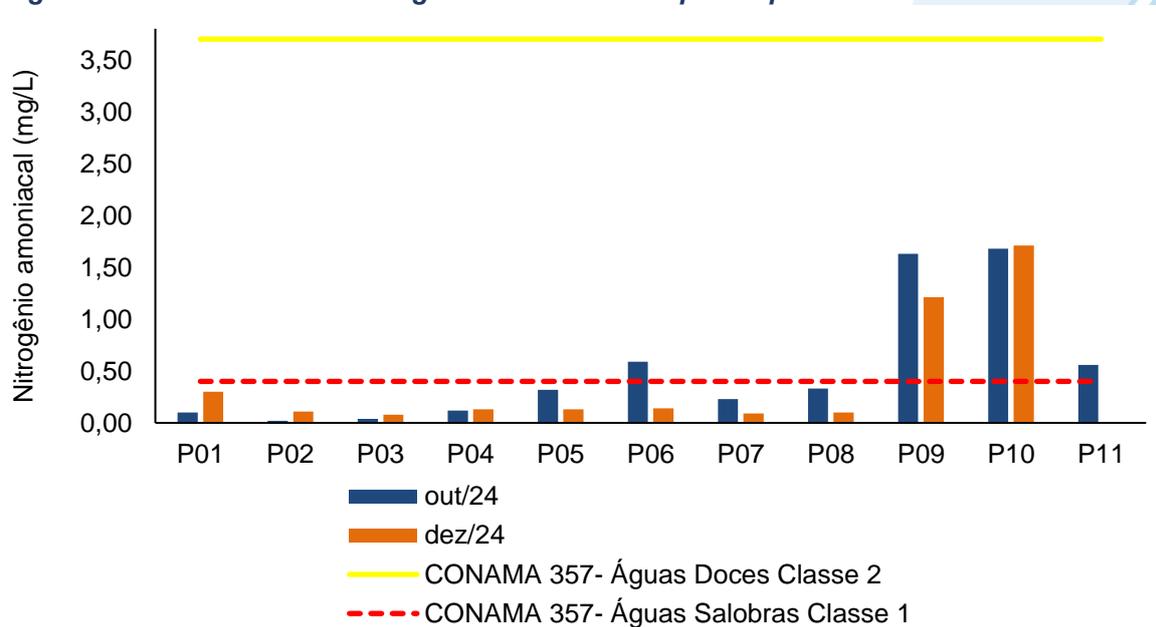
Em relação aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, verificou-se que as águas analisadas no rio Jundiá (P09 - 1,63 mg/L) e na foz do rio das Ostras (P10 - 1,68 mg/L) apresentaram valores que excederam o valor máximo descrito para Águas Salobras Classe 1 (0,40 mg/L). Para as demais amostras analisadas, os valores de nitrogênio amoniacal estão em conformidade com a normativa de referência.

Um padrão semelhante foi observado na décima campanha, na qual as amostras classificadas como águas doces apresentaram valores em conformidade com o limite estipulado pela legislação de referência. A única amostra que apresentou resultado acima

do limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Salobras Classe 1 (0,40 mg/L) foi a do ponto P10 (1,71 mg/L), situado na foz do rio das Ostras. O parâmetro não foi detectado na amostra do ponto P11, situado na sub-bacia do alto rio Macaé (Figura 6-11). Nas demais amostras, a variação foi de 0,08 mg/L (P03 – rio Macaé, após o centro de Lumiar) a 1,21 mg/L (P09 – rio Jundiá, no bairro Village).

Os valores de nitrogênio amoniacal das águas do rio Jundiá (P09) na nona campanha e das águas analisadas na foz do rio das Ostras (P10) na nona e décima campanha, que exibiram concentrações acima do estipulado pela normativa supracitada, indicam a presença de efluentes sanitários nos corpos hídricos monitorados, contribuindo para a eutrofização artificial, e representando um risco ecológico e para a saúde humana. Os registros do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) (Anexo 4) mostram que há ocupação residencial nas margens desses rios com emissão de esgoto doméstico nos corpos hídricos. Em registros fotográficos da décima campanha (Anexo 3) é possível observar algumas residências no entorno de P09 e P10.

**Figura 6-11. Resultados de nitrogênio amoniacal do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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

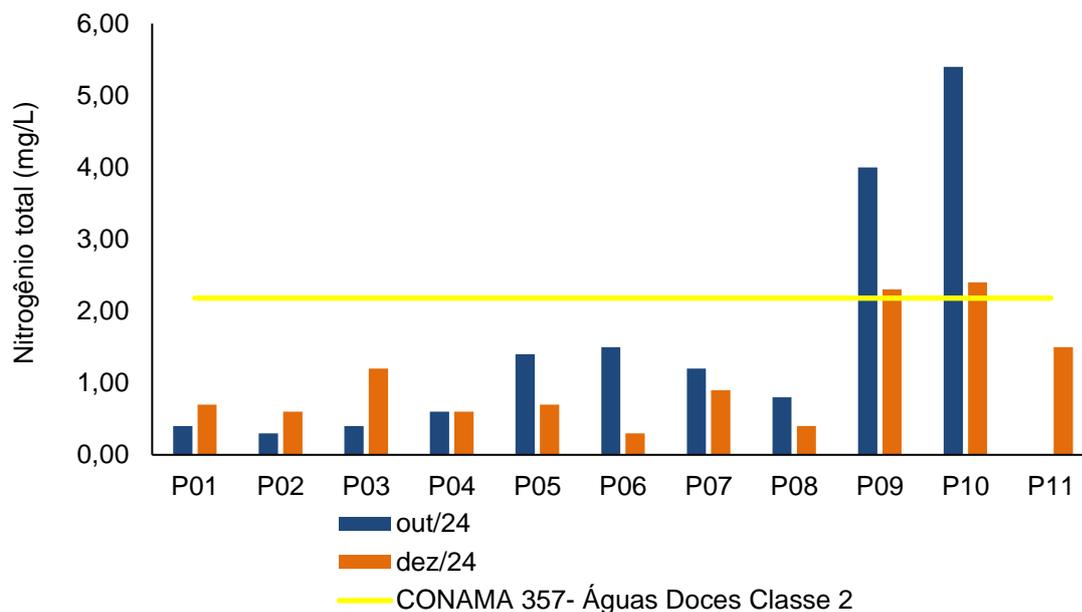
efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas. Assim como o fósforo, o nitrogênio é um dos principais nutrientes para os processos biológicos (macronutriente) e está relacionado com a produtividade 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, 2018).

Na nona campanha, foi observada variação de nitrogênio total de 0,30 mg/L nas águas analisadas em P02 (rio Macaé, antes do centro de Lumiar) a 5,40 mg/L na amostra de P10 (foz do rio das Ostras). Diante dos resultados obtidos, todas as amostras classificadas como águas doces (P01, no alto rio Macaé, até P07, no baixo rio Macaé, e P11, rio Macaé na estrada de Macaé de Cima) exibiram concentrações desse nutriente em consonância com o limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (2,18 mg/L).

Salienta-se que não há valores de referência para águas salobras na Resolução CONAMA 357/2005, o que inviabiliza uma comparação dos resultados das amostras classificadas como águas salobras, como P08 (foz do rio Macaé), P09 (rio Jundiá) e P10 (foz do rio das Ostras). Entretanto, é importante frisar as concentrações elevadas desse nutriente, especialmente nas águas analisadas em P09 e P10, localizadas no rio Jundiá, no bairro Village e no centro do Rio das Ostras, respectivamente, ainda mais pelo fato desse padrão ter se repetido quando comparado ao quarto quadrimestre.

Na décima campanha, foi notada uma variação de nitrogênio total de 0,30 mg/L nas águas analisadas em P06 (rio São Pedro, próximo à estação Fluviométrica de Glicério) até 2,40 mg/L na amostra de P10 (foz do rio das Ostras). Verifica-se que as amostras categorizadas como águas doces, de maneira geral, apresentaram valores em consonância com a Resolução CONAMA 357/2005 (Figura 6-12). A exceção foi a amostra de P09 (rio Jundiá), que apresentou um valor de 2,30 mg/L, acima da norma (2,18 mg/L). Apesar de não ter um limiar para águas salobras na normativa supracitada, nota-se um valor elevado detectado na amostra de P10 (2,40 mg/L). Os altos valores encontrados em P09 e P10 refletem a influência de atividades antrópicas no rio Jundiá e na foz do rio das Ostras.

**Figura 6-12. Resultados de nitrogênio total do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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, 2018).

Na nona campanha de monitoramento, verificou-se uma variação de OD de 0,98 mg/L na amostra de P09 (rio Jundiá) a 7,50 mg/L na amostra de P2 (rio Macaé, antes do centro de Lumiar). Valores abaixo do estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Salobras Classe 1 (>5,00 mg/L) foram observados nas águas analisadas no rio Jundiá (P09 - 0,98 mg/L) e na foz do rio das Ostras (P10 - 2,86 mg/L). Em relação à Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5,00 mg/L), apenas a amostra de P07 (rio Macaé, após confluência com o rio São Pedro) apresentou valor abaixo do preconizado pela norma. Nas demais amostras foram detectados valores que estão em conformidade com o estabelecido pela normativa supracitada.

Na décima campanha, a variação desse parâmetro foi de 0,86 mg/L na amostra do ponto P09, no rio Jundiá, a 7,24 mg/L nas águas analisadas em P03, localizadas no rio

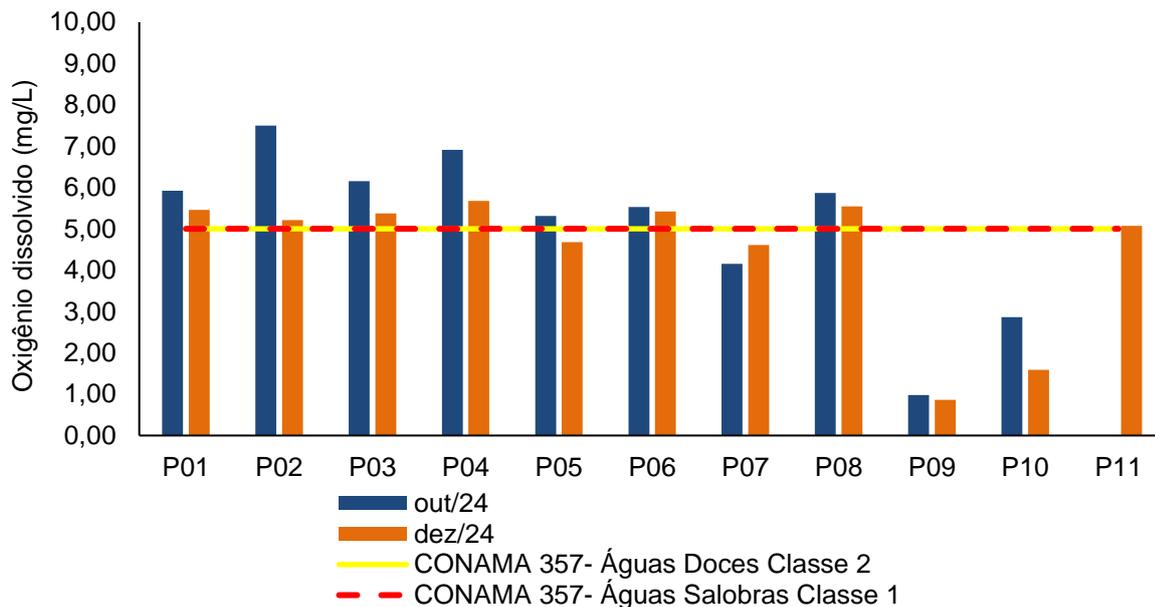
Macaé, após o centro de Lumiar (Figura 6-13). A amostra do ponto P10, situado na foz do rio das Ostras, apresentou um valor de OD de 1,59 mg/L, abaixo do estabelecido pela normativa de referência para Águas Salobras Classe 1 (>5,00 mg/L). Em relação à Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5,00 mg/L), as amostras dos pontos P05 (4,68 mg/L), P07 (4,61 mg/L), situados no rio Macaé, a montante e jusante da confluência com o rio São Pedro, respectivamente e do ponto P09 (0,86 mg/L), localizado no rio Jundiá, apresentaram valores abaixo do limite preconizado pela norma.

Salienta-se que as águas analisadas no rio Jundiá e na foz do rio das Ostras (P09 e P10) tanto no atual quadrimestre, quanto no anterior, apresentaram, nas duas campanhas, valores baixos para oxigênio dissolvido. No entanto, nas nona e décima campanhas os valores expressaram uma redução significativa fazendo com que esses pontos não apresentassem enquadramento na Resolução CONAMA 357/2005.

Com base nos resultados obtidos, e considerando que as amostras dos dois pontos supracitados são provenientes de corpos hídricos que recebem efluentes sanitários, e que esses, por sua vez, contêm uma alta carga de matéria orgânica, sugere-se que esse aporte de matéria orgânica no sistema levou ao aumento de DBO e como consequência, a redução de oxigênio dissolvido.

Destaca-se ainda que a estação amostral P09, localizada no rio Jundiá, no bairro Village, exibiu nas duas campanhas do quarto e quinto quadrimestre, uma quantidade elevada de plantas aquáticas, cujo registro pode ser verificado no Anexo 3. Desta forma, os resultados de OD e DBO obtidos podem ter uma associação com a presença dessas plantas, pois elas são utilizadas como indicadoras das alterações da qualidade hídrica (BHATTA; PATRA, 2020).

**Figura 6-13. Resultados de oxigênio dissolvido do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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).

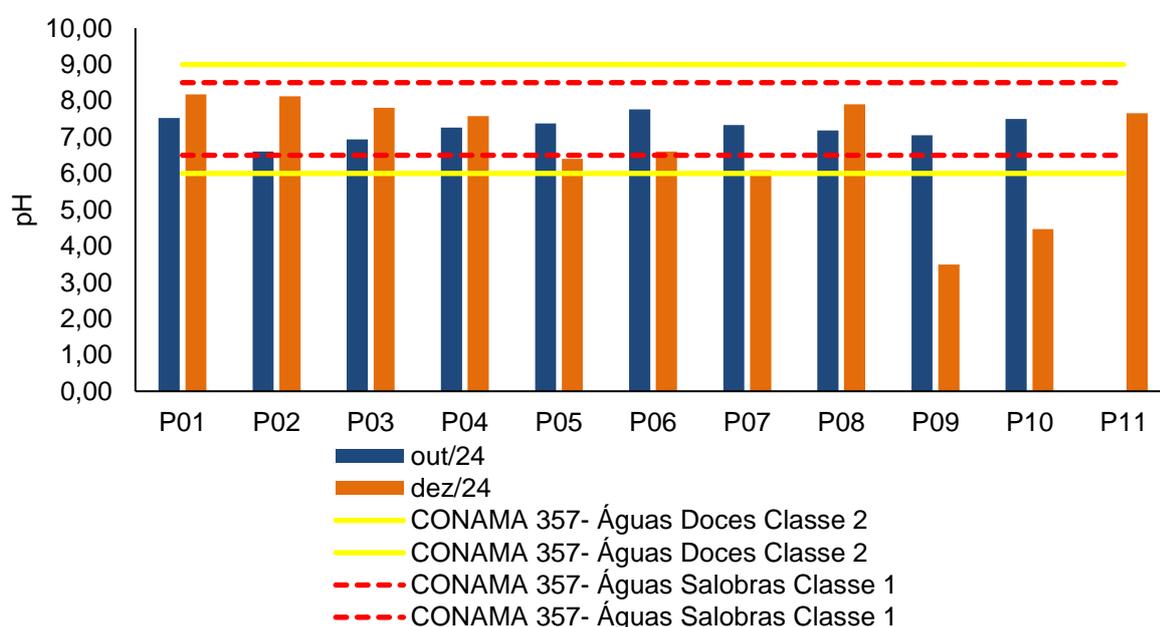
Na nona campanha de monitoramento, notou-se que os valores de pH detectados em todas as amostras analisadas ficaram dentro do valor estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6,00 e 9,00) e Águas Salobras Classe 1 (pH entre 6,50 e 8,50). A variação observada foi de 6,60 (P02, localizado no rio Macaé, antes do centro de Lumiar) a 7,76 (P06, localizado no rio São Pedro, próximo à estação Fluviométrica de Glicério).

Na décima campanha os valores de pH apresentaram uma variação bem maior, com um valor de pH de 3,49 (P09, ponto localizado no rio Jundiá) a 8,18 (P01, ponto situado na região de cabeceira do rio Macaé). As amostras de P01 a P07 (rio Macaé, a jusante da confluência com o rio São Pedro), e P11 (alto rio Macaé) apresentaram valores de pH dentro do estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe

2 (pH entre 6,00 e 9,00). A água analisada na foz do rio Macaé (P08) apresentou um valor de pH de 7,90, dentro do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Salobras Classe 1 (pH entre 6,50 e 8,50).

As estações amostrais de P09 (rio Jundiá) e P10 (foz do rio das Ostras), na última campanha, apresentaram valores de pH notadamente baixos, não sendo possível enquadrá-las na classificação estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6,00 e 9,00), no caso de P09, e Águas Salobras Classe 1 (pH entre 6,50 e 8,50), para P10 (Figura 6-14). Esses valores podem estar associados a um incremento recente no aporte de matéria orgânica no rio Jundiá (P09), o qual apresentou um menor valor de pH (3,49), altos valores de nitrogênio amoniacal (1,21 mg/L) e total (2,30 mg/L) e baixo valor de OD (0,86 mg/L). E como o rio Jundiá desemboca na foz do rio das Ostras (P10), que apesar de também apresentar uma depleção significativa de pH (4,47), encontra-se em um cenário melhor que P09, sugere que as condições insatisfatórias encontradas nesses corpos hídricos foram trazidas do rio Jundiá.

**Figura 6-14. Resultados de pH do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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 vista que as altas concentrações desse parâmetro podem impactar a biota através de sedimentação (CETESB, 2018).

Na nona campanha, foi observada uma variação de sólidos dissolvidos totais de 12,22 mg/L nas águas analisadas em P11 (localizadas no rio Macaé, na serra de Macaé de Cima, no Distrito de Mury) a 24.780,00 mg/L na amostra de P10 (Boca da Barra do rio das Ostras). Diante dos resultados obtidos, verificou-se que todas as amostras classificadas como águas doces (P01 até P07, e P11), apresentaram valores de sólidos dissolvidos totais em conformidade com o valor máximo descrito na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500,00 mg/L).

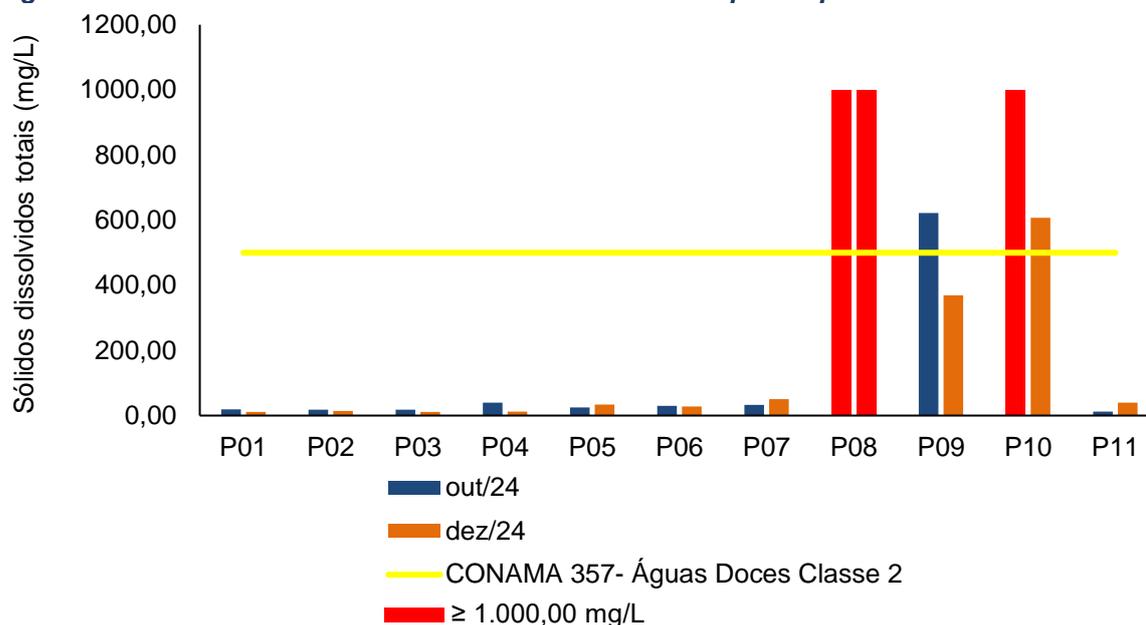
Na décima campanha, a variação desse parâmetro foi de 11,30 mg/L nas águas analisadas em P01 (região de cabeceira do rio Macaé) a 1.984,50 mg/L na amostra de P08 (próximo à foz do rio Macaé). Os resultados de sólidos dissolvidos totais, demonstram que as concentrações desse parâmetro estão em conformidade com a normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (500,00 mg/L).

Ressalta-se que para essa variável ambiental não existem valores de referência para águas salobras, o que inviabiliza a comparação dos resultados de P08 (foz do rio Macaé), P09 (rio Jundiá) e P10 (foz do rio das Ostras) na nona campanha, e P08 e P10, na décima campanha de monitoramento do quinto quadrimestre.

Os maiores valores de SDT, nas duas campanhas, ficaram concentrados nas amostras dos pontos P08, localizado na foz do rio Macaé, P09, situado no rio Jundiá, e P10, localizado na foz do rio das Ostras. Esses resultados apresentam um padrão esperado conforme a localização dos pontos (Figura 4-6), demonstrando a entrada da cunha salina. Os resultados apresentaram o mesmo padrão observado para condutividade (Figura 6-6). Isso acontece porque a condutividade é um parâmetro indicativo da quantidade de sais existentes na água, portanto, quanto mais sólidos dissolvidos, maior será a condutividade, logo, o aumento de ambos os parâmetros tende a ser proporcional (CETESB, 2018)

Por conta dos valores elevados de sólidos dissolvidos totais e a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados obtidos, comparando-os com os limites da Resolução supracitada, todos os valores iguais ou maiores que 1.000,00 mg/L foram representados, no gráfico, por uma coluna vermelha ( $\geq 1.000,00$  mg/L) (Figura 6-15).

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



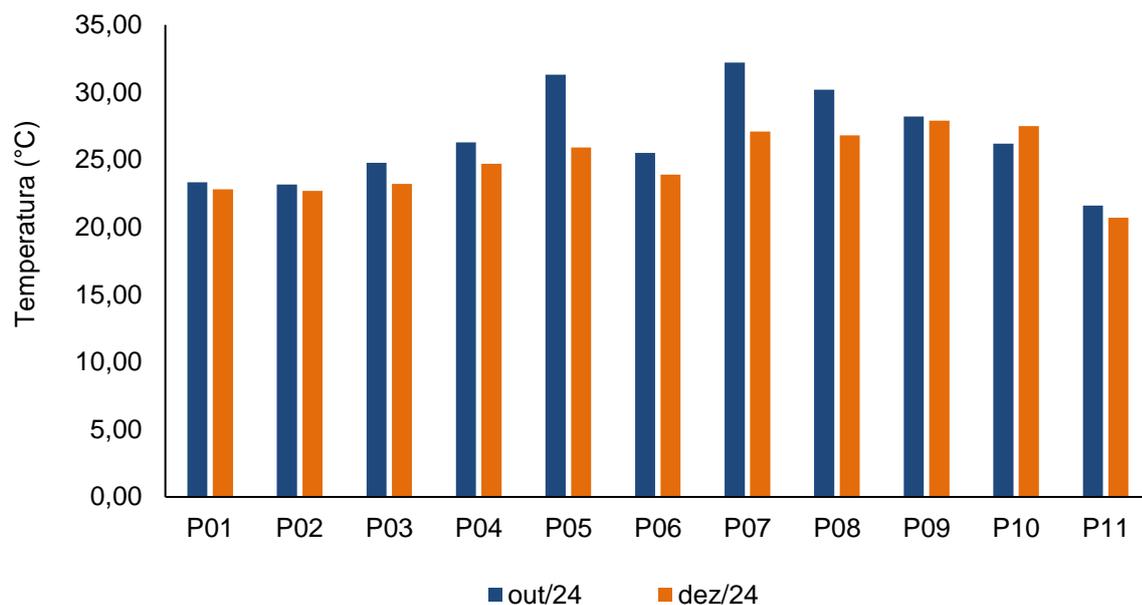
Fonte: Própria autoria.

### 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, 2018).

Os valores de temperatura da água da nona campanha variaram entre 21,60 °C na amostra de P11 (sub-bacia do alto rio Macaé) e 32,20 °C nas águas analisadas em P07 (sub-bacia do baixo rio Macaé) (Figura 6-16), com média de 26,61 °C. Na décima campanha, a média de temperatura foi de 24,84 °C e a variação foi de 20,7 °C nas águas analisadas em P11 a 27,9 °C na amostra de P09 (rio Jundiá).

**Figura 6-16. Resultados de temperatura do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

#### 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 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).

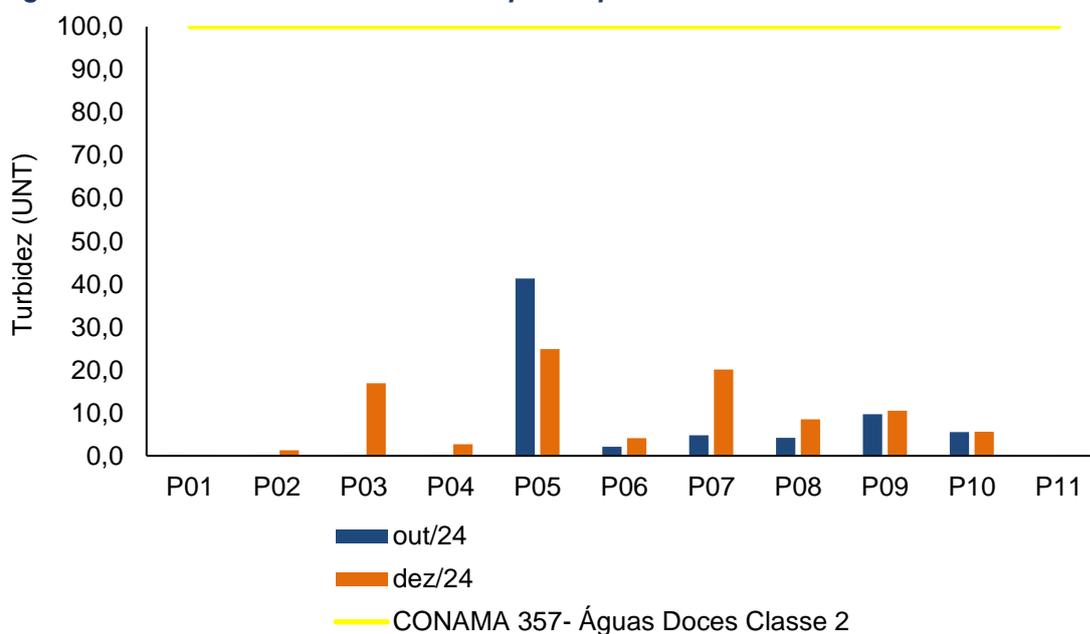
Na nona campanha foi observada variação no resultado de turbidez de <0,1 UNT nas águas analisadas em P01, P02, P03, P11, localizadas na sub-bacia do alto rio Macaé, e P04, sub-bacia do médio rio Macaé, a 41,3 UNT nas águas analisadas em P05 (rio Macaé, antes da confluência com rio São Pedro). Com base nos resultados apresentados dessa variável ambiental, nota-se que todas as amostras categorizadas como águas doces exibiram valores abaixo do limite preconizado na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT).

Na décima campanha, a variação no resultado desse parâmetro foi de <0,1 UNT nas águas analisadas em P01 e P11 (região de cabeceira do rio Macaé e região da serra

de Macaé de Cima, Distrito de Mury, respectivamente) a 24,9 UNT na amostra de P05 (rio Macaé, antes da confluência com rio São Pedro). Os valores detectados da turbidez nas amostras classificadas como águas doces, estão em consonância com o valor máximo descrito na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT).

Destaca-se que para águas salobras não existe um valor para turbidez na normativa de referência, o que impossibilita a comparação dos resultados encontrados nas amostras de P08 (foz do rio Macaé), P09 (rio Jundiá) e P10 (foz do rio das Ostras) na nona campanha, e P08 e P10 na décima (Figura 6-17).

**Figura 6-17. Resultados de turbidez do quinto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

## 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, já 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, nota-se que o teste de esfericidade de *Bartlett* apresentou valores significativos ( $p < 0,001$ ). Em relação ao teste de KMO, estudos também apontam valores acima de 0,5 como aceitáveis (WU *et al.* 2010; AL-MUTAIRI *et al.* 2014). Logo, como o valor obtido (0,485) foi muito próximo ao valor aceitável, e com base no tamanho da amostra de dados, optou-se por seguir com a análise fatorial. Salienta-se que os parâmetros cloro livre e total precisaram ser retirados da análise por não apresentarem variância.

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

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,485
Teste de esfericidade de Bartlett ( $X^2$ )	293
Graus de liberdade	91
Significância estatística (p valor)	<0,001

Fonte: Própria autoria.

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 31,28% e 17,68% da variação dos dados, totalizando 48,96%, que podem ser vistos na Figura 6-18. De acordo com a PCA é possível verificar a influência dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos na qualidade da água de acordo com a distribuição dos pontos.

Com base no quadrante superior direito, é possível observar que se formou um agrupamento entre os pontos P05 e P07, localizados na sub-bacia do baixo rio Macaé, das campanhas de monitoramento de outubro e dezembro, e P09 (rio Jundiá) de outubro, em que a distribuição deles foi influenciada pelas altas concentrações de coliformes totais, termotolerantes, turbidez e DBO.

Em relação à nona campanha (outubro), P09 (rio Jundiá) apresentou os maiores valores para coliformes totais (160.000 NMP/100 mL) e termotolerantes (92.000 NMP/100 mL), e P05 e P07 (rio Macaé, a montante e jusante da confluência com o rio São Pedro) também apresentaram resultados altos. Os valores de DBO detectados nas amostras de P05 (7,0 mg/L) e P07 (7,0 mg/L) apresentaram valores acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces de Classe 2 (5,0 mg/L). Para Águas Salobras Classe 1, não há um limite de referência estabelecido pela normativa previamente citada, dificultando a comparação do resultado para a amostra de P09 (9,0 mg/L), porém nota-se que é um valor elevado. Em relação à turbidez, P05 apresentou o maior valor na nona campanha, 41,3 UNT, seguido de P09 com 9,7 UNT.

Em relação à décima campanha (dezembro), P05 apresentou altos valores para coliformes termotolerantes (5.400 NMP/100 mL) e coliformes totais (9.200 NMP/100 mL). Os resultados de DBO nas amostras dos pontos P05 (9,0 mg/L) e P07 (8,0 mg/L), situados na sub-bacia do baixo rio Macaé, apresentaram valores que ultrapassaram o limite preconizado na legislação de referência para Águas Doces de Classe 2 (5 mg/L). Os valores de turbidez também foram altos para essas amostras: 25,9 UNT para P05; 20,1 UNT para P07 e 10,5 UNT para P09 (rio Jundiá), todas classificadas como águas doces nessa campanha, mas ainda assim estão em consonância com o valor máximo descrito na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT).

A alta concentração das bactérias coliformes totais e termotolerantes, turbidez e DBO indica um incremento no aporte de matéria orgânica, usualmente proveniente de efluentes sanitários não tratados, revelando uma contaminação hídrica. Os microrganismos utilizam oxigênio, no processo de decomposição, para metabolizar essa matéria orgânica, o que leva a um aumento de DBO e uma consequente redução na taxa de oxigênio dissolvido na água (CETESB, 2018).

Ademais, esse excesso de nutrientes pode ter contribuído para a proliferação de macrófitas observadas no ponto P09 (rio Jundiá) e apresentadas no Anexo 3. De acordo com a literatura, a presença exacerbada de macrófitas aquáticas está associada ao *input*

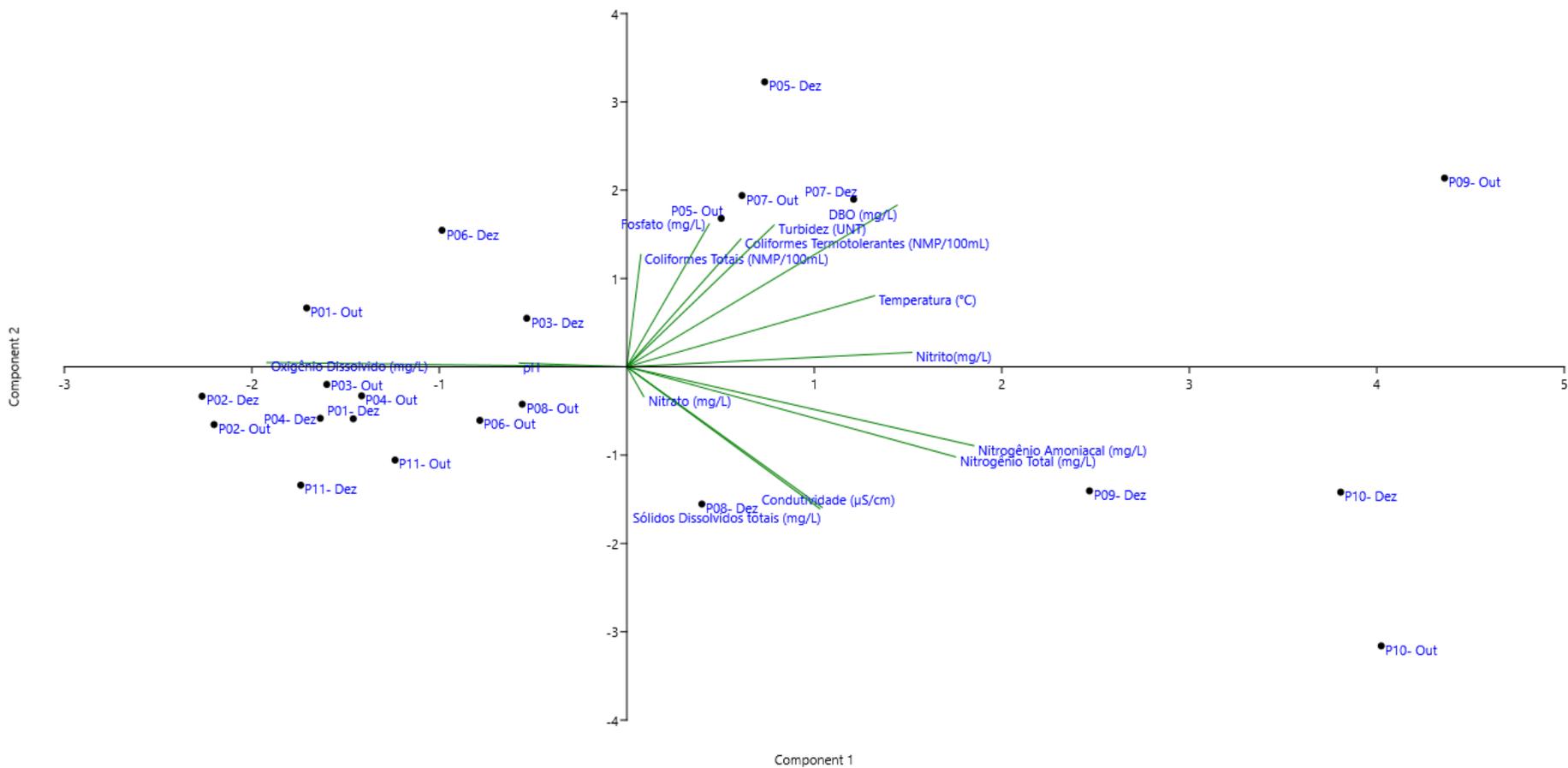
de nutrientes no corpo hídrico, resultando no aumento da turbidez e na redução do OD (PEREIRA, 2017; BAYDUM; DE OLIVEIRA; RAMALHO, 2018). Somado a isso, nota-se pelos registros fotográficos, que uma das margens do rio Jundiá já está totalmente exposta. Comparando as fotos da quarta campanha com as da sétima, vê-se uma movimentação de terra nessa margem. Além disso, foi observado recentemente (na décima campanha), um empreendimento às margens do rio Jundiá, o que impacta no carreamento de sedimentos, partículas e outros materiais suspensos para o rio.

Em contrapartida ao supracitado, observa-se uma oposição desses mesmos parâmetros (coliformes totais, termotolerantes, DBO e turbidez), no quadrante inferior esquerdo, em relação à amostra do ponto P11 (rio Macaé, na estrada de Macaé de Cima) nas campanhas de outubro e dezembro de 2024. Na nona campanha, P11 apresentou um valor de 49 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes, 5,0 mg/L de DBO e um resultado <0,1 UNT para turbidez. Na décima campanha, as águas analisadas em P11 apresentaram um resultado de 130 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes, 240 NMP/100 mL para totais, 4,0 mg/L de DBO e <0,1 UNT para turbidez.

Foi possível observar também que a distribuição dos pontos amostrais de P09 (rio Jundiá) e P10 (foz do rio das Ostras), nas campanhas de outubro e dezembro, foi influenciada pela alta concentração de nitrogênio amoniacal e total. Na nona campanha (outubro), P09 e P10 apresentaram os maiores valores de nitrogênio amoniacal (1,63 mg/L e 1,68 mg/L) e total (4 mg/L e 5,4 mg/L). O mesmo padrão foi observado na décima campanha, em que P09 e P10 apresentaram um resultado de 1,21 mg/L e 1,71 mg/L para nitrogênio amoniacal e 2,3 mg/L e 2,4 mg/L para o total.

Além disso, nota-se a relação entre a condutividade e os sólidos dissolvidos totais com a amostra P08 (próximo à foz do rio Macaé) da campanha de dezembro de 2024, o que se relaciona aos resultados elevados dessas variáveis ambientais nesse ponto amostral, classificado como água salobra na décima campanha.

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



Fonte: Própria autoria.

### 6.3 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os valores de IQA da nona campanha apresentaram resultados entre 31,16 e 80,27 nas estações amostrais situadas nos rios Jundiá (P09) e São Pedro (P06), respectivamente (Tabela 6-3).

As análises do IQA da nona campanha indicaram quatro estações amostrais classificadas como de qualidade boa (P02, no alto rio Macaé, P04, no médio rio Macaé, P06, no rio São Pedro e P11, no alto rio Macaé), quatro como média (P01, P03, ambas situadas no alto rio Macaé, P05 e P08, ambas localizadas no baixo rio Macaé) e três como ruim (P07, localizada no baixo rio Macaé, P09, no rio Jundiá e P10 na foz do rio das Ostras) (Tabela 6-3).

Com base nos resultados, as águas analisadas em P01 até P06, P08 e P11 são consideradas apropriadas para o tratamento convencional. Já as amostras de P07 (rio Macaé), P09 (rio Jundiá) e P10 (rio das Ostras) foram classificadas como impróprias para o tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.

Na décima campanha, o IQA exibiu resultados que variaram entre 40,39 (P09 - rio Jundiá) a 80,85 (P01 - rio Macaé) (Tabela 6-3). A partir dos resultados do IQA da décima campanha, três estações amostrais foram classificadas como de qualidade boa (P01, P03, situadas no alto rio Macaé e P04, no médio rio Macaé), seis como média (P02 e P11, no alto rio Macaé, e P05 a P08) e duas foram categorizadas como ruins (P09, no rio Jundiá e P10, na foz do rio das Ostras).

De acordo com a classificação do IQA da décima campanha, as amostras analisadas em P01 até P08, e P11 estão aptas para o tratamento convencional. Em contrapartida, as águas analisadas em P09 e P10 necessitam de tratamentos mais avançados, já que estão impróprias para o tratamento de água convencional visando o abastecimento público.

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

Estação	Cidade/Distrito	Corpo hídrico	IQA Out/204	IQA Dez/24	Média
P01	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	53,44	80,85	67,14
P02	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	74,52	66,61	70,57
P03	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	64,93	72,65	68,79
P04	Casimiro de Abreu	rio Macaé	79,72	70,67	75,20
P05	Macaé	rio Macaé	60,92	55,13	58,02
P06	Macaé/Glicério	rio São Pedro	80,27	55,65	67,96
P07	Macaé	rio Macaé	42,30	64,32	53,31
P08	Macaé/Barra	rio Macaé	64,84	54,43	59,63
P09	Rio das Ostras	rio Jundiá	31,16	40,39	35,77
P10	Rio das Ostras	rio das Ostras	48,01	47,25	47,63
P11	Nova Friburgo/Muri	rio Macaé	76,50	69,10	72,80
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

Fonte: Própria autoria.

Os resultados obtidos nas amostras classificadas como ruins na nona campanha (P07 – rio Macaé, P09 – rio Jundiá e P10 – foz do rio das Ostras) podem ter uma relação com os resultados das variáveis ambientais analisadas, que de maneira geral, exibiram valores elevados de coliformes totais e termotolerantes, DBO, turbidez, nitrogênio amoniacal e total, e aos valores baixos de OD.

Na décima campanha, o resultado do Índice de Qualidade da Água (IQA) dos pontos P09 e P10 permaneceram classificados como ruins, pois parâmetros com pesos altos no cálculo do IQA, como por exemplo, OD e pH, apresentaram resultados insatisfatórios. Isso pode ter contribuído para o resultado obtido, apesar da melhora em alguns parâmetros (como coliformes totais e termotolerantes).

Em relação ao novo ponto controle (P11 – rio Macaé, na estrada de Macaé de Cima), incluído no monitoramento a partir da oitava campanha de monitoramento do quarto quadrimestre, a amostra foi classificada como de qualidade boa na nona campanha do quinto quadrimestre, e média na décima. Essa diferença entre as campanhas pode estar associada a uma redução no parâmetro OD, que possui um dos maiores pesos no cálculo de IQA.

Ao comparar os valores do IQA obtidos no atual quadrimestre com o anterior, é nítida a melhoria desse corpo hídrico. O IQA do ponto P11 (ponto controle, situado no rio Macaé) passou de um índice de 56,50 na oitava campanha de monitoramento do quarto quadrimestre, para uma média de 72,80 no quadrimestre atual. Isso pode estar associado a uma melhora na concentração de fosfato, que havia sido alta na oitava campanha, e nas atuais, ou não foi detectado (nona campanha), ou exibiu um resultado menor que o limite de quantificação – LQ (décima campanha).

Segundo os boletins disponibilizados pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os valores do IQA reportados nas avaliações realizadas entre 2012 até 2022, apresentaram de forma majoritária, uma classificação mediana para o rio Macaé (INEA, 2023). Destaca-se que não foram apresentadas, no site do órgão ambiental, as informações do IQA dos anos de 2016 e 2021 para o rio Macaé. Quando equiparados aos resultados do presente estudo ambiental, nota-se que o ponto P05, localizado no baixo rio Macaé, antes da confluência com o rio São Pedro, se aproxima da estação amostral descrita nos relatórios do INEA. Nesse sentido, o valor médio do IQA do quinto quadrimestre foi de 58,02, indicando um IQA médio, corroborando com os resultados prévios e reforçando que o padrão de qualidade das águas, de maneira geral, se mantém.

Ademais, também é possível comparar os resultados da estação P06 do presente estudo ambiental (no rio São Pedro) com os dados disponíveis nos boletins do órgão ambiental. De acordo com os dados históricos, o IQA desse corpo hídrico, durante o período de dez anos, apresentou qualidade média (INEA, 2023). No quinto quadrimestre, o IQA para esse ponto amostral apresentou uma classificação boa (80,27) na nona campanha de monitoramento, e média (55,65) na décima.

Ainda nesse cenário, o rio das Ostras também é monitorado pelo INEA e apresenta resultados do IQA. Segundo o histórico, nos resultados de 2013 até 2022, os valores reportados mostram que o IQA de sete amostras foi categorizado como ruim e dois como médios. O ponto amostral P10 do presente estudo ambiental (no rio das Ostras), que mais se aproxima com a estação reportada pelo INEA, foi categorizado no quinto quadrimestre como ruim nas duas campanhas de monitoramento, o que indica as implicações de atividades antrópicas no corpo hídrico, como por exemplo, o aporte de efluentes sem tratamento, processos erosivos e o uso e ocupação irregular do solo no entorno.

Um estudo conduzido por Pinheiro (2008) avaliou o IQA em diferentes pontos da bacia do rio Macaé. Alguns pontos do estudo supracitado se aproximam dos pontos analisados no presente levantamento ambiental. Comparando o estudo de Pinheiro (2008)

com os do presente monitoramento, verificou-se que, com base no IQA médio do quinto quadrimestre, as águas analisadas em P01, situadas na sub-bacia do alto rio Macaé, apresentaram uma piora da sua qualidade, já que, de acordo com o estudo de Pinheiro, o IQA era classificado anteriormente como bom e no presente estudo foi considerado mediano, indicando a degradação hídrica desse ponto amostral.

Já nas águas analisadas em P02 (no rio Macaé, antes do centro de Lumiar) e P04 (rio Macaé, na localidade de Figueira Branca), a qualidade, de maneira geral, se manteve, pois tanto nos resultados obtidos por Pinheiro (2008), quanto no IQA médio do presente monitoramento ambiental, essas estações amostrais apresentaram uma classificação considerada boa. As amostras analisadas em P05 (no rio Macaé, antes da confluência com rio São Pedro) e P07 (no rio Macaé, depois da confluência com rio São Pedro), que segundo dados prévios foram classificadas como boas, apresentaram um IQA médio no quinto quadrimestre. De forma semelhante, a estação P08 (próxima à foz do rio Macaé), que apresentava um IQA classificado como médio e ruim no estudo supracitado, apresentou um IQA classificado como médio nas duas campanhas realizadas, demonstrando a necessidade de ações para a melhoria das águas do rio Macaé.

Os resultados do IQA médio do quinto quadrimestre, quando comparado ao estudo de Pinheiro (2008), reforçam a piora da qualidade hídrica em alguns pontos dos diferentes corpos hídricos monitorados.

Adicionalmente, destaca-se que o rio Jundiá, amostrado pelo P09, também é avaliado no Projeto de Estudos de Avaliação do IQA da bacia do rio das Ostras. De acordo com os dados pretéritos, o rio Jundiá exibe um IQA médio de 36,69, sendo classificado como ruim, o que foi evidenciado também no quinto quadrimestre de monitoramento, no qual o IQA médio foi 35,77. Diante dos resultados apresentados, como nos demais pontos de monitoramento, nota-se a degradação da qualidade do corpo hídrico supracitado.

Vale salientar que a análise do IQA envolve nove parâmetros, e não contempla, por exemplo, substâncias como produtos orgânicos, metais, agrotóxicos, entre outros compostos e/ou microrganismos que podem comprometer a qualidade de água (ANA, 2005). Entretanto, é um índice com alta aplicação no meio acadêmico e por órgãos ambientais do país para entender o cenário da contaminação ambiental proveniente de atividades antrópicas.

## 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).

Diante das observações verificadas em campo na nona campanha de monitoramento, as condições ambientais dos pontos amostrais variaram de boa a regular (Tabela 6-4), seguindo a metodologia descrita por Do Nascimento e colaboradores (2020). Salienta-se que nos pontos P01, P02 e P11 situados na sub-bacia do alto rio Macaé, P04, localizado na sub-bacia do médio rio Macaé e P10, situado na foz do rio das Ostras, foram somados os aspectos visuais de locais conservados e de ações antrópica, de acordo com o método proposto por Do Nascimento *et al.* (2020). Essa situação ocorreu somente na observação visual no item tipo de ocupação nas margens e proximidades.

De acordo com o explicitado previamente, foram desconsiderados os pontos P01, P02, P04, P10 e P11 para a análise, já que foram somados aspectos visuais e tal fator pode mascarar o resultado. Diante disso, de acordo com o observado pelo coletor durante a amostragem, considerando os pontos que não tiveram somatório dos aspectos, a melhor condição ambiental, na nona campanha, foi notada no entorno das estações amostrais de P03, situada no rio Macaé, após a confluência com o rio São Pedro e P06, localizada no rio São Pedro (Tabela 6-4).

Já o entorno do ponto P05, situado no rio Macaé, a montante da confluência com o rio São Pedro, apresentou uma pontuação com o pior cenário ambiental. Essa condição corrobora os resultados elevados de coliformes totais, DBO, nitrogênio total e turbidez.

**Tabela 6-4. Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à nona campanha de monitoramento.**

Parâmetro	Aspectos visuais			Pontos amostrais											
	3	2	1	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	
1	Tipos de ocupação nas margens e proximidades	Vegetação nativa	Pastagem Agricultura e Reflorestamento	Residencial Comercial e Industrial	3+1*	3+1*	1	3+2*	3	1	3	1	3	3+1*	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
3	Fontes pontuais de emissão de efluentes	Ausente	Emissão de esgoto doméstico	Emissão de efluentes de origem química industrial	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3
4	Resíduos Sólidos	Ausente	Pouco	Muito	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	Espumas	Ausente	Pouca	Muito	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	Odor da Água (exceto Mangue)	Ausente	Fraco	Forte	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
7	Turbidez da Água	Transparente	Turva / Cor de chá forte	Opaca ou colorida	3	3	3	3	2	3	2	3	2	2	3
8	Vegetação Aquática	Ausente	Presença de musgos obstruindo o rio	Macrófitas	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3
9	Proteção/Estrutura das Margens	Protegida	Pouco protegida	Sem proteção	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
10	Cobertura Vegetal Adjacente	Abundante	Esparsa	Ausente	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	3
11	Elementos de retenção no canal	Pedras, troncos e folhas	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente	3	3	3	3	1	3	1	1	3	1	3
12	Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa	Estável	Parcialmente estável	Instável	3	3	3	3	1	3	1	2	1	1	3
13	Sombreamento por vegetação	Total	Parcial	Ausente	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2
14	Uso por animais	Ausente	Pouco expressivo	Presente	3	3	3	3	1	3	2	3	3	3	1
<b>Total</b>					<b>40</b>	<b>39</b>	<b>36</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>38</b>

\* Em determinados pontos foram selecionados mais de um aspecto visual.  
Fonte: Própria autoria.

Na décima campanha, a avaliação visual realizada pelo coletor demonstrou que as condições do entorno dos pontos amostrais foram classificadas como boas a regulares (Tabela 6-5). Nos pontos P01, situado no alto rio Macaé, P04, localizado no médio rio Macaé, P10, na foz do rio das Ostras e P11, no rio Macaé, na estrada de Macaé de Cima, foram somados os aspectos visuais de ambientes preservados com indicativo de atividade antrópica, no primeiro item que faz referência aos tipos de ocupação das margens e proximidades.

Na décima campanha, notou-se que o resultado da melhor condição do entorno dos pontos amostrais foi diferente da observação feita na nona campanha, quando considerados somente os pontos que não tiveram somatório de fatores. O ponto P02, situado no rio Macaé, após a confluência com o córrego Santiago, apresentou o melhor cenário ambiental no entorno. Já o resultado para pior condição do entorno dos pontos amostrais manteve-se o mesmo nas duas campanhas do quinto quadrimestre, com o ponto P05, situado no rio Macaé, a montante da confluência com o rio São Pedro,

apresentando o pior cenário ambiental. Isso se relaciona com os resultados elevados de coliformes termotolerantes e totais, DBO e turbidez, e ao baixo valor de OD.

Cabe salientar que o somatório dos pontos dos aspectos visuais pode mascarar o real cenário ambiental na proximidade dos corpos hídricos monitorados (CAMPOS, NUCCI, 2021). Sendo assim, estes resultados devem ser observados de forma holística, considerando também as análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos e a aplicação do IQA, contempladas no presente estudo.

**Tabela 6-5. Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à décima campanha de monitoramento.**

Parâmetro	Aspectos visuais			Pontos amostrais											
	3	2	1	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	
1	Tipos de ocupação nas margens e proximidades	Vegetação nativa	Pastagem Agricultura e Reflorestamento	Residencial Comercial e Industrial	3+1*	3	1	3+2*	3	1	3	1	3	3+1*	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
3	Fontes pontuais de emissão de efluentes	Ausente	Emissão de esgoto doméstico	Emissão de efluentes de origem química industrial	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3
4	Resíduos Sólidos	Ausente	Pouco	Muito	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	Espumas	Ausente	Pouca	Muito	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	Odor da Água (exceto Mangue)	Ausente	Fraco	Forte	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
7	Turbidez da Água	Transparente	Turva / Cor de chá forte	Opaca ou colorida	3	3	3	2	2	3	2	3	2	2	3
8	Vegetação Aquática	Ausente	Presença de musgos obstruindo o rio	Macrófitas	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3
9	Proteção/Estrutura das Margens	Protegida	Pouco protegida	Sem proteção	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
10	Cobertura Vegetal Adjacente	Abundante	Esparsa	Ausente	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	3
11	Elementos de retenção no canal	Pedras, troncos e folhas	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente	3	3	3	3	1	3	1	1	3	1	3
12	Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa	Estável	Parcialmente estável	Instável	3	3	3	3	1	1	1	2	1	1	3
13	Sombreamento por vegetação	Total	Parcial	Ausente	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2
14	Uso por animais	Ausente	Pouco expressivo	Presente	3	3	3	3	1	3	2	3	3	3	1
<b>Total</b>					<b>40</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>38</b>

\* Em determinados pontos foram selecionados mais de um aspecto visual.

Fonte: Própria autoria.

## 7 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Com base nas informações apresentadas neste relatório, evidencia-se que as águas analisadas nos diferentes pontos ao longo da bacia do rio Macaé estão associadas a atividades antrópicas.

Os resultados do quinto quadrimestre indicam que as variáveis ambientais, como cloro total, cloro livre, nitrato, nitrito, sólidos dissolvidos totais e turbidez, apresentaram valores que estão em consonância com a Resolução CONAMA 357/2005. Em contrapartida, os valores registrados de coliformes termotolerantes, DBO, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, OD e pH, em determinadas amostras, excederam o limite estabelecido para a normativa de referência para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1, ou não apresentaram enquadramento.

Outro aspecto importante foram os valores elevados de coliformes totais e termotolerantes detectados na maioria das amostras, o que reforça o aporte de efluente sanitário nas águas dos corpos hídricos avaliados.

É importante destacar que em relação ao P11 (ponto controle, situado no alto rio Macaé, na estrada de Macaé de Cima), houve melhora na concentração de fosfato que havia sido alta na oitava campanha, e nas atuais ou não foi detectado (nona campanha), ou exibiu um resultado menor que o limite de quantificação – LQ (décima campanha), configurando um aporte pontual desse nutriente. A consequência disso foi aumento no IQA que passou de 56,50 na oitava campanha de monitoramento do quarto quadrimestre, para uma média de 72,80 no quadrimestre atual. Isso evidencia a importância da continuidade do monitoramento ambiental a fim de estabelecer essas associações e avaliar regularmente a qualidade dos corpos hídricos.

O menor valor do IQA na nona campanha foi obtido na amostra do ponto P09, situada no rio Jundiá, classificada como de qualidade ruim, o que pode ter uma associação com os resultados elevados de coliformes termotolerantes e totais, DBO, nitrogênio amoniacal, SDT, turbidez, e baixas concentrações de OD, condições refletidas também no cenário ambiental do entorno, conforme verificado na avaliação visual. Na décima campanha o padrão se manteve, e o pior valor do IQA continuou sendo o das águas analisadas em P09, classificado como ruim. Esses resultados corroboram os valores observados em parâmetros como oxigênio dissolvido e pH, que foram críticos para essa estação amostral no atual quadrimestre e evidencia a condição de degradação que o rio

Jundiá vem apresentando devido ao impacto antrópico. Todo esse cenário reforça a necessidade do monitoramento ambiental.

No que diz respeito à salinidade, as águas das estações P08 e P10, localizadas na foz do rio Macaé e do rio das Ostras, respectivamente, são mais afetadas pela cunha salina. Como resultado, outros parâmetros, como pH e turbidez, podem ser impactados pela salinidade.

Por fim, salienta-se a importância da continuidade do monitoramento ambiental realizado para a compreensão dos padrões de sazonalidade dos resultados. Ademais, as informações levantadas poderão auxiliar no entendimento da influência da salinidade no enquadramento dos diferentes rios avaliados.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA- ANA. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. - Brasília: ANA, SPR, 2005.

AL-MUTAIRI, N. *et al.* Spatial and temporal characterizations of water quality in Kuwait Bay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 83, n. 1, p. 127-131, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.04.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X14002124>. Acesso em 20 mai. 2024.

ALVARADO, Juan José; AGUILAR, José Francisco. Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, v. 57, p. 19-29, 2009. Disponível em: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442009000500005](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000500005). Acesso em 16 jan. 2024.

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

BAYDUM, Valderice Pereira Alves; DE OLIVEIRA, Fábio Henrique Portella Corrêa; RAMALHO, Waldemir Pimentel. Presença de macrófitas em reservatórios de abastecimento e implicações no tratamento de água. **Revista DAE**, v. 66, n. 210, p. 17-23, 2018. Disponível em: <https://www.revistadae.com.br/site/artigo/1716-Presenca-de-macrofitas-em-reservatorios-de-abastecimento-e-implicacoes-no-tratamento-de-agua->. Acesso em 17 set. 2024

BIZZO, Myrella Rodrigues de Oliveira; MENEZES, Juliana; DE ANDRADE, Sandra Fernandes. Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais- CADEGEO**, v.04, n.01, p.05-13, 2014. Disponível em: <http://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/view/20/19>. Acesso em 05 set. 2023.

BHATTA, Kalpita; PATRA, Hemant Kumar. A review on aquatic macrophytes as bio indicators of Water Quality of Lakes. **Ecology Environment and Conservation**, v. 26, n. 3, p. 1158-1161, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/360513809\\_A\\_review\\_on\\_aquatic\\_macrophytes\\_as\\_bio\\_indicators\\_of\\_Water\\_Quality\\_of\\_Lakes](https://www.researchgate.net/publication/360513809_A_review_on_aquatic_macrophytes_as_bio_indicators_of_Water_Quality_of_Lakes). Acesso em: 02 set. 2024.

BRASIL. **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 de março de 2005; Brasília, Distrito Federal.

CALLISTO, Marco. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 14, n. 1., 8 p. 91-98, 2002. Disponível em: <https://jbb.ibict.br/bitstream/1/708/1/Callisto%20et%20al..pdf>. Acesso em 13 set. 2023.

CAMPOS, Janaina Cassia; NUCCI, João Carlos. Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) como ferramenta de monitoramento ambiental. **GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 21, p. 121-138, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.17127/got/2021.21.005>. Disponível em: <http://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/view/2021.21.005>. Acesso em 15 jan. 2024

CARBINATTI, Camilla. **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.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS - CBH Macaé Ostras. **Bacia Hidrográfica**. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/a-bacia/>. Acesso em: 30. mar. 2023

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. São Paulo: CETESB, 2018. 52f. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 30 set. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/fle/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 30 set. 2023.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS- CERHI-RJ. **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. Diário Oficial do Rio de Janeiro, 2013.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS SÃO JOÃO -CILSJ. **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.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS SÃO JOÃO -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.

COSTA, Rafael Nogueira; FARIAS, F. M. Monitoramento do Rio Macaé com base na participação das Escolas Públicas: uma ação para a sustentabilidade. **Visões**, v. 4, p. 43-54, 2008. Disponível em: [https://www.fsma.edu.br/visoes/edicoes-anteriores/docs/4/4ed\\_Monitoramento\\_do\\_Rio\\_Macaé\\_Rafael\\_Maria.pdf](https://www.fsma.edu.br/visoes/edicoes-anteriores/docs/4/4ed_Monitoramento_do_Rio_Macaé_Rafael_Maria.pdf). Acesso em: 15 jan. 2024.

DO NASCIMENTO, Fabricio Holanda *et al.* 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**, v. 21, n. 73, p. 492–505, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG217349673>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/49673>. Acesso em: 07 set. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual para formação e capacitação de grupos comunitários em metodologias participativas de monitoramento da qualidade da água**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará- 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900819/manual-para-formacao-e-capacitacao-de-grupos-comunitarios-em-metodologias-participativas-de-monitoramento-da-qualidade-da-agua---modulo-iii-avaliacao-fisico-quimica>. Acesso em: 16 fev. 2024.

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

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FREITAS, Fernanda *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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016153707>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/T9HjjpmnKVRfXDS8k7M8Drp/?lang=pt>. Acesso em 15 de fev. 2024.

FREITAS, Leonardo Esteve de. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. 1. ed. Rio de Janeiro: Nova Tríade do Brasil, 2015. Disponível em: <https://macae.rj.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1460067952.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.

GOMES, Maria Laura Monnerat. Ocupação urbana de Rio das Ostras: elementos definidores e os impactos nos recursos hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 3, n. 2, p. 145-162, 2009. Disponível em: [//editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20090018](http://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20090018). Acesso em: 15 fev. 2024.

HANNAFORD, Morgan J. *et al.* Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, n.

4, p. 853-860, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2307/1468176>. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.2307/1468176>. Acesso em: 15 fev. 2024.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. **Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras**. Relatório Síntese. 197p. Rio de Janeiro, 2014a. Disponível em: [https://cbhmacae.eco.br/plano\\_de\\_bacia/rsf-relatorio-sintese-do-plano-de-recursos-hidricos-macaeostras/](https://cbhmacae.eco.br/plano_de_bacia/rsf-relatorio-sintese-do-plano-de-recursos-hidricos-macaeostras/). Acesso em: 24 set. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - INEA. **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 jun. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. **IQA Médio: RH VIII - Macaé e das Ostras**. Rio de Janeiro: INEA, 2023. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/INEA-IQA-M%C3%A9dia-RH-VIII-2012-2022.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados meteorológicos**. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 setembro 2023.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatologia: com un estúdio de los climas de la tierra**. México: Ed. Fondo de Cultura Econômica; 1948. 479p.

MEDEIROS, Luciana de Castro. **Avaliação do risco à saúde humana pela exposição aos subprodutos da cloração da água do sistema de abastecimento público**. 2019. 110f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte. 2019.

OLINTO, Maria Teresa Anselmo. In: KAC, Gilberto *et al.* orgs. **Epidemiologia nutricional**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz/Editora Atheneu, p. 213-25, 2007. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788575413203>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/rrw5w>. Acesso em 15 jan. 2024.

PEREIRA, Mariana Brauner. **Influência da cobertura de macrófitas aquáticas flutuantes em emissões de metano em um lago mesoeutrófico**. 2017. 52f. Dissertação. (Mestrado em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Rio Grande, Rio Grande do Sul. 2017.

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. Disponível em: [https://www.academia.edu/5929765/O\\_Uso\\_de\\_Cloro\\_na\\_Desinfec%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_%C3%81guas\\_a\\_Forma%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Trihalometanos\\_e\\_os\\_Riscos\\_Potenciais\\_%C3%A0\\_Sa%C3%BAde\\_P%C3%BAblica\\_Chlorine\\_Use\\_in\\_Water\\_Disinfection\\_Trihalomethane\\_Formation\\_and\\_Potential\\_Risks\\_to\\_Public\\_Health](https://www.academia.edu/5929765/O_Uso_de_Cloro_na_Desinfec%C3%A7%C3%A3o_de_%C3%81guas_a_Forma%C3%A7%C3%A3o_de_Trihalometanos_e_os_Riscos_Potenciais_%C3%A0_Sa%C3%BAde_P%C3%BAblica_Chlorine_Use_in_Water_Disinfection_Trihalomethane_Formation_and_Potential_Risks_to_Public_Health). Acesso em 03 out. 2023.

PINHEIRO, Marina Rodrigues de Carvalhes. **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.** 2008. 151f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. 2008.

PRADO, Bruna Queiroz de Melo *et al.* Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 407-413, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016147040>. Acesso em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7X3f79MpyfKs5FMv3pWwQbT/?lang=pt#>. Disponível em: 15 fev. 2024.

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

SILVA, Alícia de Almeida; DA FRANCA, Rafael Rodrigues. IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE EPISÓDIOS DE CHUVA EXTREMA NO DISTRITO FEDERAL–PERÍODO 1990-2019. **Revista Espaço e Geografia**, v. 24, n. 2, p. 134: 153-134: 153, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26512/2236-56562021e40271>. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/40271>. Acesso em: 30 ago. 2024.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 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, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 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, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 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, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 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, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 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, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 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, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 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, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 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, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 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, 2017.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Limnologia**. Tundisi, T.M. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

VON-SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidades das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.

WU, Mei-Lin *et al.* Identification of coastal water quality by statistical analysis methods in Daya Bay, South China Sea. **Marine pollution bulletin**, v. 60, n. 6, p. 852-860, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.01.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X1000010X>. Acesso em 20 mai. 2024.

## **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