

Relatório Técnico Parcial IX

Revisão 01

Referência: Dezembro de 2023 e Fevereiro de 2024

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger*	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* viviane@oceanus.bio.br	CREA/RS n° 195090
Silvia Lisboa de Araujo**	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos projetos@oceanus.bio.br	CRBio n° 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br	CRQ/RJ n° 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br	CRBio n° 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br	CRBio n° 78165/02-D
Rafaela dos Santos Costa**	Dra. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, graduada em Ciências Biológicas projetos04@oceanus.bio.br	-
Roberta Guarany Oberlaender	Mestre em Planejamento Ambiental, graduada em Ciências Biológicas projetos01@oceanus.bio.br	CRBio n° 96578/02-D-
Debora Costa	Supervisora de Logística deboracosta@oceanus.bio.br	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem coletas02@oceanus.bio.br	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).

**Principais contatos de comunicação.

Centro de Biologia Experimental Oceanus
Rua Aristides Lobo, 46/48
Rio Comprido – Rio de Janeiro/RJ
Telefone: (21) 2567-3871
www.oceanus.bio.br

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio- Lagos São João
00	19/03/2024	Emissão original	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
01	11/04/2024	Revisão	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	

Índice Geral

1	Introdução	5
2	Objetivo geral	6
3	Objetivos específicos	6
4	Áreas de estudo	7
4.1	Rio Iriri	8
4.2	Rio Jundiá	9
4.3	Valão das Corujas	10
4.4	Rio das Ostras	11
4.5	Pontos amostrais	12
5	Metodologia	14
5.1	Análise dos Resultados	17
5.1.1	Índice de Qualidade de Água (IQA)	18
5.1.2	Análises estatísticas	21
6	Resultados e discussão	22
6.1	Análise físico-química e biológica	22
6.1.1	Precipitação	22
6.1.2	Temperatura	24
6.1.3	Salinidade	25
6.1.4	Condutividade	27
6.1.5	Sólidos totais	28
6.1.6	Sólidos dissolvidos totais	30
6.1.7	Turbidez	32
6.1.8	pH	33
6.1.9	Oxigênio dissolvido	34
6.1.10	DBO	36
6.1.11	Fósforo total	37
6.1.12	Fosfato	39
6.1.13	Nitrogênio total	40
6.1.14	Nitrato	41
6.1.15	Coliformes termotolerantes	43
7	Diagnóstico das campanhas de agosto e outubro	45
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA)	47
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA)	51
8	Observações gerais	56
	Referências	58
	Anexos	64

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 para auxiliar no processo decisório da gestão ambiental. Nesse sentido, o monitoramento ambiental com ênfase na qualidade hídrica, é fundamental, visto que esse recurso é essencial para a vida humana, e usos diversos, tais como abastecimento público, irrigação, recreação entre outros (OLIVEIRA *et al.* 2017).

Ainda nesse contexto, a utilização de indicadores de qualidade de águas é pautada em variáveis provenientes de fontes naturais ou antrópicas (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Um exemplo é o Índice de Qualidade de Água (IQA), que apresenta um método integrador, onde a qualidade do recurso hídrico é um resultado numérico, comparável a uma escala pré-estabelecida (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003; ANA, 2023).

Além do IQA, a medição de determinadas variáveis químicas e físicas pode auxiliar na compreensão da caracterização do corpo hídrico. A condutividade, por exemplo, apresenta uma influência da temperatura e das concentrações iônicas disponíveis, e por esses fatores, demonstra uma forma indireta de medição de poluentes (CETESB, 2014). Já a salinidade refere-se aos íons inorgânicos que são dissolvidos em água (CAÑEDO-ARGUELLES *et al.* 2013). Em rios brasileiros, verifica-se o aumento desse parâmetro em detrimento da redução da vazão em ambientes aquáticos naturais, e caso seja observada uma elevação dessa salinidade, pode impactar a biodiversidade e comprometer serviços ecossistêmicos (CAÑEDO-ARGUELLES *et al.* 2013; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2022).

A realização desse monitoramento fundamenta-se já que tecnicamente há poucos estudos realizados quanto à análise de água do rio das Ostras, portanto o presente projeto contribui para o estabelecimento de diagnóstico da qualidade da água ao utilizar parâmetros indicadores (biológicos, físicos e químicos) padronizados por entidades especializadas com metodologia específica, que servirá de informação para qualquer ação de gerenciamento, proteção ou de recuperação de um sistema hídrico.

A partir do monitoramento realizado, os dados obtidos servirão como importante instrumento de gestão, capaz de complementar informações de bancos de dados da qualidade hídrica da Bacia do Rio das Ostras, subsidiando planejamento e execuções de medidas de mitigação e remediação, bem como ações de educação e sensibilização ambiental dos órgãos competentes.

Diante do exposto, o monitoramento da qualidade das águas da Bacia de Rio das Ostras tem como finalidade realizar o diagnóstico da situação atual da qualidade da água da região, fornecendo informações para o Comitê de Bacia a fim de propor medidas que visem à operação e ao uso sustentável dos recursos hídricos da região.

2 Objetivo geral

Analisar, monitorar e diagnosticar a qualidade da água com disposição para agregar informações aos bancos de dados da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras.

3 Objetivos específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Realizar campanhas de monitoramento;
- Reunir e organizar os dados brutos levantados durante o período de monitoramento em planilhas, de acordo com o previsto no escopo do projeto;
- Analisar as amostras e elaborar Relatórios Técnicos referentes às campanhas e compará-los com a legislação vigente;
- Elaborar relatório com análises estatísticas com a finalidade de caracterizar o Diagnóstico da Qualidade das Águas na Bacia de Rio das Ostras;
- Apresentar os resultados obtidos no monitoramento ao Comitê de Bacias Hidrográficas dos rios Macaé e das Ostras (CBH Macaé).

4 Áreas de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras faz parte da Região Hidrográfica VIII (RH VIII), possui 157 Km² de área, em que 92,5% pertencem ao município de Rio das Ostras e 7,5% ao município de Casimiro de Abreu. A bacia está localizada entre as coordenadas paralelas 22°20' e 22°35' Sul e os meridianos 41°45' e 42°05' Oeste, abrangendo a região conhecida como as baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, localizando-se na faixa costeira central-norte do Estado. Apresenta suas nascentes no complexo de serras isoladas, situadas na região de Cantagalo (JARDIM, 2020). É caracterizada por ter várias áreas de inundações e grande influência de marés sobre o rio, com entrada salina até o trecho em que o Valão das Corujas desemboca na foz do rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). Ao longo da bacia são observadas pastagens, alagados e uma área de manguezal protegida por regulamentações estaduais e federais (BARROSO, 2016).

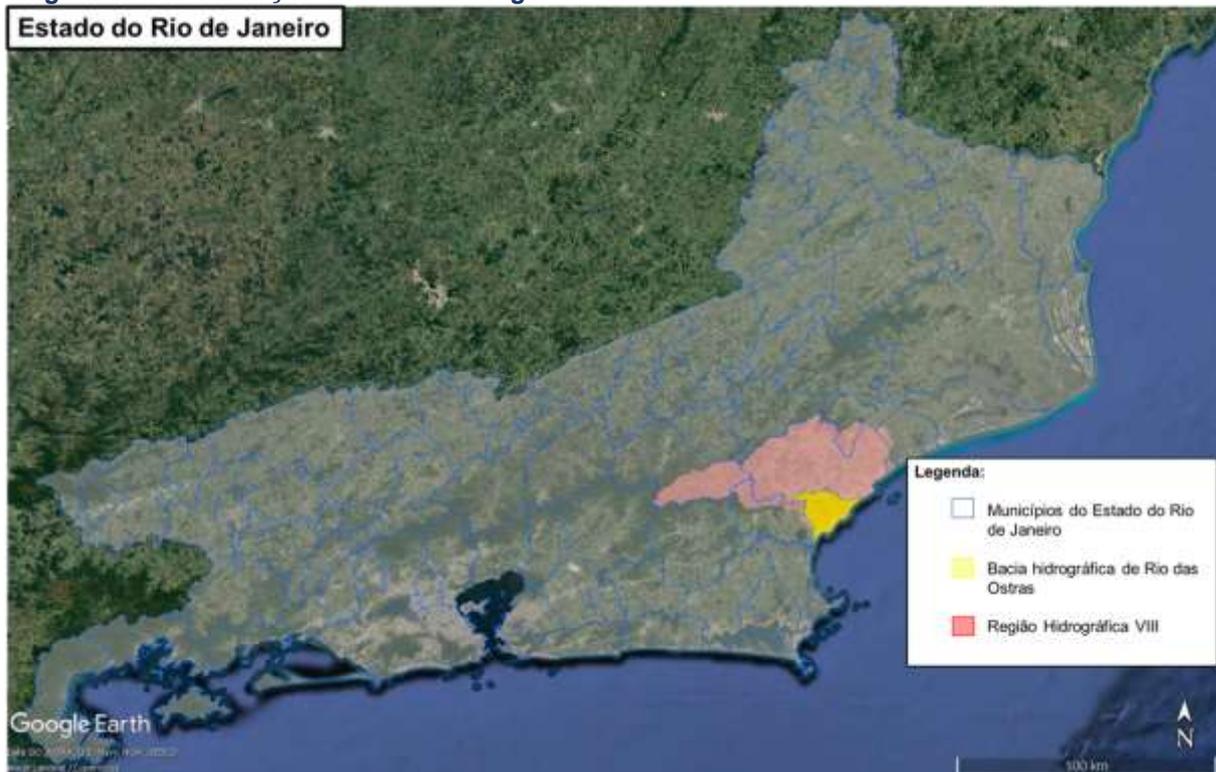
Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, há a ocorrência de duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm) e épocas mais secas de maio a setembro (médias mensais inferiores a 50 mm). Esse regime climático atua diretamente nas características hidrodinâmicas dos rios da região, constituindo elementos de análise importantes para o entendimento do regime fluvial nos diferentes tipos de rios na região hidrográfica (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

De acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), a RH Macaé e das Ostras apresenta clima tropical úmido (Aw) nas porções dos médios e baixos cursos dos seus rios, e clima tropical de altitude com verões quentes (Cwa) na porção dos altos cursos do rio Macaé e de seus afluentes pela margem esquerda. O levantamento prévio realizado para a região apresenta uma temperatura média anual de 23,2 C na parte baixa da RH e 18,1 C na parte alta da RH (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Essa região hidrográfica se confronta a oeste com a bacia do rio São João, ao norte com a bacia do rio Macaé e a leste com a bacia da lagoa Imboassica e tem uma área de drenagem de 77 Km² (Figura 4-1).

O rio das Ostras é um corpo hídrico meandrante, formado pela confluência dos rios Iriri (porção oeste) e Jundiá (porção leste) e percorre, aproximadamente, no sentido noroeste-sudeste, 30 km até sua foz, na Boca da Barra. Em sua foz há intensa modificação do curso original, uma vez que passa por trecho com alto grau de urbanização, com a presença de áreas de várzea e mangue aterradas e grandes trechos retificados (GOMES,2009).

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



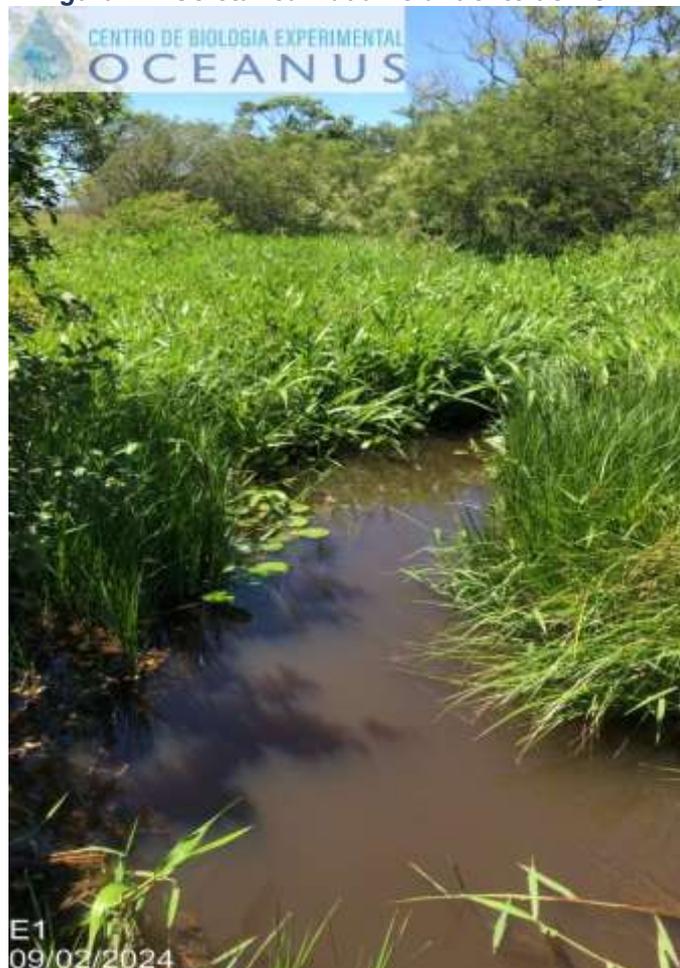
4.1 Rio Iriri

O rio Iriri possui cerca de 9,3 km de comprimento e nasce em altitudes superiores a 300 m entre as serras de Jundiá, Seca e Careta. Esse rio ocupa a maior parte da região oeste da bacia hidrográfica do rio das Ostras e fica localizado na zona rural e em áreas de potencial expansão urbana (PRIOSTE, 2007; JARDIM, 2020). No núcleo urbano, o rio Iriri tem mostrado sinais de degradação, como em Rocha Leão, em que apresenta leito arenoso e margens erodidas sem proteção. Cabe salientar que, por conta de atividades de pecuária e agricultura, alguns trechos do rio foram

retificados e houve a remoção de partes da mata ciliar (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS, 2004).

Os rios Iriri e Jundiá são os dois principais afluentes do rio das Ostras. No ponto em que se unem, na Zona de Expansão Urbana nas proximidades do loteamento Chácara Mariléa e a localidade Nova Cidade, nas margens esquerda e direita, respectivamente, o leito do rio é bastante assoreado, de fundo lodoso e com um canal central em forma de “V” com mais de 2 m de profundidade. Nesse local há mangue bem desenvolvido e marca o início de Rio das Ostras (Figura 4-2).

Figura 4-2 Coleta realizada no afluente do rio Iriri.



4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude. Com características bem diferentes do rio Iriri, o rio Jundiá apresenta leito pedregoso e águas claras. Entretanto, esse rio apresenta as

margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão (Figura 4-3). Em torno desse rio existem problemas associados à ocupação irregular, despejo irregular de esgoto e lixo. Em determinados trechos do rio, a vegetação foi removida para atividades de pecuária, agricultura e moradias (GOMES, 2009).

Figura 4-3 Coleta realizada no rio Jundiá.

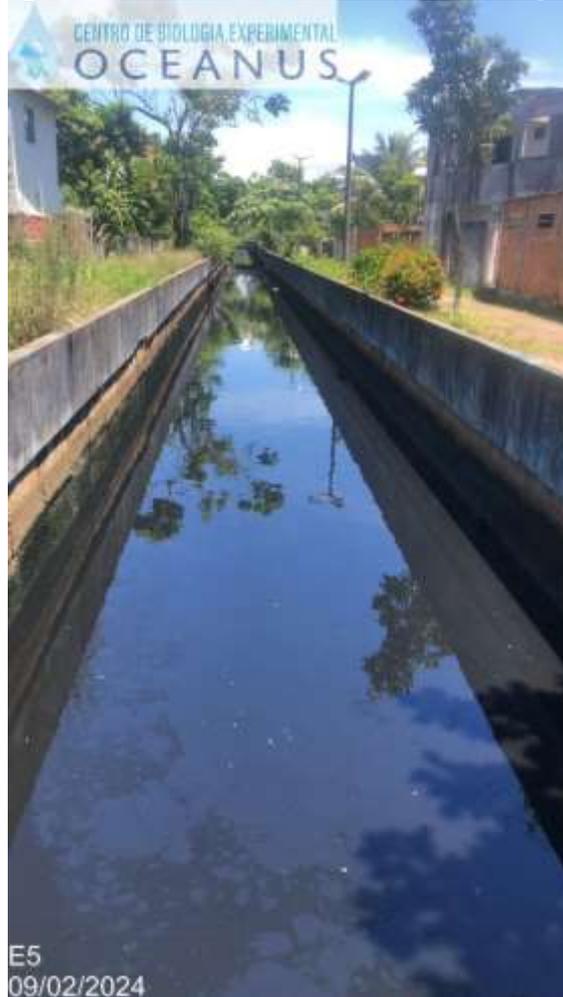


4.3 Valão das Corujas

O Valão das Corujas é originalmente uma planície embrejada, com parte parcialmente aterrada, onde no centro foi aberto um canal artificial para desaguar no rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). O valão (canal) apresenta 5 m de largura e pequena profundidade com baixa energia. O canal se caracteriza como área deposicional de areias e argilas, e, principalmente, material antrópico de diversos matizes, o que acarreta seu assoreamento. Com grau de degradação avançada, o canal apresenta

histórico de ocorrência de extravasamentos, o que gera riscos à população da região (Figura 4-4). Problemas com odores, poluição e enchentes são verificados na população que mora em torno desse valão (PRIOSTE, 2007).

Figura 4-4 Coleta realizada Valão das Corujas.



4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras nasce da confluência entre os rios Iriri e Jundiá, possui 77 km² de área de drenagem e percorre cerca de 30 km no sentido noroeste-sudeste até a sua foz junto à Boca da Barra. O curso hídrico possui influência antrópica, principalmente na sua foz, que possui margens estreitas (10 m) e profundidade de 30 cm na maré baixa (Figura 4-5).

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 esses efeitos de remanso podem chegar a 6 km a partir da foz.

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

Figura 4-5 Coleta realizada no rio das Ostras.



4.5 Pontos amostrais

Foram coletadas amostras de água superficial em 7 (sete) pontos distintos na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras, conforme o Quadro 4-1 e a Figura 4-6, como destacado no Termo de Referência.

Devido a uma manutenção da ponte que fica no entorno do ponto 7, essa estação amostral precisou ser realocada, conforme consta na cadeia de custódia (ANEXO 4).

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

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Largura (Termo de Referência) (m)	Profundidade (agosto) (m)	Profundidade (outubro) (m)
		E	N			
E1	Rio Iriri, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	195528	7511037	8	0,98	0,37
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,37	0,95
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá	197047	7508962	20	1,75	2,50
E4	Rio Iriri, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,23	1,15
E5	Valão das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	5	0,81	0,74
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas	197705	7507689	25	1,80	1,60
E7*	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,60	0,57

Legenda: *Ponto E7 realocado..

Figura 4-6. Localização dos pontos de coleta para monitoramento e as coordenadas em UTM.



5 Metodologia

As campanhas do quarto quadrimestre foram realizadas nos dias 13/12/2023 e 09/02/2024, 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 aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA nº 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações destinadas a cada local onde foram realizadas as amostragens, em observância às Normas Regulamentadoras – NR 6 (Equipamento de Proteção Individual – EPI) e NR 17 (Ergonomia).

A localização dos pontos foi realizada a partir das informações fornecidas pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João, e o registro fotográfico de cada localidade

pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com o uso de um balde de plástico e os parâmetros físico-químicos da água como condutividade, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura da água e do ar, turbidez e condutividade foram obtidos *in situ*, com o auxílio de uma sonda multiparâmetros (MPM 012 HANNA HI98194) previamente calibrada, como ilustrado na Figura 5-1.

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



A fim de minimizar os riscos de contaminação das amostras, os equipamentos utilizados durante o processo foram desinfetados com álcool 70%. As amostras foram preservadas com os reagentes específicos, conforme recomendado pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 23rd ed., 2017) e o Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras (CETESB; ANA, 2011), e mantidas sob refrigeração de $< 5^{\circ}\text{C}$ até a entrega ao laboratório.

Finalizadas as coletas, as amostras foram enviadas ao laboratório para análise. Para o controle, identidade e integridade das amostras em todas as etapas do processo, foram utilizadas Cadeias de Custódia (ANEXO 4).

Ao todo foram analisados 11 (onze) parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial em todos os pontos de amostragem na coleta realizada em agosto e na coleta realizada em outubro foram avaliadas 14

(quatorze) variáveis ambientais, conforme o Quadro 5-1, cujos laudos laboratoriais podem ser encontrados no ANEXO 5.

Quadro 5-1 - Parâmetros da qualidade da água analisados nos pontos de coleta em diferentes profundidades.

Parâmetros a serem analisados	Profundidade a ser coletada em todos os pontos amostrais	
	Superfície	Fundo
DBO - 5 dias	X	
pH	X	
Fósforo Total	X	
Fosfato	X	
Coliformes termotolerantes	X	
Nitrogênio Total	X	
Nitrato	X	
Oxigênio Dissolvido	X	
Salinidade	X	X
Condutividade	X	X
Temperatura	X	
Sólidos Totais	X	
Sólidos Dissolvidos Totais	X	
Turbidez	X	

As metodologias das coletas e análises físico-químicas e microbiológicas, descritas no Quadro 5-2, 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:

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

Quadro 5-2. Metodologias de referência empregadas nas análises por parâmetro.

Parâmetro	Unidade	Metodologia de Referência
DBO - 5 dias	mg/L	SMWW 5210 B
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW 9221 E
Fósforo Total	mg/L	EPA 6020 B / 200.8
Fosfato	mg/L	SMWW 4500-P E
Nitrogênio Total	mg/L	ASTM D5176-08
Nitrato	mg/L	D09727_02_Insert_Environmental_TON Vanadium Vanadium Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific
Oxigênio Dissolvido	mg/L	SMWW 4500-O G
pH	N.A.	SMWW 4500-H B
Condutividade:	$\mu\text{S/cm}$	SMWW 2510 B
Salinidade	‰	SMWW 2520 B
Sólidos Totais	mg/L	SMWW 2540 B
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	SMWW, 23ª Edição, Método 2540 C
Temperatura	°C	SMWW 2550B
Turbidez	UNT	SMWW 2130B

5.1 Análise dos Resultados

Os resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água avaliados por este Programa de Monitoramento dos Corpos Hídricos foram comparados com as normativas estabelecidas na Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005). Sendo considerados os limites estabelecidos para a Classe 2, quando a estação for classificada como Água Doce e Classe 1 para Águas Salobras e Salinas, devido à influência da maré na bacia do rio das Ostras.

Os dados foram analisados de maneira integrada, levando em consideração o entorno dos pontos selecionados, bem como a precipitação acumulada durante os quinze dias que antecedem a data da coleta, a partir de dados oficiais disponibilizados pelo INMET (2023) para a estação de Macaé (CEMADEM – A608). A partir dos dados meteorológicos obtidos, foram calculadas médias para a temperatura do ar e soma da precipitação do referido período.

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

5.1.1 Índice de Qualidade de Água (IQA)

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

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

O IQA é composto por nove parâmetros apresentados no Quadro 5-3, 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 utilizada a ponderação estabelecida pela *National Sanitation Foundation* (NSF) que é o padrão do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA). Essa padronização dos pesos permite a comparação entre as informações obtidas e as informações disponibilizadas nos Boletins do órgão.

Quadro 5-3 Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA e respectivos pesos.

Parâmetro de Qualidade da 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 da água	0,10
Nitratos	0,10
Fosfato total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos	0,07

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

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

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

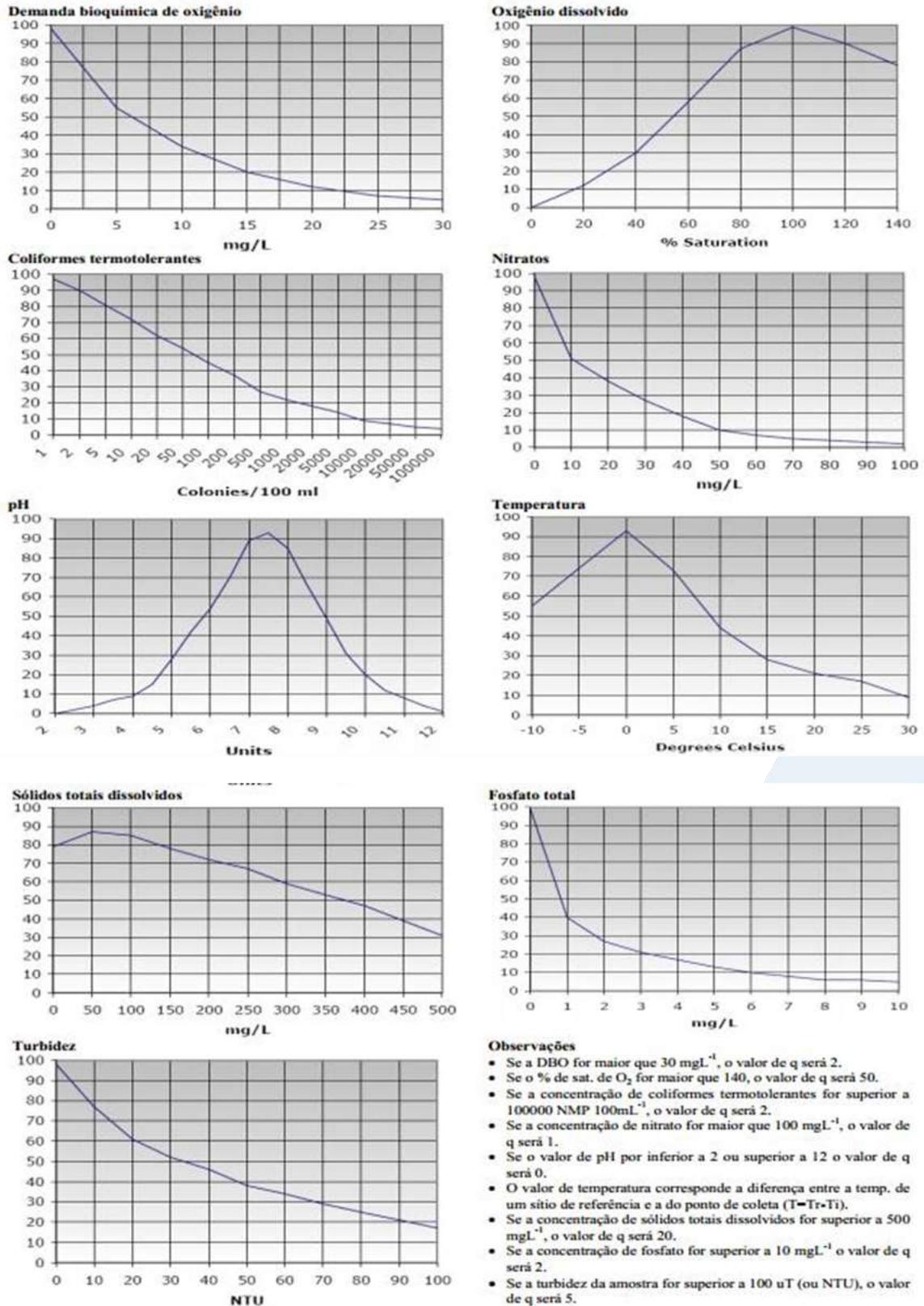
Sendo:

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

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

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

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



Fonte: INEA (2019).

O Quadro 5-4 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.

Quadro 5-4. Faixas de classificação do IQA.

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

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

5.1.2 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.

6 Resultados e discussão

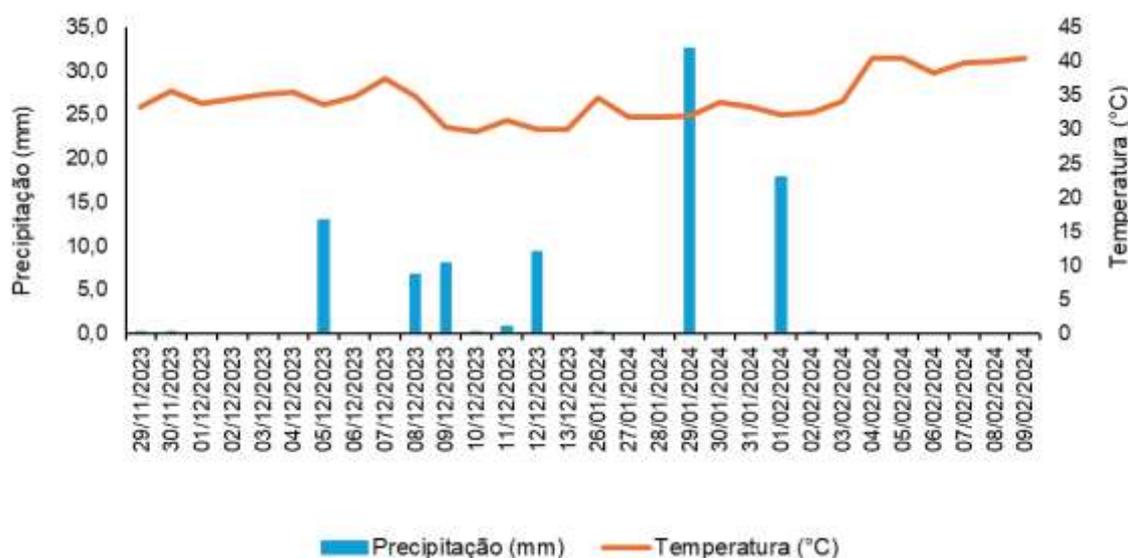
6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos quinze dias que antecederam a coleta de dezembro de 2023 indicaram uma média de temperatura de 25,9°C e precipitação acumulada de 49,2 mm (Figura 6-1), sugerindo valores de chuva forte (25 mm a 50 mm), segundo estudos prévios que descrevem a classificação do INMET (SILVA; FRANCA, 2021). Já na campanha de fevereiro de 2024, a média da temperatura foi de 27,8°C e a pluviosidade acumulada foi de 65,2 mm, o que indica uma chuva extrema (>50 mm) (SILVA; FRANCA, 2021).

Destaca-se que as variáveis físico-químicas e microbiológicas analisadas, além de apresentarem relações, também podem ser influenciadas pela precipitação, conforme será discutido nos tópicos de cada corpo hídrico.

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas dos dias 13/12/2023 e 09/02/2023.



Os resultados obtidos para as campanhas de dezembro de 2023 e fevereiro de 2024 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 podem ser vistos nas Tabela 6-1.

Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados para a coletas dos dias 13/12/2023 e 09/02/2024.

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (%)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (UNT)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E1	13/12/2023	Sup Fun	0,04 0,20	93,0 87,0	182,0 -	72,0 -	30,3 -	5,80 -	28,50 -	3,35 -	51,0 -	0,06 -	N.D -	0,3 -	0,06 -	140,0 -
	09/02/2024	Sup Fun	0,05 0,04	101 98	100 -	68 -	21,0 -	6,1 -	29,81 -	1,02 -	18,0 -	0,04 -	N.D -	0,3 -	N.D -	79,0 -
E2	13/12/2023	Sup Fun	0,11 1,23	232,0 219,0	328,0 -	150,0 -	174,8 -	6,07 -	26,90 -	2,41 -	45,0 -	<0,01 -	N.D -	1,2 -	0,17 -	>1600,0 -
	09/02/2024	Sup Fun	0,3 0,29	624,0 619,0	334 -	192 -	68,2 -	5,7 -	30,0 -	3,3 -	26 -	0,05 -	N.D -	1,4 -	N.D -	13 -
E3	13/12/2023	Sup Fun	0,34 0,34	703,0 703,0	296,0 -	150,0 -	38,9 -	6,11 -	28,40 -	2,41 -	16,0 -	0,17 -	0,19 -	1,0 -	0,08 -	920,0 -
	09/02/2024	Sup Fun	0,39 0,39	780,0 780,0	792,0 -	496,0 -	58,3 -	5,50 -	29,6 -	3,24 -	47 -	0,17 -	0,32 -	8,2 -	0,13 -	>1600,0 -
E4	13/12/2023	Sup Fun	0,05 0,87	104,0 101,0	162,0 -	78,0 -	9,5 -	5,94 -	27,60 -	2,63 -	16,0 -	<0,01 -	N.D -	0,5 -	0,06 -	220,0 -
	09/02/2024	Sup Fun	0,05 0,05	100,0 99,0	106 -	94 -	28 -	5,91 -	29,5 -	2,98 -	28 -	0,04 -	0,06 -	0,6 -	0,09 -	140 -
E5	13/12/2023	Sup Fun	1,18 0,81	2325,0 1627,0	1264,0 -	1152,0 -	38,1 -	7,58 -	29,60 -	4,89 -	69,0 -	0,59 -	0,37 -	4,9 -	0,1 -	>1600,0 -
	09/02/2024	Sup Fun	0,51 0,52	1070,0 1073,0	576 -	398 -	34,4 -	6,77 -	30,1 -	1,19 -	47 -	0,4 -	0,36 -	4,7 -	<0,05 -	>1600,0 -
E6	13/12/2023	Sup Fun	1,58 1,58	2976,0 2973,0	1042,0 -	910,0 -	48,3 -	6,24 -	28,30 -	3,14 -	34,0 -	0,27 -	0,26 -	2,0 -	0,08 -	>1600,0 -
	09/02/2024	Sup Fun	0,34 0,34	657 657	506 -	448 -	45,6 -	6,31 -	30,3 -	2,5 -	47 -	0,08 -	0,17 -	1,3 -	0,24 -	920 -
E7	13/12/2023	Sup Fun	32,35 33,02	49540,0 52830,0	36242,0 -	36222 -	14,5 -	7,82 -	27,50 -	4,75 -	66,0 -	<0,01 -	N.D -	0,3 -	0,12 -	23,0 -
	09/02/2024	Sup Fun	23,5 23,54	37560 37570	22076 -	18966 -	40 -	7,4 -	30,4 -	4,2 -	23 -	0,09 -	<0,06 -	0,7 -	0,1 -	>1600,0 -
CONAMA 357/05		Águas Doces Classe 2	0,5	-	-	500	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1	-	<2,18 (para ambiente lótico)	10,0	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
		Águas Salobras Classe 1	0,5-30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	-	0,4	-
		Águas Salinas Classe 1	≥30	-	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	-	0,4

*Legenda: N.D: Não Detectável.

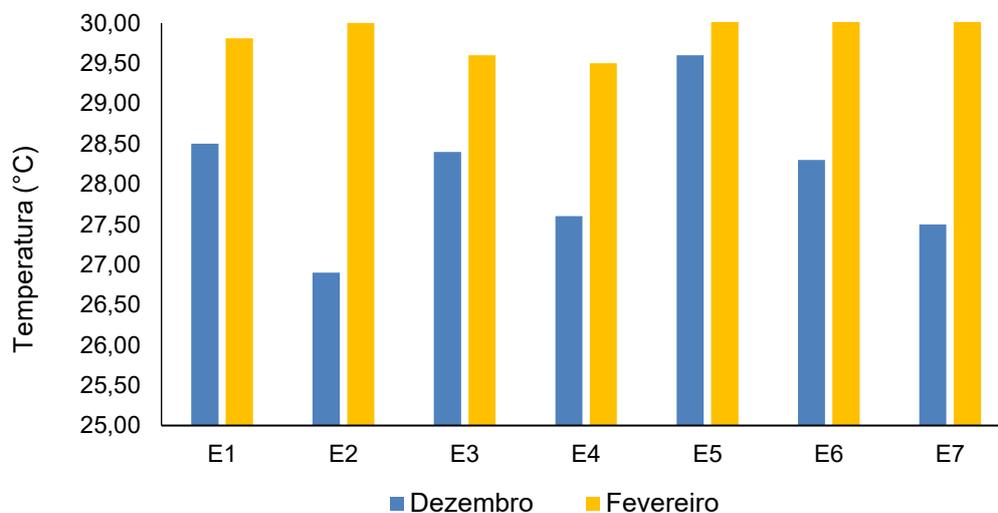
6.1.2 Temperatura

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

Os valores de temperatura da água da campanha de dezembro de 2023 apresentaram uma variação entre 26,90°C (E2) e 29,60°C (E5). A variação desse parâmetro foi observada, de maneira geral, tanto nas amostras dos pontos E1 a E4, situados na região a montante do rio das Ostras, quanto na região a jusante, onde diferenças significativas foram observadas nas amostras de E5 e E7 (entre 27,50°C e 29,90°C) (Figura 6-2).

No mês de fevereiro de 2024, a menor temperatura foi registrada nas águas da estação E4 (29,5°C) e a maior em E7 (30,4°C). De forma similar à campanha de dezembro, as temperaturas mais elevadas foram registradas na região a jusante do rio das Ostras (entre 30,1°C e 30,4°C). Em relação às campanhas, nota-se que as temperaturas mais elevadas foram observadas na campanha realizada em fevereiro de 2024.

Figura 6-2 Resultados de temperatura das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.3 Salinidade

Em ambientes marinhos, os sais correspondem a maior parte dos elementos dissolvidos na água do mar, logo, a salinidade representa a quantificação do total de substâncias dissolvidas na água do mar. Sua escala se dá em grama por quilograma (g/kg) ou partes por mil (ppt ou ‰). As águas oceânicas possuem salinidade entre 33 e 37‰, enquanto águas consideradas doces possuem menos de 0,05‰ (LIBES, 2009).

A salinidade registrada na campanha de dezembro de 2023 apresentou uma variação de 0,04‰ em E1, a 32,35‰ na estação E7 (superfície). Diante dos resultados, verificou-se que os menores valores desse parâmetro foram detectados nas amostras do rio Iriri (Figura 6-3). Na campanha de dezembro de 2023, notou-se uma diferença de resultados de salinidade de superfície e fundo nas amostras de E2 e E4 quando comparado com o histórico de monitoramento, no qual foram observadas diferenças irrisórias entre os resultados de superfície e fundo. Os valores registrados nas águas superficiais dessas estações são característicos de águas doces e os resultados obtidos no fundo indicam uma salinidade correspondente a águas salobras (Tabela 6-1).

No que se refere às amostras dos pontos supracitados, segundo dados prévios que também avaliaram as águas nessa mesma localidade, já foram

reportados valores característicos de águas salobras para os diferentes estratos dos rios Jundiá e Iriri (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

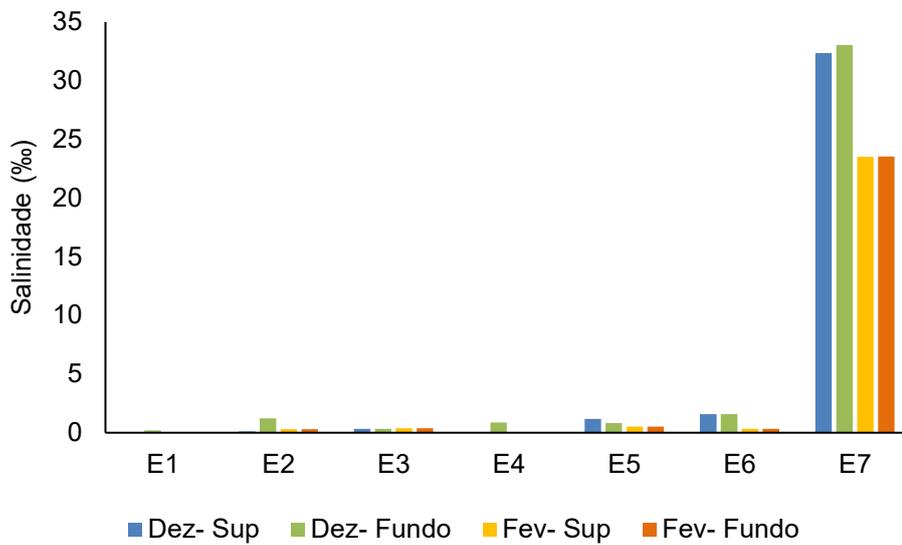
Considerando os valores de salinidade medida na superfície na campanha de dezembro de 2023, as amostras dos pontos E1 até E4 foram comparadas com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. As águas analisadas em E5 e E6 foram equiparadas com os valores máximos permitidos da normativa de referência para Águas Salobras Classe 1. Já os valores obtidos dos diferentes parâmetros medidos das águas analisadas em E7, localizado na foz do rio, foram contrastados com os limiares descritos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salinas Classe 1.

Ao analisar a salinidade registrada na campanha de fevereiro de 2024, notou-se uma variação de 0,05‰ em E1 e E4, a 23,51‰ na estação E7 (superfície). Observa-se que os menores valores desse parâmetro foram detectados nas amostras do rio Iriri (E1 e E4) (Figura 6-3).

Diferentemente da campanha de dezembro de 2023, foi observado um padrão semelhante de resultados de salinidade de superfície e fundo na amostragem realizada em fevereiro de 2024 (Tabela 6-1).

Na campanha de fevereiro de 2024 as amostras avaliadas dos pontos E1, E2, E3, E4 e E6 foram comparadas com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Já as águas investigadas nas estações E5 e E7 foram comparadas como os limiares das Águas Salobras Classe 1 de acordo com a normativa de referência. Destaca-se que a estação E7 está situada na foz do rio, na região estuarina, e apresenta uma maior influência marinha em relação aos demais pontos amostrais.

Figura 6-3 Resultados de salinidade das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



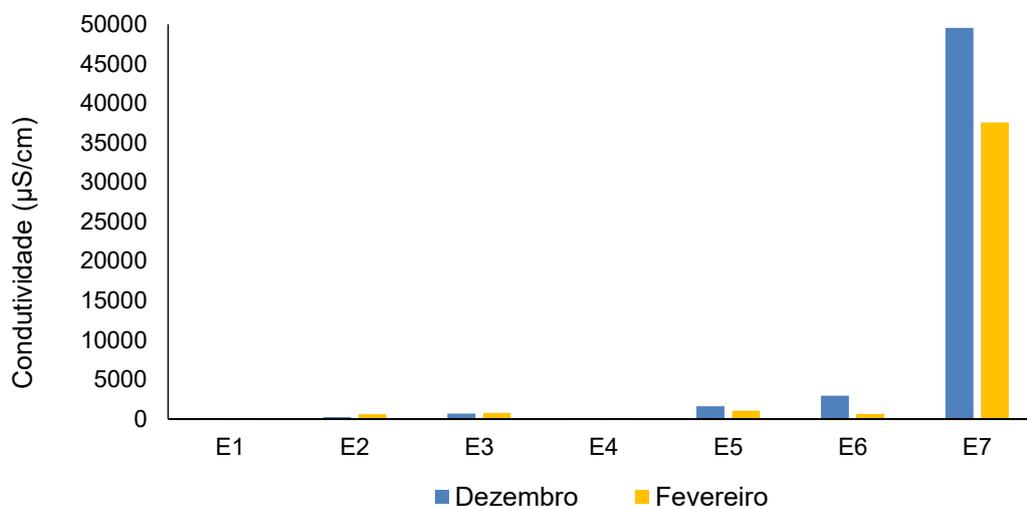
6.1.4 Condutividade

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

A condutividade também apresentou uma variação espacial. Os valores registrados da coleta de dezembro de 2023 na superfície variaram de 93 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nas águas analisadas em E1 a 49540,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E7. Os menores valores desse parâmetro foram reportados nas amostras nos pontos localizados a montante da formação do Rio das Ostras, e o aumento desse parâmetro é observado a partir da estação E5 até E7, onde foi registrado o maior valor de condutividade. Na campanha de fevereiro de 2024, o menor valor de condutividade foi detectado na amostra da estação E4 (100 $\mu\text{S}/\text{cm}$), situada no rio Iriri, e o maior valor reportado de condutividade foi nas águas da estação E7, localizado na foz do rio (37560 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Tabela 6-1 e Figura 6-4).

De maneira geral, as amostras analisadas de superfície e fundo não apresentaram divergências expressivas dos valores de condutividade (Tabela 6-1 e Figura 6-4), o que comprova a relação entre condutividade e salinidade, uma vez que a salinidade é calculada a partir dos valores de condutividade.

Figura 6-4 Resultados de condutividade das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.5 Sólidos totais

A série de sólidos na água corresponde a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação em uma temperatura específica ao longo de um espaço de tempo. Os sólidos suspensos totais se referem à parcela de material particulado que se mantém em suspensão na água, podendo ser classificados em voláteis ou fixos. São importantes no monitoramento da qualidade da água, tendo em vista que elevadas concentrações de sólidos na água podem acarretar danos à biota em decorrência de sua sedimentação, destruindo organismos ou danificando os leitos de desovas de peixes. Os sólidos também podem reter bactérias e resíduos orgânicos, favorecendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2014).

No que tange aos sólidos totais, a menor concentração desse parâmetro, na campanha de dezembro de 2023 foi observada na amostra de E4, registrando 162 mg/L (Figura 6-5). Já o maior valor registrado foi de 36242 mg/L nas águas analisadas no ponto E7. O menor valor desse parâmetro para coleta de fevereiro de 2024, foi notado na amostra de E1 (100 mg/L) e a maior concentração foi observada nas águas analisadas em E7 (22076 mg/L).

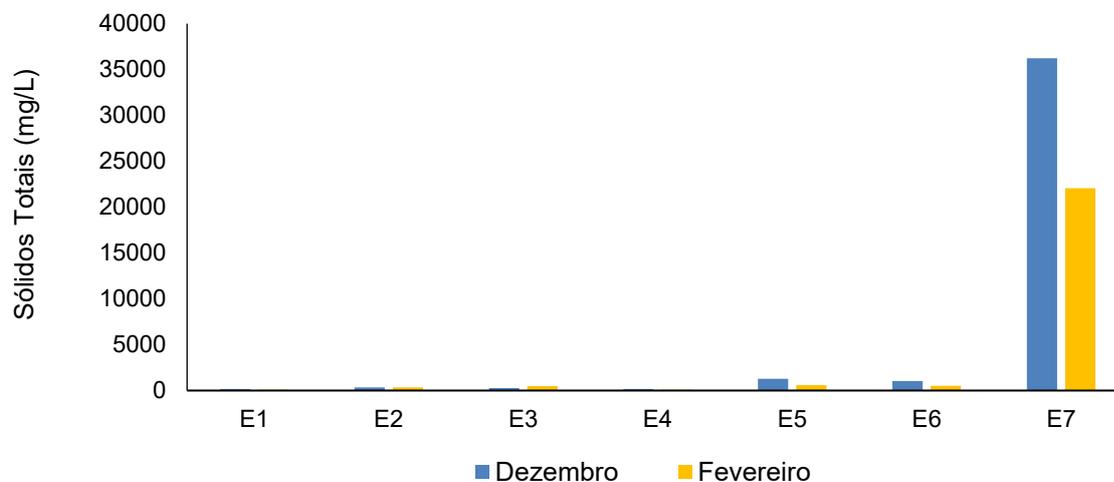
Acredita-se que a ocorrência das atividades urbanas próximas à estação E7 pode ter contribuído para os valores elevados desse parâmetro nas duas campanhas de monitoramento realizadas. Além disso, supõem-se que a influência das marés e

dos fortes ventos na movimentação das massas que podem ter favorecido os resultados obtidos nas águas analisadas em E7. No entanto, na coleta realizada em fevereiro de 2024, verifica-se uma redução significativa dos valores registrados de sólidos totais nas estações E5, E6 e E7.

Vale salientar que, de forma geral, foi observado um aumento das concentrações dessa variável ambiental nas águas analisadas em E4 ao longo das campanhas realizadas. Na campanha de agosto de 2023 foi reportado 18 mg/L de sólidos totais, em outubro de 2023 foi registrado 98 mg/L, na campanha de dezembro de 2023 o valor desse parâmetro foi de 162 mg/L e na amostragem realizada em fevereiro de 2024, a concentração de sólidos para E4 foi de 106 mg/L. Acredita-se que a ocorrência de processos erosivos do solo no entorno das águas do ponto E4 pode ter uma associação com o aumento de sólidos registrado ao longo das campanhas, já que segundo a literatura, em períodos de chuva, é notada erosão desse corpo hídrico ao longo da rodovia do contorno, com as águas carregando partículas para o leito do rio Iriri. Logo, uma das principais problemáticas dessa localidade está associada ao processo de assoreamento devido a remoção da mata ciliar e das partículas do solo que são carregadas em períodos chuvosos (GOMES, 2009). Nesse sentido, a elevada precipitação reportada nas campanhas de dezembro de 2023 e fevereiro de 2024 podem ter contribuído para os processos previamente mencionados.

Destaca-se que na Resolução CONAMA 357/05 não há limites estabelecidos para esse parâmetro.

Figura 6-5 Resultados de sólidos totais das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.6 Sólidos dissolvidos totais

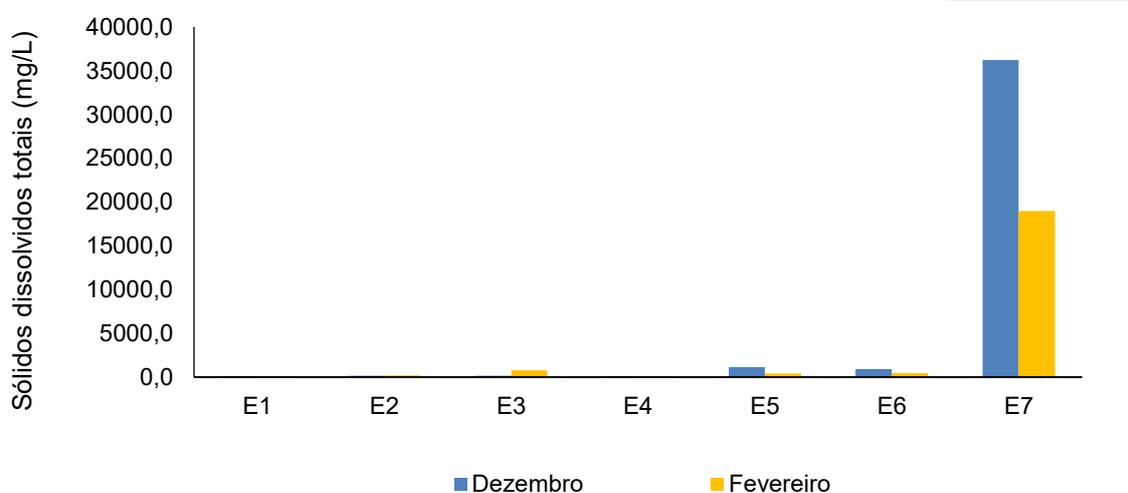
Os sólidos presentes na água são os resíduos que permanecem após diferentes processos, como evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e tempo determinados. Esses processos determinam as diferentes frações de sólidos na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. É importante monitorar os sólidos, pois altas concentrações podem impactar a vida aquática (CETESB, 2016), afetando, por exemplo, o crescimento e sobrevivência de determinadas espécies de peixes (VINYARD; DICKERSON, 2011). Segundo a literatura, as principais fontes de sólidos dissolvidos em corpos d'água estão associados ao lançamento de esgoto sem tratamento e ao escoamento agrícola (DEY; VIJAY, 2021). Além disso, a alteração da qualidade das águas por esse parâmetro pode impactar nas suas características organolépticas e como consequência na sua disponibilidade para o abastecimento público (ADJOVU *et al.* 2023).

Na campanha de dezembro de 2023, observou-se que as águas analisadas em E1 (72 mg/L), E2 (150 mg/L), E3 (150 mg/L) e E4 (78 mg/L) apresentaram valores de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L) (Figura 6-6). Na campanha de fevereiro de 2024, as amostras de E1 (68 mg/L), E2 (192 mg/L), E4 (94 mg/L) e E6 (448 mg/L) registraram concentrações de sólidos dissolvidos totais que ficaram em conformidade com o valor máximo preconizado pela normativa de referência.

Salienta-se que para essa variável ambiental, o limite da normativa de referência não foi apresentado no gráfico a fim de facilitar a visualização dos resultados.

Vale salientar que para sólidos dissolvidos totais, não existem valores de referências para águas salobras e salinas. Dessa forma, os resultados das amostras coletadas em dezembro de 2023 nos pontos E5, E6 e E7, bem como os obtidos em fevereiro de 2024 nos pontos E5 e E7, não tiveram comparativos de referência. No entanto, cabe ressaltar os valores elevados desse parâmetro nas águas analisadas em E7 nas duas campanhas do quinto quadrimestre, o que corrobora com os resultados de condutividade, já que é uma forma de medição indireta de sólidos dissolvidos. Adicionalmente, destaca-se que as concentrações dessa variável ambiental mais elevadas nas amostras do ponto situado na foz do rio das Ostras pode ter uma relação com a influência das marés e dos ventos, assim como também verificado em sólidos totais.

Figura 6-6 Resultados de sólidos dissolvidos totais das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.7 Turbidez

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

Em relação à turbidez, as análises das águas da campanha de dezembro de 2023 não apresentaram um padrão específico para esse parâmetro. Verificou-se que o menor valor dessa variável foi obtido nas águas analisadas em E4 (9,54 NTU), já o maior valor foi reportado na amostra de E2 (174,8 NTU). Já na campanha de fevereiro de 2024, o menor valor de turbidez foi observado em E1 (21,0 NTU). De forma semelhante à amostragem de dezembro de 2023, o maior valor desse parâmetro da campanha de fevereiro de 2024 foi reportado nas águas analisadas em E2 (68,2 NTU).

Nesse sentido, é válido ressaltar que os valores de turbidez encontrados nas duas campanhas de monitoramento do quinto quadrimestre podem ter uma relação com a erosão do solo, bem como o uso e ocupação irregular do solo do entorno. Além disso, a precipitação registrada na campanha de dezembro de 2023 pode ter influenciado no aumento desse parâmetro (Figura 6-1).

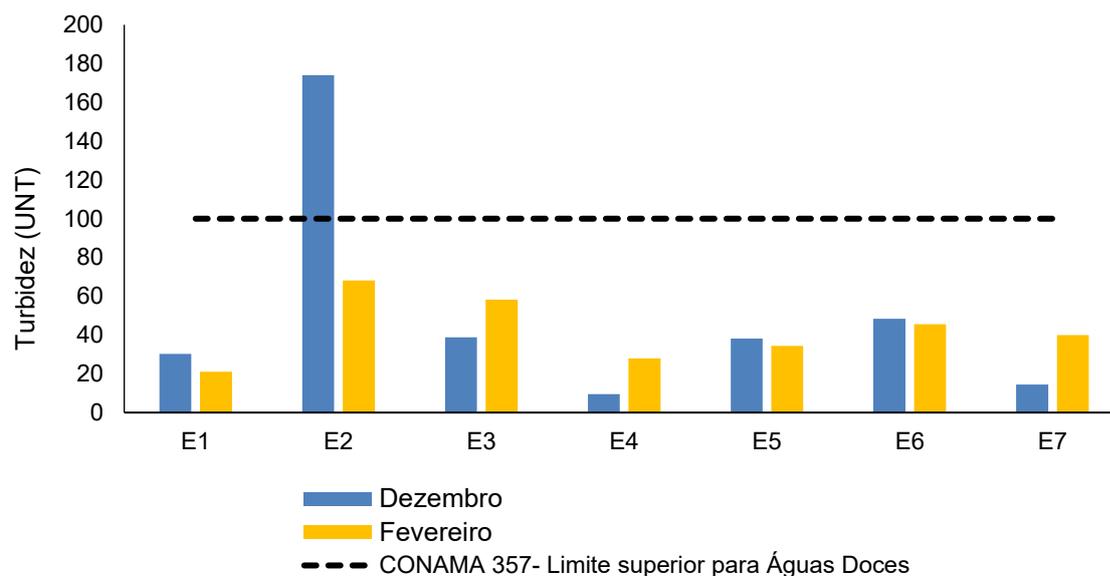
Os resultados de turbidez nas duas campanhas de monitoramento do quinto quadrimestre, de maneira geral, estão dentro do limite estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT). A exceção ocorreu para as águas analisadas em E2 (174,8 NTU), que ultrapassou o valor previamente mencionado da normativa de referência.

Ressalta-se que para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 não há descrito na normativa supracitadas valores de referência.

Outro fator que merece destaque para esse parâmetro é o aumento significativo da turbidez ao longo das campanhas de monitoramento do quarto e

quinto quadrimestre quando equiparado a estudo pretéritos realizados em 2003, nos quais a variação desse parâmetro era de 8,4 NTU a 13,10 NTU para os mesmos pontos amostrais contemplados no presente monitoramento (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Figura 6-7 Resultados de turbidez das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.8 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).

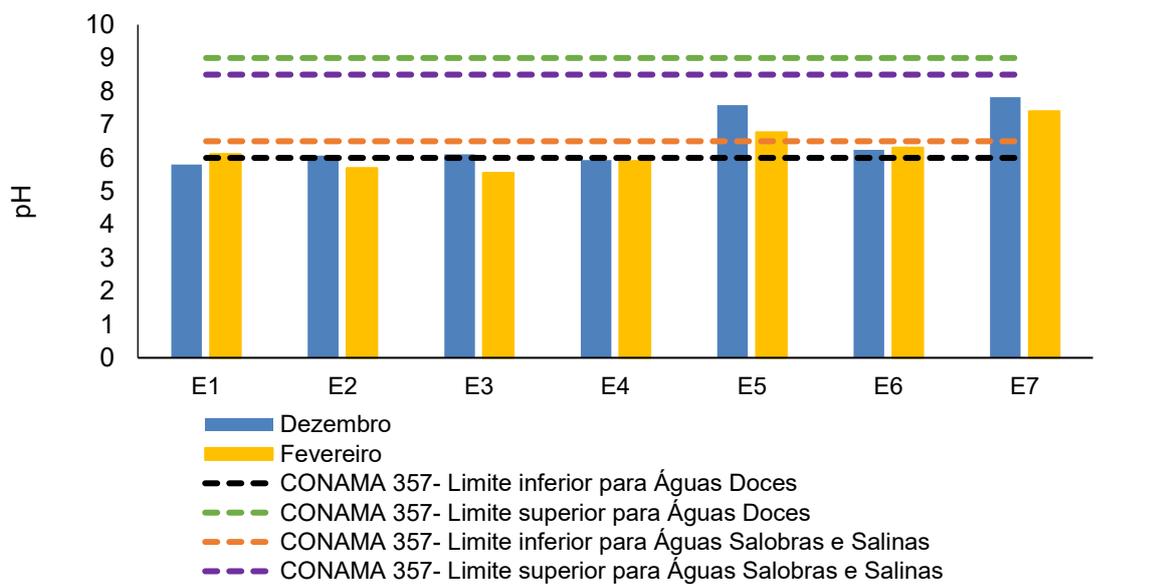
Na campanha de dezembro de 2023, foi observada uma variação do pH entre 5,80 nas águas analisadas em E1 a 7,82 na amostra de E7 (Figura 6-8). Já na amostragem realizada em fevereiro de 2024, o menor valor de pH foi observado em E3 (5,50) e o maior foi registrado nas águas de E7 (7,4).

No que se refere aos limites descritos na Resolução CONAMA nº 357/2005, verificou-se que na campanha de dezembro de 2023 as águas analisadas em E1

(5,80) e E4 (5,94), apresentaram valores abaixo do estabelecido para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6 e 9). Na campanha de fevereiro de 2024, as amostras de E2 (5,7), E3 (5,50) e E4 (5,9) também apresentaram resultados inferiores ao preconizado na legislação supracitada para Águas Doces Classe 2.

Nesse sentido, acredita-se que o uso de fertilizantes da agricultura do entorno do rio Iriri pode ter influenciado a redução do pH das amostras previamente mencionadas. Além disso, já foi reportado na literatura águas mais ácidas nas águas do rio Iriri (BARROSO; MOLISANI, 2019), o que corrobora com os resultados obtidos na amostra de E4. Para as demais amostras que apresentaram valores abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, acredita-se que o aporte de efluentes sem tratamento podem ter favorecido a ocorrência de águas mais ácidas.

Figura 6-8 Resultados de pH das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.9 Oxigênio dissolvido

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

dos ecossistemas aquáticos. Em ecossistemas eutrofizados, a fotossíntese é uma fonte natural de oxigênio para decomposição da matéria orgânica (CETESB, 2009).

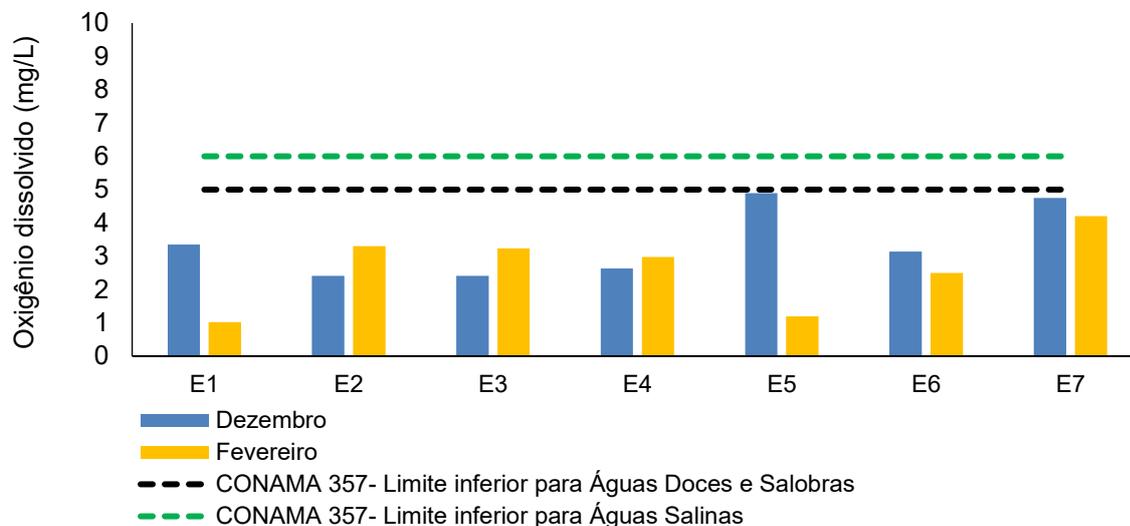
A concentração de oxigênio dissolvido na campanha de dezembro de 2023 apresentou uma variação de 2,41 mg/L nas águas analisadas em E2 e E3 a 4,89 mg/L na amostra de E5 (Figura 6-9). Quando comparados os valores obtidos com a Resolução CONAMA nº 357/2005, observa-se que para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L), Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L) e, Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L), nenhuma amostra de dezembro de 2023 apresentou concentrações de OD que atingiram a concentração mínima estipulada pela normativa de referência.

Na campanha de fevereiro de 2024, a variação desse parâmetro foi de 1,02 mg/L na amostra de E1 a 4,2 mg/L nas águas analisadas em E7. De forma semelhante à campanha de dezembro de 2023, todas as amostras avaliadas em fevereiro de 2024, apresentaram baixos resultados de OD, ficando em não conformidade com o estipulado para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L). Outro fator importante, é que se notou, de maneira geral, uma redução do OD na campanha de fevereiro de 2024 em comparação aos valores de OD de dezembro, que já apresentaram valores baixos.

Com base no exposto, os valores de OD apontam a inserção de efluentes nos corpos hídricos monitorados, impactando diretamente a qualidade hídrica e a biota, já que segundo a literatura, algumas espécies de peixes, por exemplo, não toleram valores inferiores a 2 mg/L de OD (CETESB, 2023).

Destaca-se ainda que os dados históricos das águas analisadas nos mesmos pontos do presente monitoramento, apresentam já valores reduzidos de OD, variando de 4,1 a 4,8 mg/L. No entanto, os resultados das últimas campanhas foram inferiores aos estudos pretéritos, o que é evidenciado, por exemplo, na amostra de E1, com registro de OD de 1,02 mg/L. Portanto, os resultados reforçam o aporte de matéria orgânica nos sistemas, que diminui as concentrações de OD, que é consumido em processos bioquímicos, e coloca em risco os organismos aquáticos e a população do entorno que necessita dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos corpos hídricos investigados (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Figura 6-9 Resultados de OD das campanhas realizadas dezembro de 2023 e fevereiro de 2024



6.1.10 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 zooplânctônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2014).

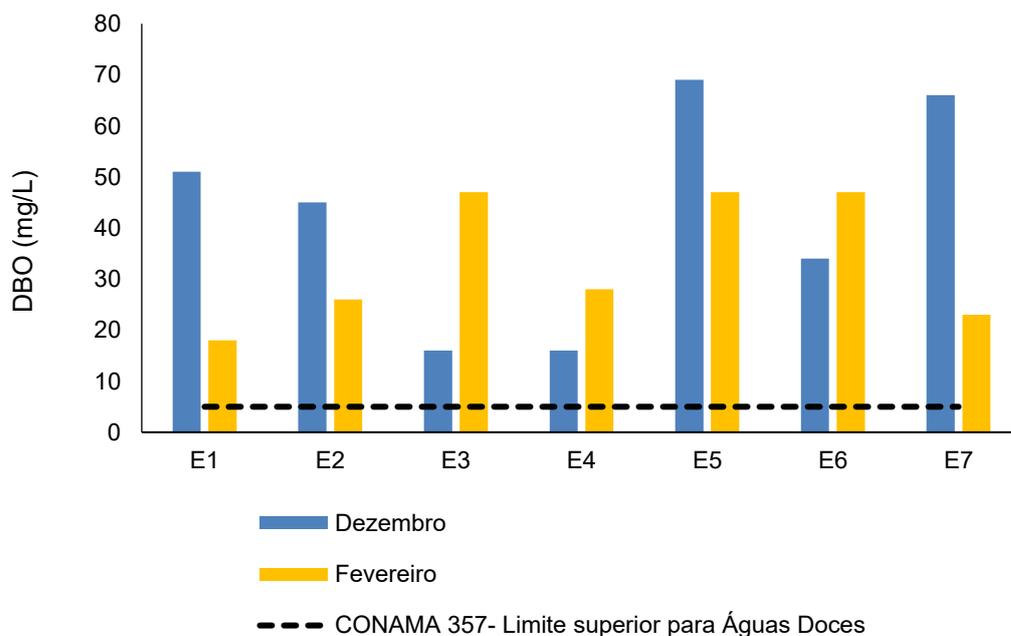
No que se refere à DBO, na campanha de dezembro de 2023 foram detectados valores entre 16,0 mg/L nas águas analisadas em E3 e E4 a 69,0 mg/L na amostra de E5. Na campanha de fevereiro de 2024, a variação desse parâmetro foi de 18 mg/L na amostra de E1 a 47 mg/L nas águas analisadas em E3, E5 e E6. Diante dos resultados das duas campanhas de monitoramento do quinto quadrimestre, nota-se a relação inversamente proporcional entre DBO e OD, já que em todas as amostras dessa amostragem foram observadas baixas concentrações de OD e altos valores de DBO (Figura 6-10).

Destaca-se que todas as amostras classificadas como águas doces da campanha de dezembro de 2023 e fevereiro de 2024, apresentaram concentrações dessa variável ambiental acima do valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para Águas Doces Classe 2 (5 mg/L). Reforça-se que não há limite

estabelecido pela legislação de referência para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1, logo as amostras das estações E5 e E7 das duas campanhas supracitadas não tiveram comparativo de referência, bem como a amostra de E6 coletada em dezembro de 2023.

Os valores elevados da DBO podem ter uma associação com o uso e ocupação do solo no entorno das estações, além do lançamento de águas residuais nos corpos hídricos. A amostra E5 que apresentou os maiores valores desse parâmetro, na campanha de dezembro de 2023 e de fevereiro de 2024, tem um histórico de lançamento de esgoto sanitário sem tratamento (PRIOSTE, 2007), o que reforça os resultados obtidos nas águas do Valão das Corujas.

Figura 6-10 Resultados de DBO das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.11 Fósforo total

O fósforo é um nutriente que ocorre naturalmente nas águas, entretanto, altas concentrações de fósforo podem indicar aporte de esgoto e matéria orgânica para o ambiente. As principais fontes desse elemento são matéria orgânica fecal e detergentes; além disso, alguns efluentes industriais, fertilizantes e pesticidas podem gerar aporte de fósforo. O fósforo, assim como o nitrogênio, é um dos principais

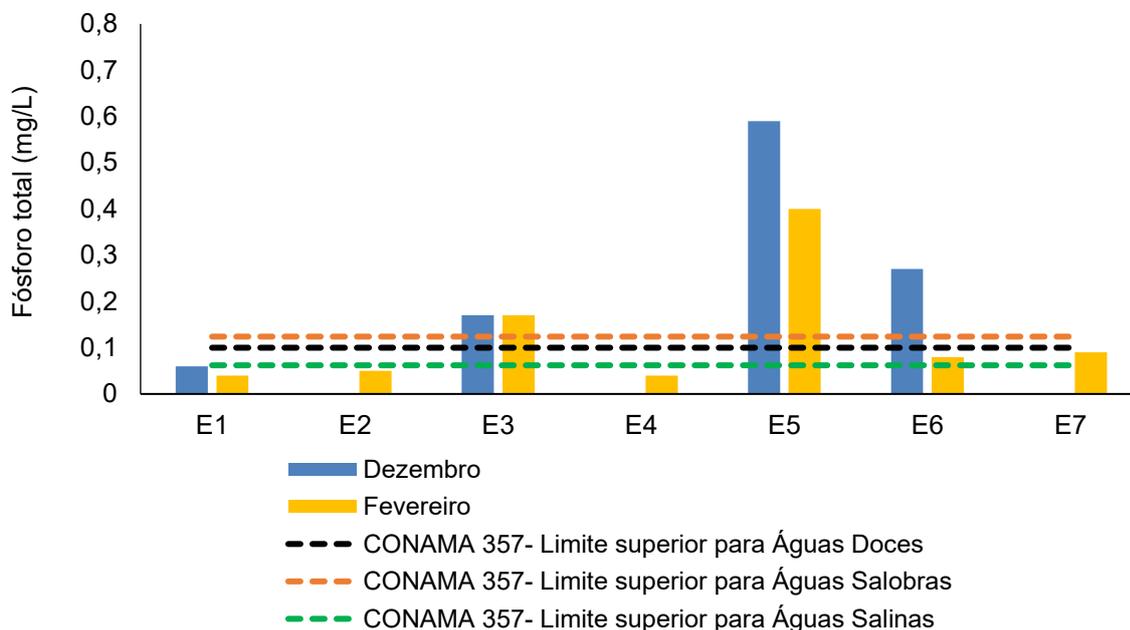
nutrientes que limitam a produtividade primária em corpos aquáticos continentais, sendo o aporte excessivo de fósforo capaz de acarretar a eutrofização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

Ao analisar o nutriente fósforo total na campanha de dezembro de 2023, o menor valor desse parâmetro foi registrado nas águas analisadas em E2, E4 e E7 (<0,01 mg/L) a 0,59 na amostra de E5 (Figura 6-11). Já na campanha de fevereiro de 2024, a variação foi de 0,04 mg/L nas águas de E1 e E4 a 0,4 mg/L na amostra de E5.

Na primeira campanha do quinto quadrimestre, a amostra de E3 (0,17 mg/L) apresentou valores acima do valor máximo estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (0,1 mg/L). As amostras E5 e E6, também exibiram concentrações que extrapolaram o limite de referência da normativa supracitada, mas para Águas Salobras Classe 1 (0,124 mg/L). Na campanha de fevereiro de 2024, foi observado um padrão semelhante aos resultados apresentados previamente. As águas analisadas em E3 (0,17 mg/L) e E6 (0,08 mg/L) apresentaram concentrações acima do preconizado para Águas Doces Classe 2 (0,1 mg/L). E a amostra de E5 (0,4 mg/L) reportou concentrações de fósforo total que ultrapassaram o limite descrito para Águas Salobras Classe 1 (0,124 mg/L), de acordo com a legislação supracitada. As demais amostras estavam em conformidade com os limiares delimitados pela Resolução CONAMA nº357/2005 para os diferentes enquadramentos das águas.

Diante dos resultados expostos, é importante salientar que o fósforo pode chegar no ambiente através do aporte de águas residuais e do uso excessivo de fertilizantes a base desse nutriente. Sua ocorrência elevada nos corpos hídricos pode favorecer o processo de eutrofização, que coloca em risco os organismos aquáticos e a qualidade hídrica, além da saúde pública (PRIOSTE, 2007).

Figura 6-11 Resultados de fósforo total das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.12 Fosfato

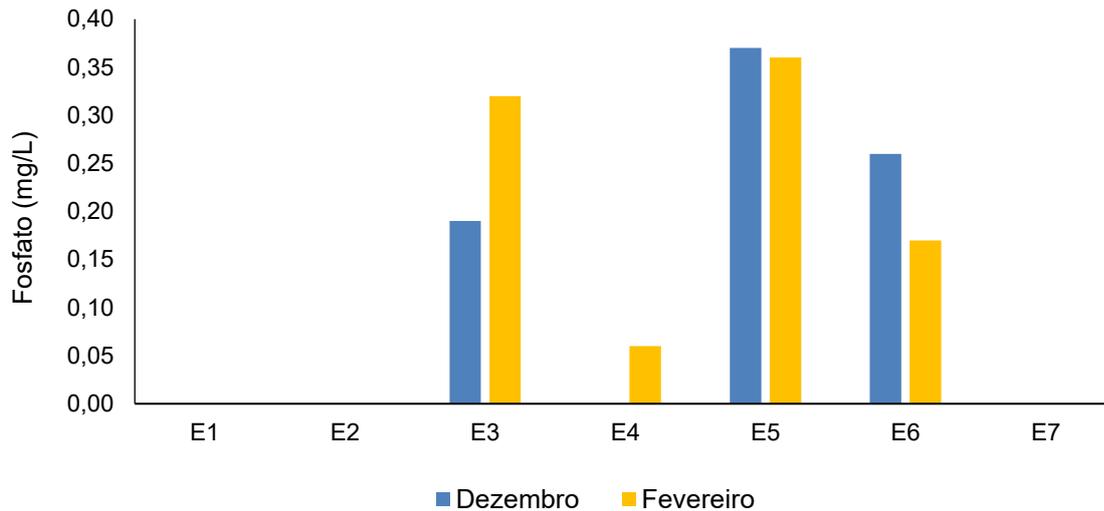
O fósforo pode se apresentar em diversas formas, incluindo sais inorgânicos, como o fosfato. Embora o fosfato seja um nutriente essencial para as plantas, o seu excesso proveniente de atividades humanas, como esgoto doméstico, fertilizantes e resíduos urbanos, tem contribuído para o fenômeno da eutrofização. Esse processo pode ter impactos negativos na vida aquática e na saúde humana (CETESB, 2016; CARBINATTI, 2019).

Na campanha de dezembro de 2023, de forma geral, não foram detectadas concentrações de fosfato nas águas analisadas nas diferentes estações amostrais (Figura 6-12). Exceto na amostra de E3, que apresentou 0,19 mg/L e nas águas analisadas em E5 e E6, nas quais foram detectados 0,37 mg/L e 0,26 mg/L, respectivamente. Já na campanha de fevereiro de 2024, não foi detectado fosfato nas amostras de E1 e E2 e nas águas de E7 o valor registrado foi menor que o limite de quantificação do método analítico (<0,06 mg/L). Nos demais pontos amostrais, a variação foi de 0,06 mg/L na amostra de E4 a 0,36 mg/L nas águas analisadas em E5.

É importante mencionar que na Resolução CONAMA 357/2005 não há valores de referência para fosfato. Entretanto, nota-se que nas duas campanhas de

monitoramento, as águas analisadas em E5 apresentaram elevadas concentrações de fosfato, bem como de fósforo total. Logo, os resultados indicam a ocorrência de águas residuais sem tratamento nas águas do Valão das Corujas.

Figura 6-12 Resultados de fosfato da campanha realizada em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.13 Nitrogênio total

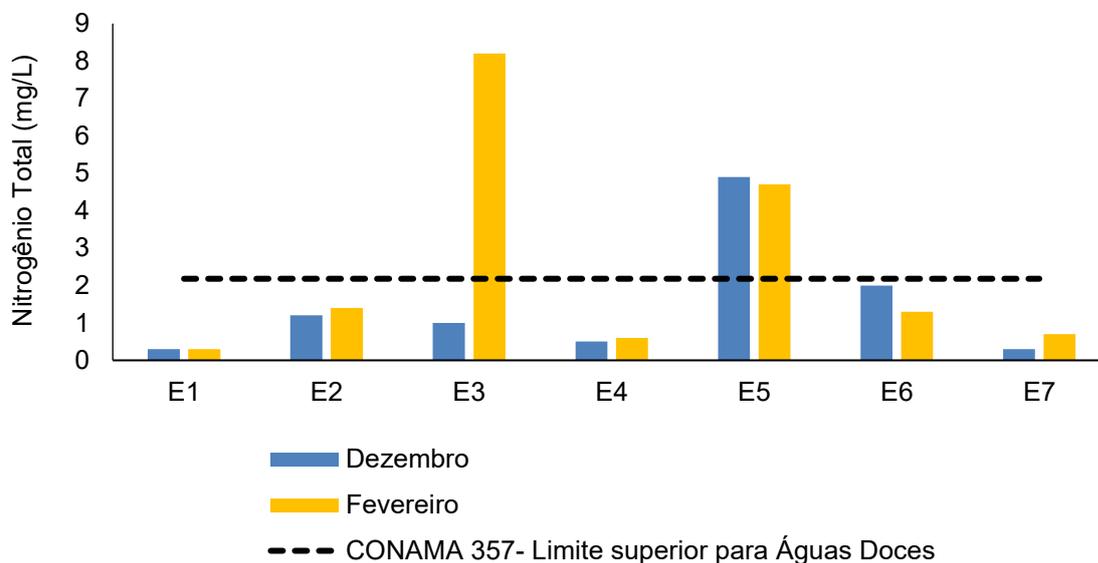
As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal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

Em relação ao nitrogênio total, os valores encontrados na campanha de dezembro de 2023 foram de 0,3 mg/L nas águas analisadas em E1 e E7 a 4,9 mg/L na amostra de E5 (Figura 6-13). Na amostragem de fevereiro de 2024, a variação desse parâmetro foi de 0,3 mg/L nas águas analisadas em E1 a 8,2 mg/L na amostra de E3.

Ao analisar os valores detectados de nitrogênio total e compará-los com o limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Água Doce de Classe 2 em ambientes lóticos (2,18 mg/L), verificou-se que na campanha de dezembro de 2023, as amostras apresentaram valores que ficaram em conformidade com a normativa supracitada. Já na campanha de fevereiro de 2024, notou-se que as concentrações desse nutriente na amostra de E3 (8,2 mg/L) ultrapassou o limite da legislação de referência.

Nesse sentido, é importante salientar que as águas analisadas em E3 apresentaram valores elevados de fósforo total, que também excederam o valor máximo permitido descrito na Resolução CONAMA nº 357/2005. Vale ressaltar que o nitrogênio e o fósforo são nutrientes que favorecem processos de eutrofização natural, que impactam a qualidade hídrica, além de ter efeitos na saúde ambiental e humana (QUADRA *et al.* 2019). Portanto, os resultados dos nutrientes analisados servem como um ponto de atenção para a estação E3 e sugerem a ocorrência de efluentes nas águas do corpo hídrico monitorado.

Figura 6-13 Resultados de nitrogênio total das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.14 Nitrato

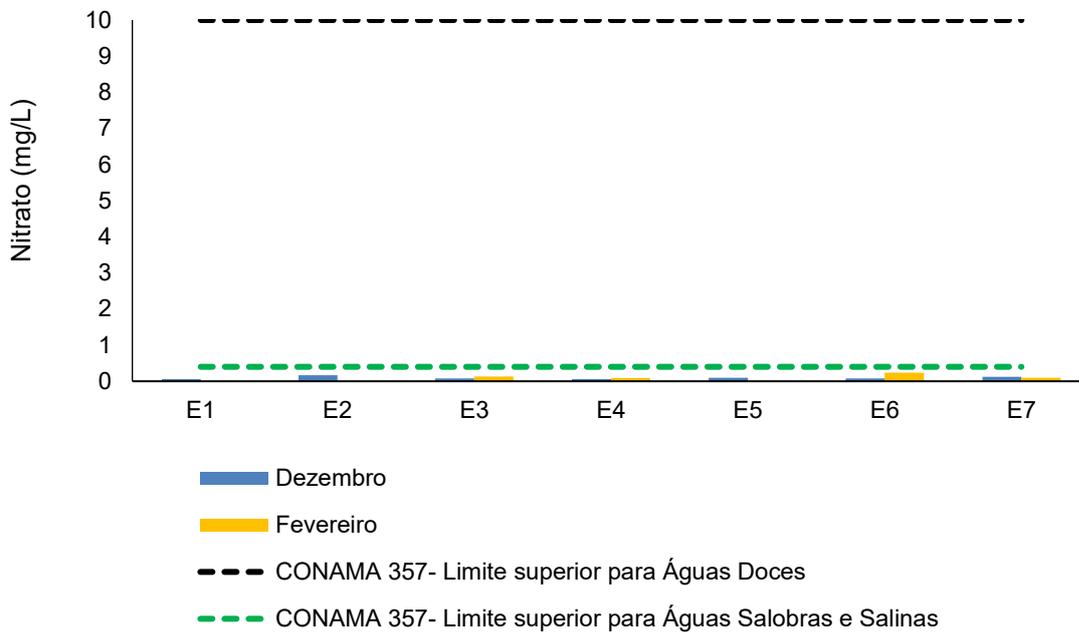
O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato (CETESB, 2014). Nesse sentido, destaca-se que

o nitrato é um íon relevante e ocorre naturalmente no ambiente, mas, atualmente, sua detecção em excesso nos diferentes compartimentos ambientais está associada a diferentes fontes de contaminação antrópica como efluentes domésticos e industriais e de atividades, bem como a utilização exacerbada de fertilizantes na agricultura (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2018; CETESB, 2022). Essa variável ambiental, segundo a literatura é considerada um poluente que mais traz prejuízo para os recursos hídricos, já que favorecem a produção excessiva de algas e fitoplâncton que levam a processos de eutrofização (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2018) e está associada a contaminação da água potável (BURT *et al.* 2010). Por conta dos fatores previamente elencados, o monitoramento do nitrato nos corpos hídricos tem ganhado cada vez mais destaque em estudos ambientais.

No que se refere ao nitrato, na campanha de dezembro de 2023, observou-se uma variação de 0,06 mg/L nas águas analisadas em E1 e E4 a 0,17 mg/L na amostra de E2. Já na campanha de fevereiro de 2024, não foi detectado nitrato nas amostras de E1 e E2 e o valor máximo detectado desse parâmetro foi registrado na amostra de E6 (0,24 mg/L).

Diante do exposto, verificou-se que todas as amostras analisadas, nas duas campanhas de monitoramento do quinto quadrimestre, apresentaram valores que estavam em conformidade para Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 (Figura 6-14).

Figura 6-14 Resultados de nitrato da campanha realizada em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



6.1.15 Coliformes 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 são bactérias presentes no trato intestinal humano, sendo assim, as concentrações de coliformes termotolerantes e coliformes totais presentes na água são bons indicadores do grau de despejo de esgoto sanitário em ambientes aquáticos (CETESB, 2014).

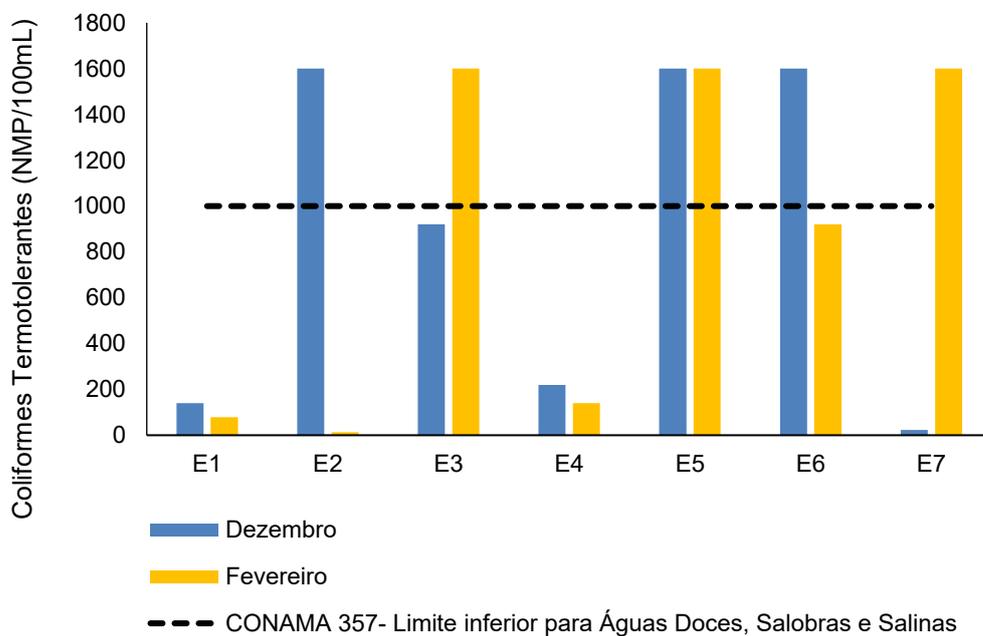
Para esse parâmetro observou-se, na campanha de dezembro de 2023, uma ampla variação, onde a menor concentração foi de 23 NMP/100 mL nas águas analisadas em E7, já a maior foi >1.600 NMP/100 mL (acima do valor máximo quantificável pelo método analítico) nas amostras de E2, E5 e E6 (Figura 6-15). Já na campanha de fevereiro de 2024, a menor concentração foi registrada na amostra de E2 (13 NMP/100 mL) e o maior valor foi registrado nas águas analisadas em E3, E5 e E7 (>1.600 NMP/100 mL).

De acordo com o estipulado na Resolução CONAMA nº 357/2005, o valor reportado nas amostras de E2, E5 e E6 da campanha de dezembro de 2023 ficou acima do limite estabelecido (1.000 NMP/100 mL) para Águas Doces Classe 2 e

Águas Salobras Classe 1. Já na campanha de fevereiro de 2024, as águas analisadas em E3, E5 e E7 apresentaram concentrações acima do permitido para Águas Salobras Classe 1 e Águas Doces Classe 2. As demais amostras analisadas nas duas campanhas de monitoramento do quinto quadrimestre apresentaram valores que estavam dentro do estipulado pela normativa de referência.

As altas concentrações de coliformes termotolerantes detectados nos diferentes corpos hídricos sugerem a ocorrência de lançamento de efluentes.

Figura 6-15 Resultados de coliformes termotolerantes das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



7 Diagnóstico das campanhas de dezembro e fevereiro

Diante do exposto, observou-se que nas duas campanhas realizadas não há estratificação halina entre as massas d'água da superfície e do fundo, o que é confirmado com os dados de salinidade e condutividade. A exceção foi observada nas amostras de E2 e E4 na campanha de dezembro de 2023, no entanto, esses resultados já foram observados em estudos prévios (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Outro fator importante é que os resultados corroboram a influência da maré no estuário do rio das Ostras, que adentra as regiões mais interiores do rio por meio do regime de micromarés, podendo chegar até 6 km para o interior do continente em períodos com menor precipitação e volume dos rios (BARROSO; MOLISANI, 2019). Esse fator foi observado na diferença de salinidade das águas analisadas na campanha de dezembro de 2023 e fevereiro de 2024 e na divergência desse parâmetro verificada nas águas analisadas em E2 e E4.

Adicionalmente, notou-se que os maiores valores registrados para algumas variáveis ambientais, como a salinidade, condutividade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e pH, ocorreram nas águas E7, na foz do rio das Ostras, em ambas as campanhas.

Devido a relação entre o pH e a condutividade, essas variáveis podem sofrer interferência dos sólidos totais e da salinidade, uma vez que as faixas de variação do pH atuam na precipitação de material particulado, íons e sais que medem a condutividade (ESTEVES, 2011). Ressalta-se que dados pretéritos também revelam o aumento do pH nas águas da foz do rio das Ostras em comparação às demais estações amostrais (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Ao analisar a turbidez, de maneira geral, não foi possível estabelecer uma relação dessa variável com o maior volume de chuvas das campanhas analisadas. Esse padrão foi diferente do observado em campanhas anteriores, quando notou-se uma associação entre o incremento de turbidez nas amostras com o maior volume de precipitação. Nas campanhas de dezembro de 2023 e fevereiro de 2024, o maior valor de turbidez foi registrado nas águas analisadas em E2.

Em relação as águas analisadas na estação E2, sugere-se que o uso e ocupação do solo nessa localidade podem ter uma influência sobre a qualidade das águas do rio Jundiá, associados à presença de empreendimentos situados nessa área. Uma vez que ao analisar imagens de satélite, pode-se verificar uma vasta área de sedimentos que são diretamente carregados para o rio. Salienta-se ainda que o rio Jundiá está localizado em um local de potencial crescimento do município de Rio das Ostras, de acordo com Plano Diretor da cidade (RIO DAS OSTRAS, 2006).

Ainda no que tange ao ponto E2, destaca-se que a retirada de macrófitas do rio pode ter uma influência nos resultados de determinados parâmetros como, por exemplo, oxigênio dissolvido e nutrientes (PRIOSTE, 2007; SILVA et al. 2012).

Foi notada uma variação de alguns parâmetros nas duas campanhas realizadas. Observou-se, por exemplo, de maneira geral, uma redução dos valores de sólidos totais, turbidez e DBO na campanha de fevereiro de 2024 quando comparado com os resultados da campanha de dezembro de 2023. No entanto, notou-se um aumento de nitrogênio total na amostragem de fevereiro quando equiparado com as concentrações detectadas em dezembro. Essa alteração apresenta reflexos no diagnóstico da qualidade hídrica, que será melhor discutida nos tópicos da PCA e do IQA.

No que se refere aos nutrientes, as maiores concentrações de fósforo total, nitrogênio total e fosfato foram evidenciadas em ambas as campanhas nas águas analisadas em E5 e E3. Em relação à amostra de E3, verificou-se um aumento desses nutrientes quando comparado ao histórico das campanhas anteriores. Já as águas analisadas em E5, seguem os dados prévios do presente monitoramento. Os resultados indicam a ocorrência de processos de eutrofização nos corpos hídricos monitorados, uma vez que o nitrogênio e o fósforo propiciam o crescimento acelerado de algas.

Além dos impactos da urbanização, que foram destacados previamente, é importante ressaltar que as áreas menos urbanizadas, como os rios Iri e Jundiá, amostrados pelos pontos E1 (situado no rio Iri, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras), E2 (localizado no rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras) e E4 (situado no rio Iri, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus), são mais impactadas por outras atividades, como a agricultura. De acordo com o relatório do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras

(2013), áreas de pastagens do município circundam a área de estudo do presente monitoramento (BARROSO; MOLISANI, 2019, BERNINI *et al.* 2013; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2013). Logo, o incremento de nutrientes, como por exemplo o fósforo, nessas localidades pode estar associado ao uso de fertilizantes que chegam até os corpos hídricos avaliados.

Outro aspecto que merece destaque são os baixos valores de OD, observados nas duas campanhas de monitoramento em todas as amostras analisadas dos diferentes pontos amostrais. Nesse sentido, reforça-se que esse parâmetro é um fator limitante para a manutenção dos organismos aquáticos, pois sua redução na água pode levar a mortalidade de animais que são sensíveis a concentrações baixas de oxigênio dissolvido (CETESB, 2023). Esses resultados apontam a inserção de matéria orgânica nos corpos hídricos avaliados no presente estudo ambiental.

7.1 Análise dos Componentes Principais (PCA)

Para analisar, estatisticamente, a influência da concentração dos parâmetros avaliados 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 avalia 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 utilizado é adequado para a realização da análise de dados. O teste de 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 (OLINTO, 2007; PRADO *et al.* 2016).

De acordo com os resultados expostos na **Tabela 7-1** observa-se que o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valores significativos ($p < 0,05$), o que atende aos critérios de adequação. Já o teste de KMO apresentou valores abaixo do considerado desejável, no entanto, com base no tamanho da amostra de dados obtidos do quinto quadrimestre, pode se considerar um resultado que atende a adequação da PCA.

Tabela 7-1 - Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,329
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	337
Graus de liberdade	66
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 37,7% e 29,5% da variação dos dados, totalizando 67,2%, que podem ser vistos na Figura 7-1. É possível concluir através da figura que diferentes fatores ambientais interferiram no diagnóstico dos pontos de coleta.

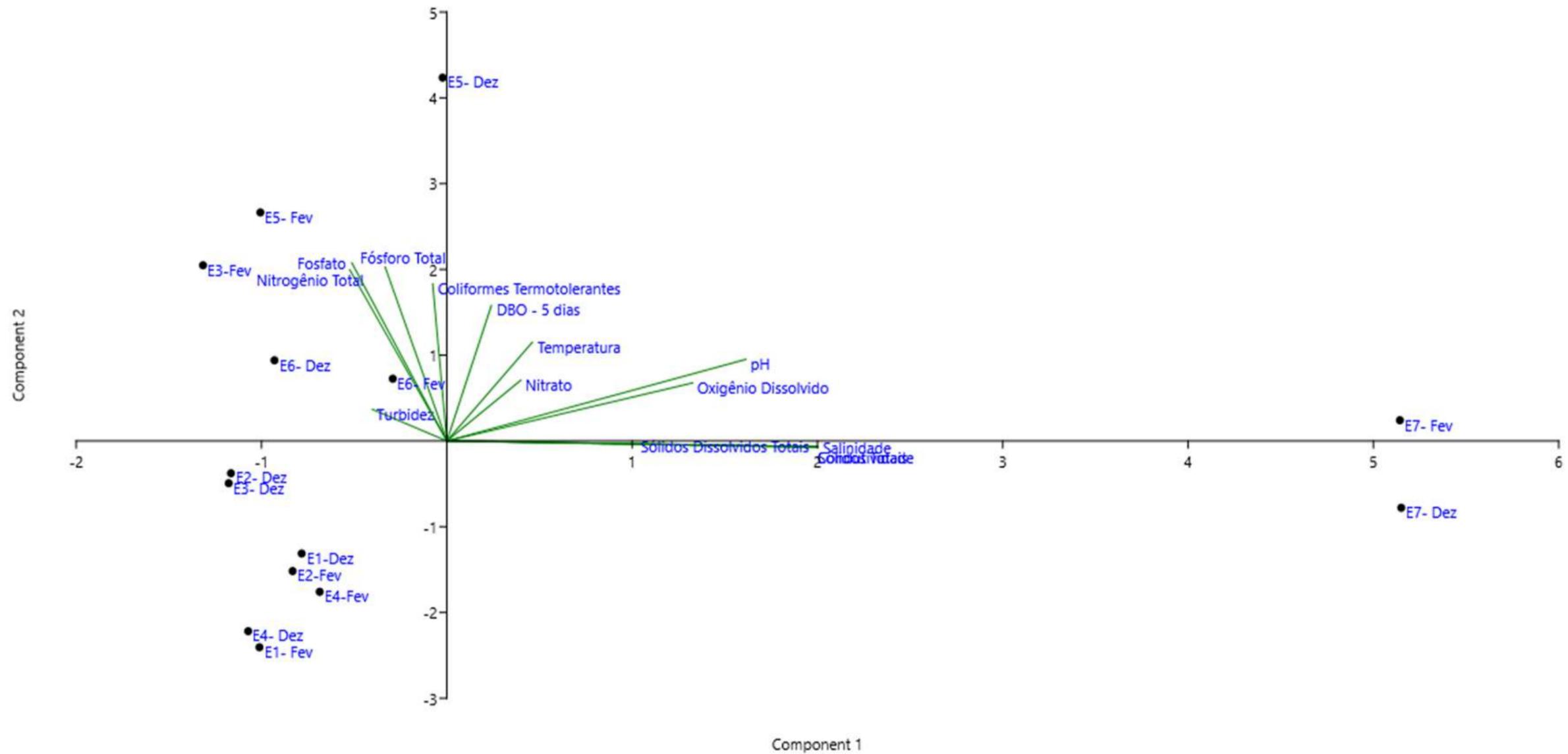
Verifica-se que as amostras de E7 da campanha de dezembro de 2023 e fevereiro de 2024, apresentaram um distanciamento dos demais pontos que, em geral, ficaram agrupados. Esses resultados corroboram com as ações das marés nas águas dessa estação amostral, que favorecem o aumento, por exemplo, da salinidade, da condutividade e dos sólidos dissolvidos totais.

Identificou-se uma influência da turbidez na amostra de E6 da campanha de fevereiro. Esse resultado pode ter uma relação com os valores elevados dessa variável ambiental reportada nas águas de E6, os maiores valores registrados. O resultado obtido também pode ter uma associação com a precipitação registrada na segunda campanha de monitoramento do quinto quadrimestre.

Além disso, verificou-se uma influência do fósforo total, fosfato e nitrogênio total nas águas de E5 e E3. Isso pode ser explicado pelas elevadas concentrações dos parâmetros supracitados nas amostras das estações E5 e E3. Nas águas analisadas em E3, os valores de nitrogênio total e fósforo total ficaram acima dos respectivos valores máximos descritos na Resolução CONAMA 357/2005, o mesmo padrão foi verificado na amostra de E5. Os resultados nas águas de E3 servem como um ponto de atenção para os próximos monitoramentos, especialmente pelos valores elevados de nitrogênio total registrados. Já as concentrações observadas em E5 seguem o histórico de campanhas anteriores, reforçando o aporte de efluentes nas águas do Valão das Corujas. Além disso, a presença elevada desses nutrientes nas águas dos corpos hídricos monitorados favorecem o processo de eutrofização, que pode impactar a biota, a qualidade hídrica e a saúde humana (QUADRA *et al.* 2019).

As demais amostras não apresentaram uma associação com as variáveis ambientais avaliadas.

Figura 7-1 Resultado da análise dos componentes principais das campanhas realizadas em dezembro de 2023 e fevereiro de 2024.



7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Em relação ao IQA, é importante ressaltar que para fins comparativos esse índice foi calculado de duas formas. A primeira, presente na Tabela 7-2, realizada para as duas campanhas do quinto quadrimestre considerou para a avaliação do IQA_{CETESB} os seguintes parâmetros: coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio total, OD, pH, sólidos totais, temperatura e turbidez. Já a Tabela 7-3 apresenta o cálculo do IQA_{NSF} para as campanhas de dezembro de 2023 e fevereiro de 2024 abrangendo as variáveis ambientais: coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, nitrato, OD, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez.

Diante dos resultados apresentados na Tabela 7-2, na campanha de dezembro de 2023, nota-se uma variação do IQA de 26,65 na amostra de E2 a 48,28 nas águas analisadas em E4. Com base nos valores do IQA da amostragem supracitada, todas as amostras foram classificadas como ruins (Tabela 7-2), indicando que as águas estão inapropriadas para o tratamento convencional da água.

Na campanha de fevereiro de 2023, o valor mais baixo do IQA foi observado na amostra de E5 (24,09) e o maior valor foi na amostra de E2 (44,28) (Tabela 7-2). Verifica-se um aumento do valor do IQA nas águas de E2, no entanto, ao considerar a classificação dos resultados, o IQA das águas analisadas em E2 ainda se mantém como ruim. Como consequência dos baixos valores do IQA, nota-se que seis amostras foram categorizadas como ruins e uma como muito ruim, o que revela que as águas estão impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público (Tabela 7-2).

Na Tabela 7-3, o IQA da campanha de dezembro de 2023, apresentou uma variação de 27,56 na amostra de E2 a 48,75 nas águas analisadas em E4. Na amostragem realizada em fevereiro de 2024, a variação foi de 26,66 na amostra de E5 a 46,29 nas águas analisadas em E2. Ao analisar a classificação do IQA das duas campanhas de monitoramento do quinto quadrimestre, observou-se que todas as amostras dos distintos pontos amostrais foram categorizadas como ruins, demonstrando que as águas dos diferentes corpos hídricos estão impróprias para o abastecimento de água, sendo necessária a aplicação de tratamentos mais avançados.

Adicionalmente, é importante salientar que, de maneira geral, não foram observadas diferenças significativas entre o IQA calculado na Tabela 7-2 e na Tabela 7-3, a exceção ocorreu apenas nas águas analisadas em E5 na campanha de fevereiro de 2024, que apresentou uma variação de classificação de muito ruim e ruim.

Além disso, foi possível observar uma alteração dos valores encontrados nos dois formatos. Na Tabela 7-3 verifica-se um aumento dos resultados do IQA quando comparados aos valores reportados na Tabela 7-2. Acredita-se que os baixos valores de nitrato e de fosfato podem ter contribuído para o incremento dos valores de IQA apresentados na Tabela 7-3, mas, que ainda refletem um cenário de degradação da qualidade hídrica, já que todas as amostras foram classificadas como ruins.

Outro aspecto que merece atenção é que os valores elevados de DBO, fósforo total, fosfato, nitrogênio total e coliformes termotolerantes, bem como as baixas concentrações de OD, refletiram nos resultados obtidos nas águas analisadas em E5, o que ficou evidenciado com a classificação do IQA como muito ruim e ruim (Tabela 7-2 e Tabela 7-3).

Os boletins disponibilizados pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) apresentam resultados do IQA de análises feitas entre 2012 até 2022 nas proximidades da estação amostral E7. De acordo com os resultados obtidos, as amostras apresentaram sete classificações ruins e duas medianas (INEA, 2022). Em ambos os programas de monitoramento o resultado do IQA da amostra de E7 foi classificado como ruim. Portanto, os resultados apontam um padrão de degradação das águas na foz do rio das Ostras, o que evidencia a necessidade de ações de melhoria para a qualidade hídrica.

Destaca-se ainda que as localidades com maiores concentrações de coliformes termotolerantes, nutrientes e DBO podem estar associadas a atividades antrópicas, como por exemplo o uso e ocupação irregular do entorno e o lançamento de efluentes sanitários sem tratamento ou irregulares, como observado principalmente na amostra de E5 nas duas campanhas de monitoramento.

As estações amostrais, de maneira geral, apresentaram uma maior influência da maré na coleta de dezembro de 2023, sendo caracterizadas como Águas Doces Classe 2 as amostras de E1 a E4, e Águas Salobras Classe 1 as águas avaliadas em E5 e E6 e Água Salina Classe 1 a amostra de E7.

Já na campanha de fevereiro de 2024, observou-se uma menor interferência das marés, com as amostras de E1, E2, E3, E4 e E6 sendo classificadas como Águas Doces Classe 2 e as águas avaliadas em E5 e E7, como Águas Salobras Classe 1. Nesse aspecto, destaca-se que a oscilação dos resultados de salinidade encontrada pode influenciar diretamente em outros parâmetros, como pH, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, turbidez, entre outros, como pode ser observado nos resultados das amostras de E7. Essas condições podem mascarar ou apresentar resultados que não são adequados com as categorias estipuladas pelo Índice de Qualidade da Água (IQA). Logo, a continuidade dos estudos ambientais pode indicar se o índice pode ser aplicado aos pontos amostrais monitorados com confiabilidade.

Tabela 7-2 - Resultados de IQA em cada estação amostral das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023, considerando as variáveis: DBO, OD, sólidos totais, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, pH, temperatura, fósforo total e turbidez

Estação	Localização	IQA Dez/23	IQA Fev/24	Média
E1	Afluente do rio Iriri	38,80	41,35	40,08
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	26,65	44,28	35,47
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	40,46	27,93	34,19
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	48,28	43,48	45,88
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	32,17	24,09	28,13
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	29,15	30,70	29,92
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	45,96	41,30	43,63
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 apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

Tabela 7-3 - Resultados de IQA em cada estação amostral do mês de outubro de 2023 considerando os novos parâmetros avaliados, considerando as variáveis: DBO, OD, sólidos dissolvidos totais, coliformes termotolerantes, nitrato, pH, temperatura, fosfato e turbidez.

Estação	Localização	IQA Dez/23	IQA Fev/24	Média
E1	Afluente do rio Iriri	39,77	41,84	40,80
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	27,56	46,29	36,93
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	41,17	27,51	34,34
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	48,75	43,44	46,09
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	34,42	26,66	30,54
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	29,69	31,65	30,67
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	46,04	41,86	43,95
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 apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

8 Observações gerais

Diante dos resultados obtidos e reforçando os resultados históricos presentes na literatura, nota-se que a qualidade das águas na bacia hidrográfica do rio das Ostras tem como principais influências a precipitação e a ação das micromarés. A ação das micromarés fica evidenciada com a diferença de salinidade encontrada nas campanhas de dezembro de 2023 e fevereiro de 2024. Além disso, a interferência das marés sobre os corpos hídricos monitorados pode ter uma relação com a diferença de resultados de superfície e fundo obtidas nas águas analisadas E2 e E4 na amostragem de dezembro de 2023.

Outro aspecto importante que vem sendo observado nas diferentes campanhas de monitoramento são os impactos das atividades antrópicas, como o lançamento de águas residuais sem tratamento e o uso e ocupação do solo no entorno das estações amostrais. Esses fatores têm refletido por exemplo, no aumento da turbidez, DBO, nutrientes, coliformes termotolerantes e redução do OD e do pH.

Ademais, é importante reforçar sobre as elevadas concentrações de nutrientes, especialmente nas águas analisadas em E3 e E5. Nas amostras de E3, esses valores apresentaram um aumento significativo a partir da campanha de dezembro de 2023, o que serve como um ponto de atenção para futuros monitoramentos. Já nas águas avaliadas em E5, notou-se um padrão de resultados ao longo das campanhas, corroborando com dados prévios e reforçado pelo IQA, classificado como muito ruim e ruim. Os resultados apontam a necessidade de ações de melhoria da qualidade hídrica do Valão das Corujas. Os valores altos de nutrientes nas águas dessas duas localidades sugerem os processos de eutrofização artificial, que implicam na saúde dos organismos aquáticos, na qualidade hídrica e na saúde pública.

Adicionalmente, destaca-se ainda os valores elevados de turbidez nas amostras de E2 nas duas campanhas de monitoramento. Os resultados das próximas amostragens poderão indicar se os dados reportados estão associados à precipitação e/ou atrelados a ações antrópicas.

Além disso, assim como vem sendo observado ao longo das coletas dos diferentes quadrimestres, determinados parâmetros apresentaram um padrão similar, como salinidade, condutividade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e pH. Esses

fatores confirmam a influência das marés nas amostras de E7, situado na foz do rio das Ostras e demonstrado no presente relatório.

Ao analisar os resultados de OD, em todas as amostras analisadas em ambas as campanhas, os valores estiveram abaixo do limite estabelecido para águas doces, salobras e salinas, sugerindo o aporte de efluentes sanitários no sistema. Salienta-se que a diminuição desse parâmetro impacta diretamente a biota, já que pode levar a morte de animais.

No que se refere ao IQA, os resultados da campanha de dezembro de 2023 e fevereiro de 2024 indicaram, de maneira geral, classificação ruim de todas as amostras, demonstrando a necessidade de aplicação de tratamentos mais avançados para as águas visando o abastecimento público.

Por fim, destaca-se que devido a ação das marés verificada no presente estudo ambiental, a continuidade do monitoramento deve auxiliar nas próximas campanhas para uma análise mais crítica a respeito da aplicabilidade e utilização do IQA na região estudada, uma vez que a salinidade influencia em diversas variáveis ambientais usadas no cálculo desse índice. Podendo também auxiliar na detecção da interferência da sazonalidade nos resultados e na confirmação de padrões de resultados, como já vem sendo detectado, por exemplo, nas amostras de E7, além da turbidez nas águas avaliadas em E2 e os valores elevados de diferentes parâmetros em E5.

Adicionalmente, os resultados apresentados no presente relatório, juntamente com os estudos realizados previamente, podem servir como subsídio para a tomada de decisão e gestão, com o intuito de aplicar ações de mitigação das atividades antrópicas que vêm favorecendo a poluição hídrica dos ambientes monitorados.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17025. 2017: Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração.** 2017.

ADJOVU, Godson Ebenezer *et al.* Measurement of total dissolved solids and total suspended solids in water systems: a review of the issues, conventional, and remote sensing techniques. **Remote Sensing**, v. 15, n. 14, p. 3534, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15143534>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/14/3534>. Acesso em 10 jan. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA).** Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 24 mai. 2023.

ALAH, Eshrat E.; MUKHOPADHYAY, Subhas Chandra. Detection methods of nitrate in water: A review. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 280, p. 210-221, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2018.07.026>. Disponível em: <https://researchers.mq.edu.au/en/publications/detection-methods-of-nitrate-in-water-a-review>. Acesso em 24 mai. 2023.

ALMEIDA, Marco Antônio Barreto Almeida.; SCHWARZBOLD, Albano. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 01 p. 81- 97, 2003. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v8n1.p81-97>. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/37/a92b6e729e50671504266683290894eb_606a4e793c7e33f151c052dd4766cf84.pdf. Acesso em 10 jan.2024.

ALVARADO, Juan José.; AGUILAR, José Francisco. Batimetría, salinidade, temperatura y oxígeno disuelto em 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. Acesso em 05 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.

BARROSO, Glenda Camila.; MOLISANI, Mauricio Mussi. Pequenos estuários alimentados por pequenas bacias hidrográficas: estudo de caso dos estuários dos rios Macaé e das Ostras (RJ). In: Ferreira, Maria Inês Paes *et al.* **Engenharia & Ciências Ambientais: contribuições à gestão ecossistêmica.** Essentia Editora, 2019. p. 116–141. DOI: <https://doi.org/10.19180/978-85-99968-58-1.6>. Disponível em:

<https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/livros/issue/view/978-85-99968-58>. Acesso em 05 jan. 2024.

BERNINI, Elaine et al. Fitossociologia de florestas de mangue plantadas e naturais no estuário do Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 1, 10 out. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n1p37>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2014v27n1p37>. Acesso em 05 jan. 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.

BURT, Tim. *et al.* Long-term monitoring of river water nitrate: how much data do we need?. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 12, n. 1, p. 71-79, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1039/b913003a>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2010/em/b913003a>. Acesso em 05 jan. 2024.

CAÑEDO-ARGÜELLES, Miguel *et al.* Salinisation of rivers: An urgent ecological issue. **Environmental Pollution**, v.173, p.157-167. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2012.10.011>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23202646/>. Acesso em 06 jan. 2024.

CANIVETE, Géscica Dulce Rafael. **Avaliação da Influência das Descargas Fluviais na Distribuição da Salinidade no Estuário Bons Sinais-Zambézia**. 2019. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane, Moçambique, 2019.

CARBINATTI, Camilla. **Remoção de fosfato em esgoto doméstico utilizando argilas ativadas e funcionalizadas de chumbo**. Dissertação. (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2009. 531f. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em 04 mar.2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Ficha de Informação toxicológica- Nitrato e nitrito**. São Paulo: CETESB, 2022. 5f. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/12/Nitrato-e-Nitrito.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Oxigênio dissolvido**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>. Acesso em: 04 dez. 2023

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Apêndice D- Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apendice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em 13 dez. 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/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2024.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **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. 2022.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Relatório de caracterização da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (RD-01)**. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/wp-content/uploads/2020/03/RD-01-Relat%C3%B3rio-de-Characteriza%C3%A7%C3%A3o-da-%C3%81rea-do-Estudo.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Relatório de caracterização e mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras**. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro Governo do Estado do Rio de Janeiro, nov. 2013. Disponível em: https://cbhmacae.eco.br/plano_de_bacia/rd-03-relatorio-do-mapeamento-do-uso-e-cobertura-do-solo/. Acesso em 13 dez. 2023.

COMISSÃO ESTADUAL DE CONTROLE AMBIENTAL- CECA. **Deliberação CECA nº 2.333, de 28 de maio de 1991. Altera a Deliberação CECA nº 707, de 12.09.85 e consolida o disposto sobre o Sistema de Credenciamento de Laboratórios**. Rio de Janeiro, 1991.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE- CONEMA. **Resolução CONEMA nº 85, de 07 de dezembro de 2018. Norma para credenciamento de laboratório (NOP-INEA-03. R-2)**. Rio de Janeiro, 2018.

DEY, Jaydip; VIJAY, Ritesh. A critical and intensive review on assessment of water quality parameters through geospatial techniques. **Environmental Science and Pollution**

Research, v. 28, n. 31, p. 41612-41626, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-021-14726-4>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34105074/>. Acesso em 13 dez.2023.

DIAZ, Robert. Overview of hypoxia around the world. **Journal of environmental quality**, v. 30, n. 2, p. 275-281, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2001.302275x>. Disponível em: <https://nature.berkeley.edu/classes/espm-120/Website/Diaz2001.pdf>. Acesso em 12 fev. 2024

DICKERSON, Bobette.; VINYARD, Gary. Effects of high levels of total dissolved solids in Walker Lake, Nevada, on survival and growth of Lahontan cutthroat trout. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 128, n. 3, p. 507-515, 2011. DOI: [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1999\)128<0507:EOHLOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1999)128<0507:EOHLOT>2.0.CO;2). Disponível em: <https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1577/1548-8659%281999%29128%3C0507%3AEOHLOT%3E2.0.CO%3B2>. Acesso em 12 fev. 2024.

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

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. 145–161, 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 12 fev. 2024.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE- INEA. **Histórico dos Boletins de Balneabilidade das Praias de Rio das Ostras** – 2022. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/rio_das_ostras_historico_2022.pdf. Acesso em 24 mai. 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 31 mai. 2023

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA- INMET. **INMET: Mapa de Estações**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br>. Acesso em 29 mai. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. **Norma nº NIT-DICLA-057. Critérios para acreditação da amostragem de águas e matrizes ambientais**. Inmetro. Rio de Janeiro, p.01-12, 2009.

JARDIM, Márcia Elizabeth Trindade **Planejamento ambiental e a Gestão de recursos hídricos: um estudo na bacia hidrográfica do Rio das Ostras, município de Rio das Ostras/RJ**. 2020. 128f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

LIBES, Susan. **An introduction to Marine Biogeochemistry**. Second Edition, Elsevier, 2009.

OLIVEIRA, Regina Maria Mendes; SANTOS, Ezequiel Vieira dos; LIMA, Kalyl Chaves. Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 523-529, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017154657>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/M88strXhYpXfLCC7tkVYyrK/?lang=pt#>. Acesso em 12 fev. 2024.

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

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. 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. Acesso em 15 já. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS. **Levantamento semidetalhado de solos do município de Rio das Ostras**. Rio de Janeiro: GERA Consultoria e Empreendimentos Ltda. 2004.

PRIOSTE, Mauro Alexandre de Oliveira. **Bacia hidrográfica do Rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável**. 2007, 194f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

QUADRA, Gabrielle Rabelo *et al.* Water pollution: one of the main Limnology challenges in the Anthropocene. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 21, p1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X5118>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/Y3mBFSJBBNhHVJwNxPGqrMK/abstract/?lang=en>. Acesso em 12 fev. 2024.

SILVA, Alícia de Almeida; FRANCA, Rafael Rodrigues da. 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. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/40271>. Acesso em 12 fev. 2024.

TOLEDO, Luís Gonzaga de.; NICOLELLA, Gilberto. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 181-186, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/kpzVhzFFCk3zxZFzVFXPvZG/#>. Acesso em: 12 fev. 2024.

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

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION- WHO. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. 7. ed. Geneva: Chairperson, Publications Board, 2008.

Anexos

ANEXO 1- Certificado de Acreditação INMETRO

ANEXO 2- Certificado CCL INEA

ANEXO 3- Registro fotográfico

ANEXO 4- Cadeias de custódia

ANEXO 5- Laudos analíticos

ANEXO 6- Memória de cálculo IQA