

Relatório Técnico Parcial VIII

Revisão 01
Referência: Dezembro de 2023

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	-
Thalles Barreto de Abreu	Coordenação de Campo coletas@oceanus.bio.br	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem coletas02@oceanus.bio.br	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).

**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.....	16
5.1.1	Índice de Qualidade de Água (IQA).....	17
5.1.2	Análises estatísticas.....	20
6	Resultados e discussão.....	21
6.1	Análise físico-química e biológica.....	21
6.1.1	Precipitação	21
6.1.2	Temperatura	23
6.1.3	Salinidade	24
6.1.4	Condutividade	25
6.1.5	Sólidos totais.....	26
6.1.6	Turbidez.....	28
6.1.7	pH	30
6.1.8	Oxigênio dissolvido	31
6.1.9	DBO	33
6.1.10	Fósforo total.....	34
6.1.11	Nitrogênio total.....	37
6.1.12	Coliformes termotolerantes	39
7	Diagnóstico da atual campanha	41
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	44
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	47
8	Observações gerais	49
	Referências	50
	Anexos	56

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).

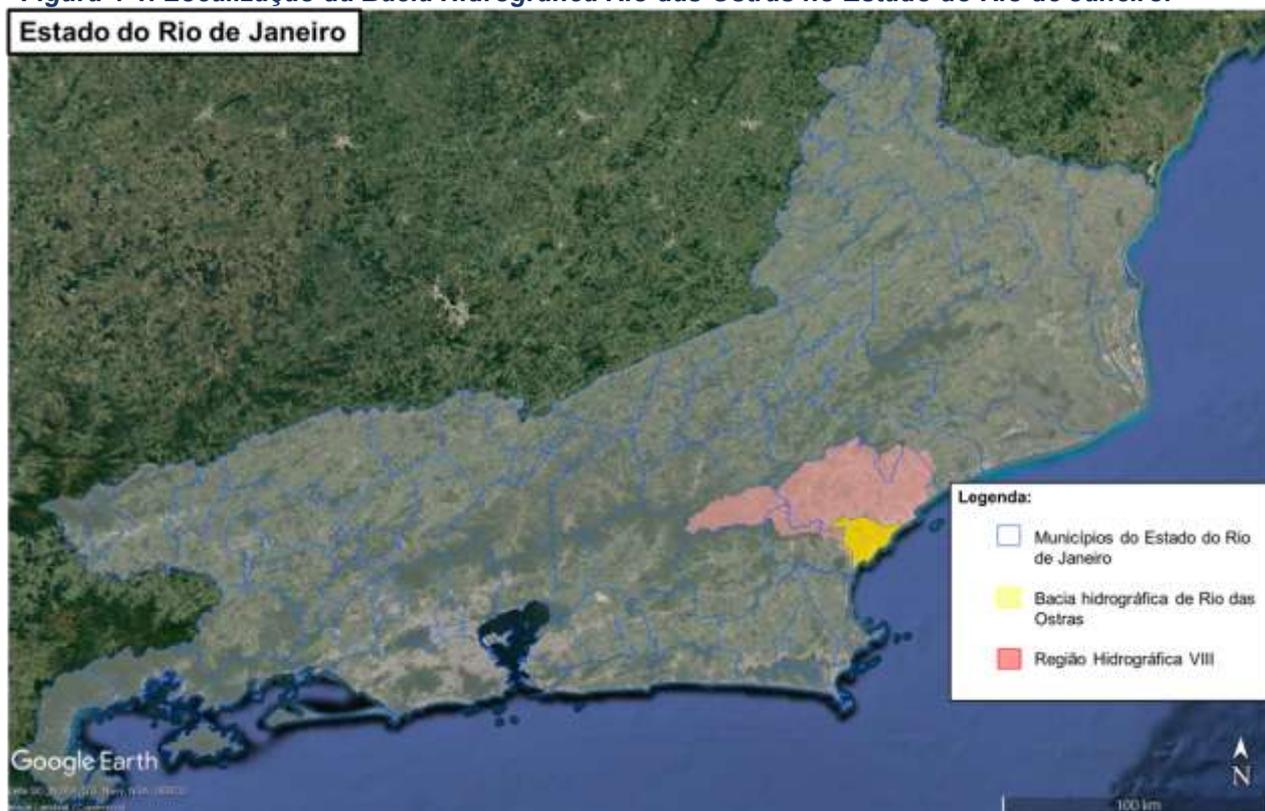
Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, há a ocorrência de duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm) 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. Em água superficial foram medidos 11 parâmetros, que são melhor descritos posteriormente. Em relação ao fundo, foram avaliadas a salinidade e a condutividade.

Devido a uma manutenção da ponte que fica em torno 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 (dezembro) (m)
		E	N		
E1	Rio Iriri, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	195528	7511037	8	1,10
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,95
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá	197047	7508962	20	1,30
E4	Rio Iriri, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,08
E5	Valão das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	5	0,80
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas	197705	7507689	25	1,40
E7*	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,50

Legenda: *Ponto E7 realocado.

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



5 Metodologia

A campanha foi realizada no dia 13/12/2023, com execução das coletas e análises das amostras pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus, acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (ANEXO 1) e INEA CCL N° 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 n° 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°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 coleta, 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	
Coliformes termotolerantes	X	
Nitrogênio Total	X	
Oxigênio Dissolvido	X	
Salinidade	X	X
Condutividade	X	X
Temperatura	X	
Sólidos 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
Nitrogênio Total	mg/L	ASTM D5176-08
Oxigênio Dissolvido	mg/L	SMWW 4500-O G
pH	N.A.	SMWW 4500-H B
Condutividade:	µS/cm	SMWW 2510 B
Salinidade	‰	SMWW 2520 B
Sólidos Totais	mg/L	SMWW 2540 B
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 utilizado a ponderação estabelecida pela *National Sanitation Foundation* (NSF) que é o padrão do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA). Essa padronização dos pesos permite a comparação entre as informações obtidas e as informações disponibilizadas nos Boletins do órgão.

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

Legenda: *Para o referido projeto será utilizado o parâmetro fósforo total.

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:

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

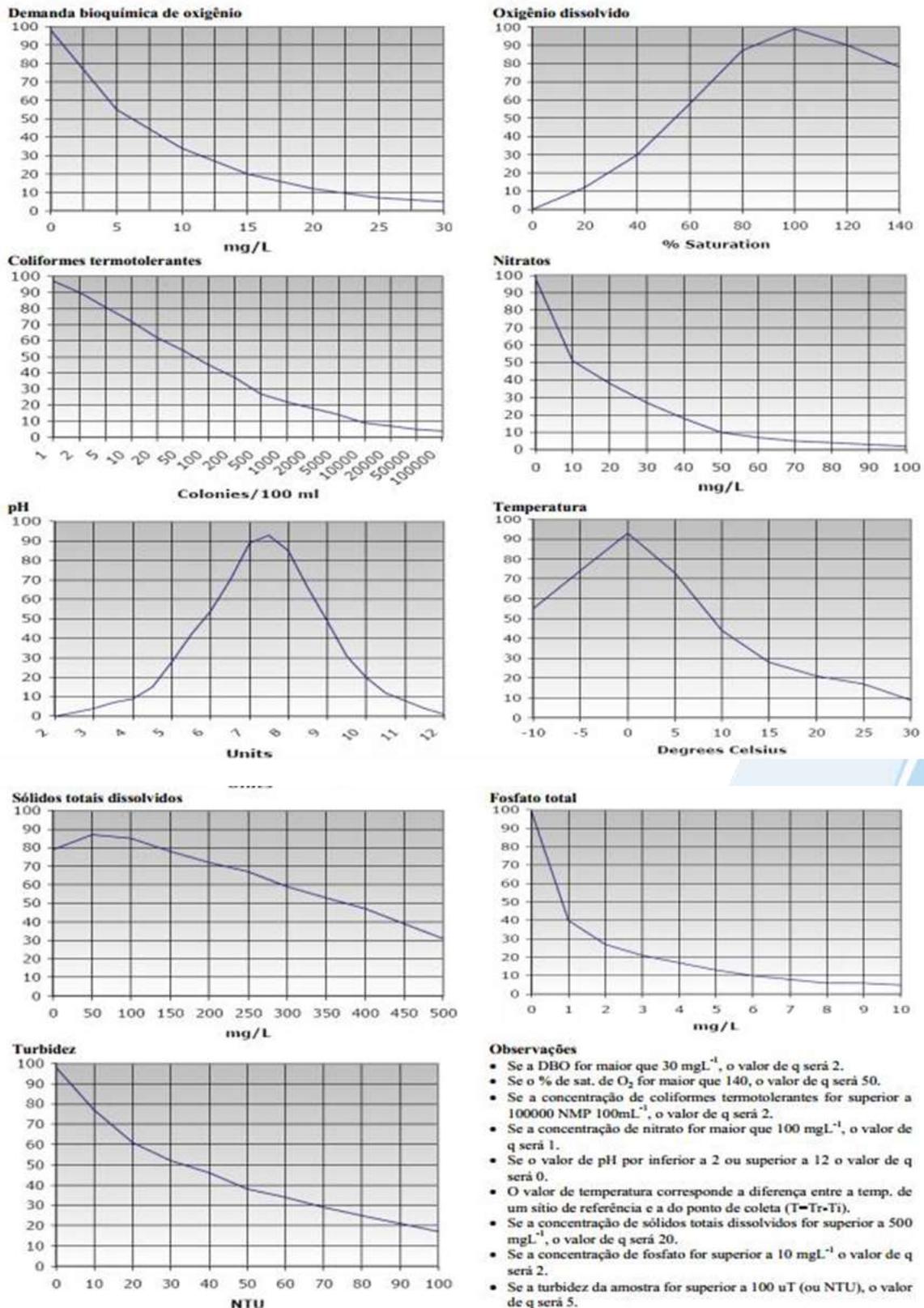
Sendo:

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.

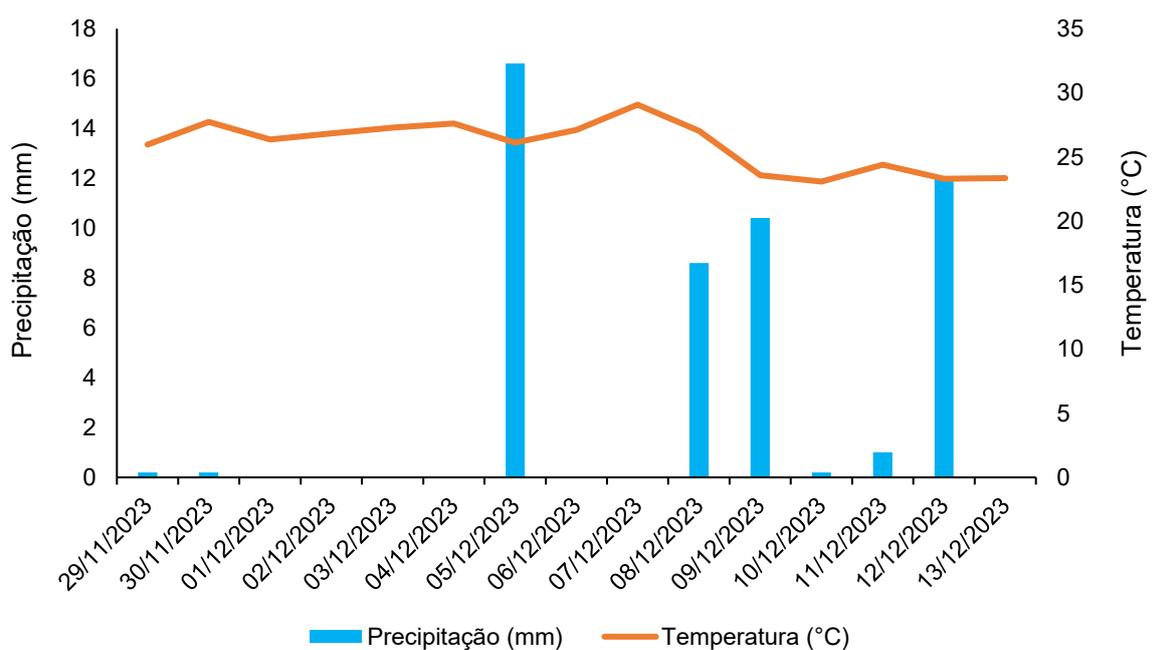
6 Resultados e discussão

6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos quinze dias que antecederam a coleta indicaram uma média de temperatura de 25,9°C e pluviosidade acumulada de 49,2 mm (Figura 6-1), o que indica valores de chuva forte (25 mm a 50 mm), de acordo com a literatura que descreve a classificação pluviométrica do INMET (SILVA; FRANCA, 2021).

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores à da campanha realizada em dezembro de 2023.



Os resultados obtidos para a campanha de dezembro de 2023 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 na campanha realizada em dezembro de 2023.

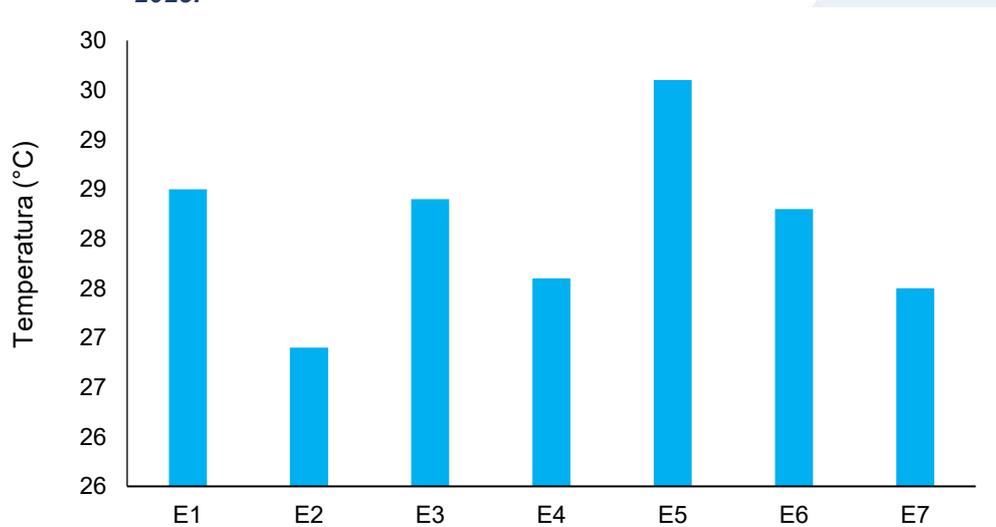
Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E1	13/12/2023	Sup	0,04	93,0	182,0	72,0	30,3	5,80	28,50	3,35	51,0	0,06	N.D	0,3	0,06	140,0
		Fun	0,20	87,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2		Sup	0,11	232,0	328,0	150,0	174,8	6,07	26,90	2,41	45,0	<0,01	N.D	1,2	0,2	>1600,0
		Fun	1,23	219,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3		Sup	0,34	703,0	269,0	150,0	38,9	6,11	28,40	2,41	16,0	0,17	0,19	1,0	0,08	920,0
		Fun	0,34	703,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E4		Sup	0,05	104,0	162,0	78,0	9,5	5,94	27,60	2,63	16,0	<0,01	N.D	0,5	0,06	220,0
		Fun	0,87	101,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5		Sup	1,18	2325,0	1264,0	1152,0	38,1	7,58	29,60	4,89	69,0	0,59	0,37	4,9	0,1	>1600,0
		Fun	0,81	1627,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E6		Sup	1,58	2976,0	1042,0	910,0	48,3	6,24	28,30	3,14	34,0	0,27	0,26	2,0	0,08	>1600,0
		Fun	1,58	2973,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E7		Sup	32,35	49540,0	36242,0	36222,0	14,5	7,82	27,50	4,75	66,0	<0,01	N.D	0,3	0,12	23,0
		Fun	33,02	52830,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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		

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 apresentaram uma variação entre 26,90°C (E2) e 29,60°C (E5). A oscilação desse parâmetro foi notada, via de regra, tanto nas águas analisadas dos pontos E1, E2 e E4, situados na região a montante do rio das Ostras, bem como na região a jusante, onde diferenças significativas foram observadas nas amostras de E5 a E7 (entre 27,50°C e 29,60°C) (Figura 6-2).

Figura 6-2 Resultados de temperatura da campanha realizada em dezembro de 2023.



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).

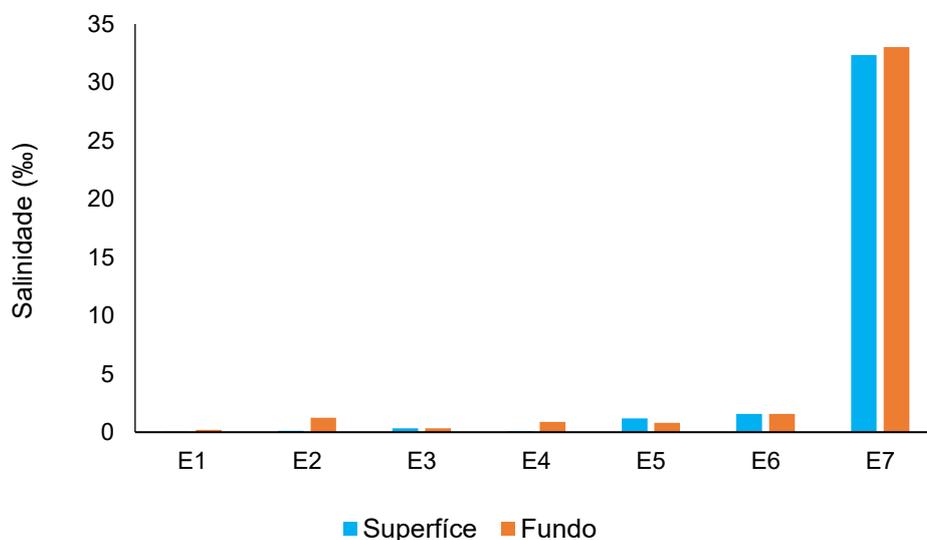
A salinidade na presente campanha variou de 0,04‰ na amostra de E1 a 32,35‰ nas águas analisadas do ponto amostral E7 (superfície). Com base nos resultados obtidos, observa-se que os menores valores dessa variável ambiental foram detectados nas amostras situadas no rio Iriri (Figura 6-3).

Diferentemente do que tem sido observado nas campanhas anteriores de monitoramento, constatou-se uma diferença entre a salinidade registrada na superfície e no fundo nas amostras analisadas em E2 e E4, nas quais os valores reportados na superfície são característicos de águas doces e os resultados obtidos no fundo indicam uma salinidade correspondente a de águas salobras (Tabela 6-1 e Figura 6-3).

Em relação às amostras das estações E2 e E4, segundo dados pretéritos 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).

Diante dos resultados obtidos para a salinidade medida na superfície, as águas avaliadas nos pontos E1 até E4 foram comparadas com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. As amostras de 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.

Figura 6-3 Resultados de salinidade medida na superfície e no fundo na campanha realizada em dezembro de 2023.



6.1.4 Condutividade

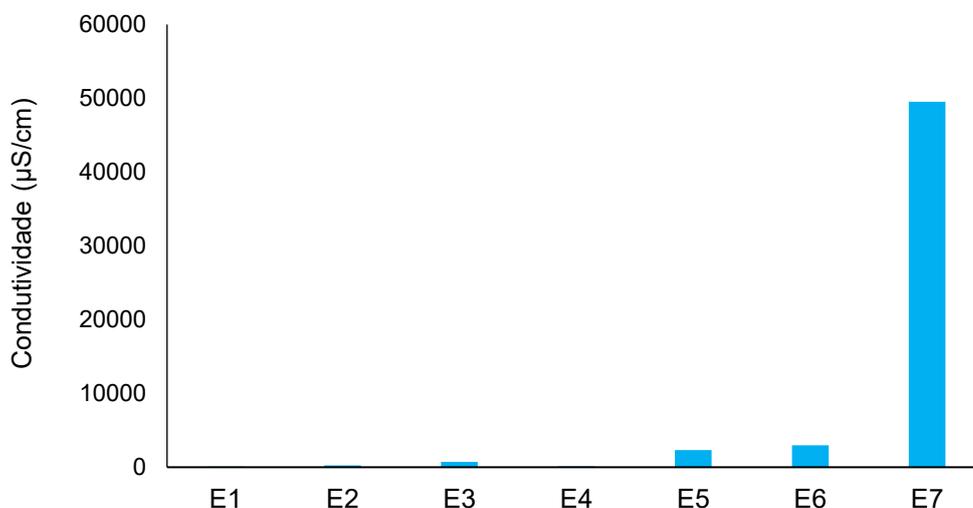
A condutividade é uma medida da capacidade de condução de corrente elétrica na água, sendo influenciada em decorrência da concentração de sólidos inorgânicos dissolvidos (ânions e cátions), compostos orgânicos (óleos, fenóis, graxas) e da temperatura da água (CETESB, 2014).

A condutividade medida em campo também apresentou uma variação espacial. Os valores registrados na superfície variaram de 93 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E1 a 49540,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E7. Esse mesmo padrão de resultados foi notado nos valores de salinidade, portanto, os dados apresentados reforçam a relação entre essas duas variáveis, uma vez que a salinidade é calculada a partir dos resultados de condutividade.

Os menores valores de condutividade foram detectados nas amostras dos pontos E1, E2 e E4 localizados a montante da formação do rio das Ostras, com aumento notado a partir das águas analisadas em E5 no Valão das Corujas até o ponto E7, situado na foz do rio. Destaca-se ainda que o ponto E3, localizado no rio das Ostras e a montante do deságue do Valão das Corujas (E5), apresentou valor elevado desse parâmetro, o que evidencia a intrusão salina no rio das Ostras.

Conforme a Tabela 6-1 não são observadas diferenças significativas dos resultados de condutividade medidas na superfície e no fundo.

Figura 6-4 Resultados de condutividade da campanha realizada em dezembro de 2023.



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).

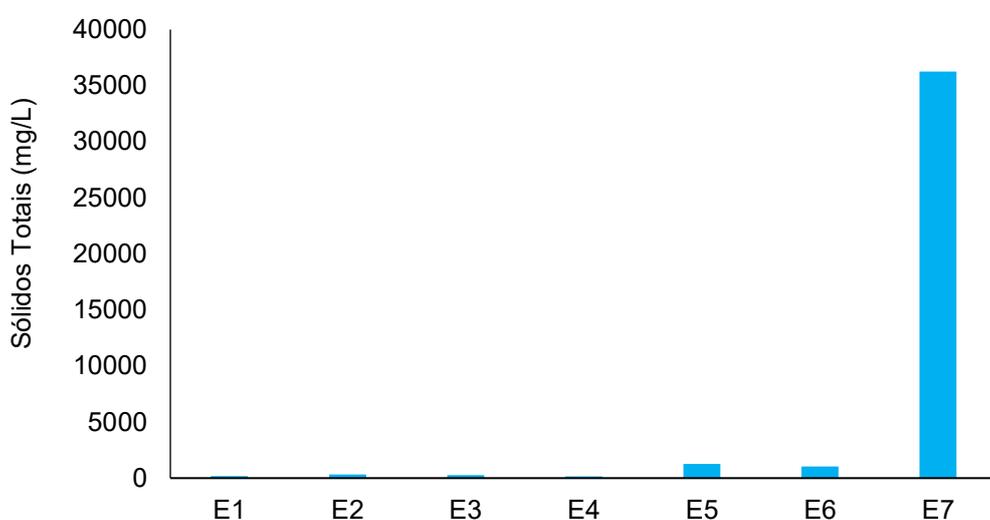
No que se refere aos sólidos totais, a menor concentração detectada foi na amostra de E4, registrando 162 mg/L (Figura 6-5). No entanto, cabe salientar que apesar de ser a concentração mais baixa de sólidos totais, foi observado um aumento dos sólidos nas águas analisadas em E4 a partir da campanha de outubro de 2023, fato que pode estar associado ao aumento do lançamento de esgoto no rio Iriri. O aumento dos sólidos totais pode ter uma relação com o aumento da precipitação e também com o turismo, que pode levar a uma elevação considerável de pessoas na região da bacia do rio das Ostras, especialmente nos meses de dezembro e fevereiro (PRIOSTE, 2007).

As maiores concentrações de sólidos totais foram observadas nas águas analisadas na amostra da estação E7, registrando 36242 mg/L. Os resultados obtidos para

a amostra desse ponto indicam a influência de atividades urbanas e corroboram com os dados históricos dessa variável ambiental de estudos realizados na mesma localidade, reportando altos valores para as águas situadas na foz do rio (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Cabe salientar que na Resolução CONAMA 357/05 não há valores máximos descritos para esse parâmetro.

Figura 6-5 Resultados de sólidos totais da campanha realizada em dezembro de 2023.



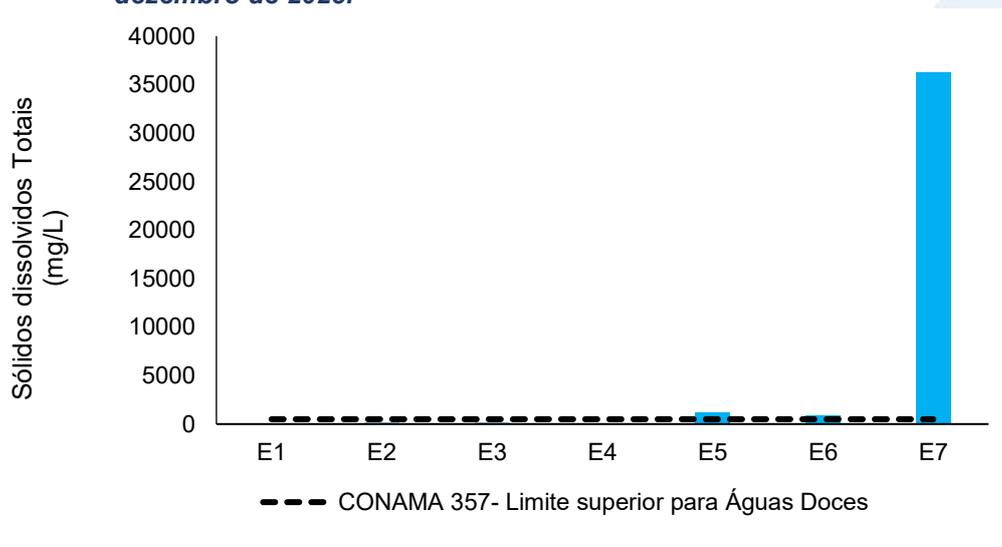
6.1.6 Sólidos dissolvidos totais

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 presente campanha, notou-se que as amostras 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).

Salienta-se que para essa variável ambiental não existem valores de referências para águas salobras e salinas. No entanto, nota-se concentração elevada dessa variável física na amostra de E7 (36222 mg/L), o que corrobora com os resultados de condutividade, já que é uma forma de medição indireta de sólidos dissolvidos. Além disso, ressalta-se que os valores mais elevados de sólidos dissolvidos totais nas águas analisada na foz do rio das Ostras podem ter uma associação com a influência das marés e dos ventos, que favorecem a movimentação de massas.

Figura 6-6 Resultados de sólidos dissolvidos totais da campanha realizada em dezembro de 2023.



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

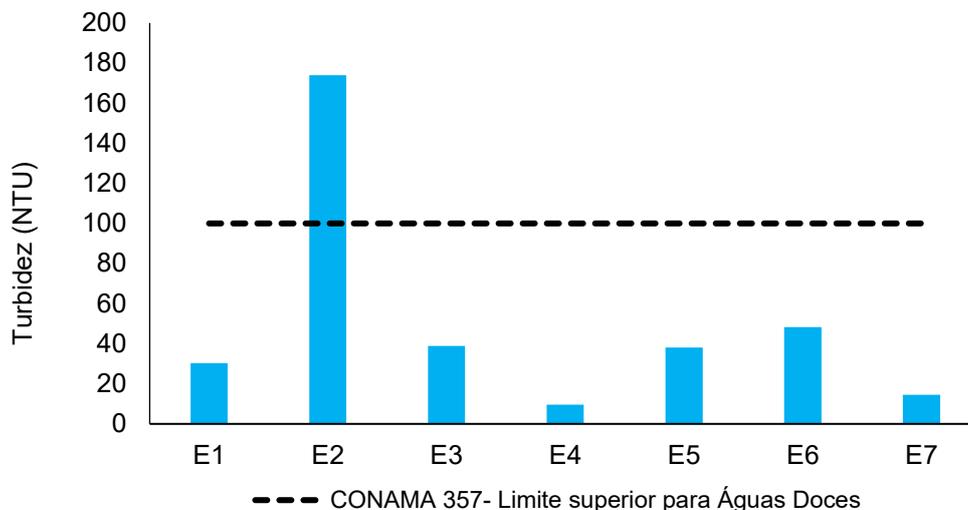
fotossíntese, afetando o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

Em relação à turbidez, as análises das águas da presente campanha, não apresentaram um padrão específico para esse parâmetro. O menor valor de turbidez foi observado na amostra do ponto E4, reportando 9,54 NTU e o maior valor registrado foi de 174,8 NTU nas águas analisadas em E2. É válido salientar um aumento dos valores reportados nas águas avaliadas em E2 a partir da coleta de outubro de 2023. Portanto, acredita-se que os processos de erosão do solo, além do uso e ocupação irregular do entorno tenha influenciado no aumento da turbidez nas amostras dessa estação amostral (Figura 6-7). Além da influência da chuva observada no dia anterior à coleta realizada (Figura 6-1).

Diante dos resultados obtidos, verificou-se que os valores de turbidez estão dentro do limiar estabelecido pela normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (100 NTU), com exceção da amostra de E2. Destaca-se que para águas salobras e salinas, não há descrito na Resolução CONAMA nº 357/2005 limites estabelecidos.

Salienta-se ainda que, majoritariamente, nota-se um aumento da turbidez, ao longo das campanhas quando comparado aos dados históricos de 2003, onde 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), o que indica um aumento da erosão dos solos ao longo do tempo e também pode ter uma associação com uma maior frequência de processos de eutrofização, que também favorecem o incremento da turbidez.

Figura 6-7 Resultados de turbidez da campanha realizada em dezembro de 2023.



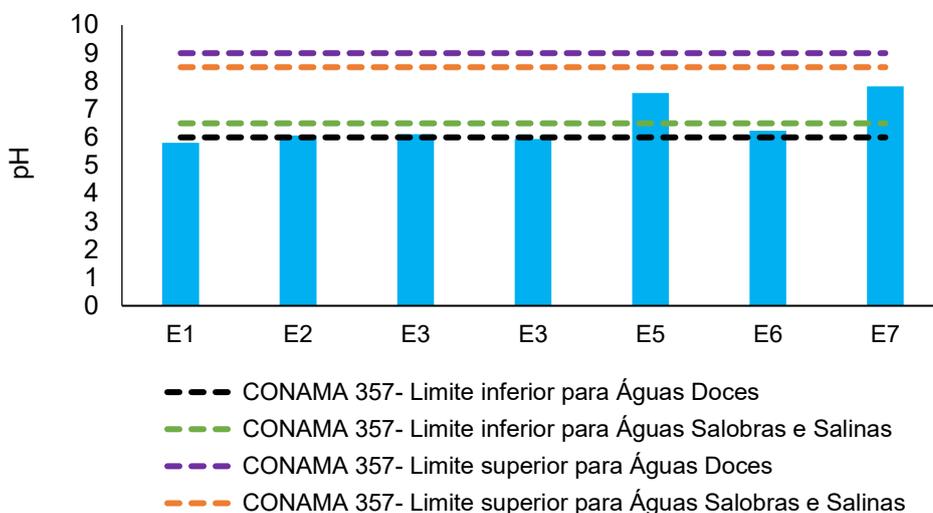
6.1.8 pH

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).

No que se refere a essa variável química, foi observada uma variação entre 5,80 na amostra de E1 e 7,82 nas águas analisadas em E7 (Figura 6-8). Em relação aos valores estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, notou-se que as amostras de E1 (5,80) e E4 (5,94), apresentaram valores abaixo do estabelecido para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6 e 9). Sugere-se que o uso de fertilizantes provenientes de atividades agrícolas no entorno do rio Iriri pode ter influenciado a redução do pH das amostras previamente mencionadas. Além disso, já foi reportado previamente águas mais ácidas nas águas do rio Iriri (BARROSO; MOLISANI, 2019), o que corrobora com os resultados obtidos na amostra de E4.

As demais amostras analisadas apresentaram valores de pH dentro dos limites estabelecidos pela legislação supracitada para Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1.

Figura 6-8 Resultados de pH da campanha realizada em dezembro de 2023.



6.1.9 Oxigênio dissolvido

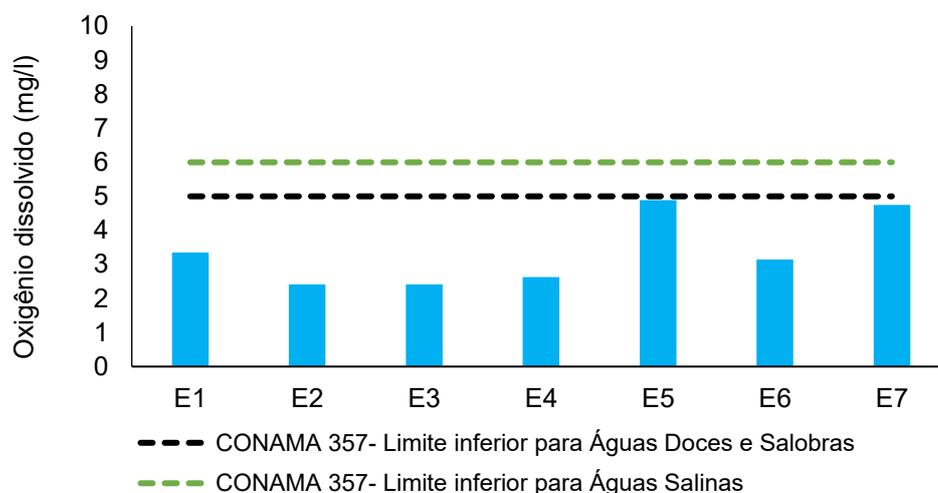
O oxigênio representa o gás mais importante para manutenção da vida, sendo fundamental para diversas atividades metabólicas relacionadas ao crescimento, reprodução e obtenção de energia na maioria dos seres vivos (ALVARADO; AGUILAR, 2009). Para ecossistemas aquáticos, o oxigênio dissolvido, além de sua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

No que tange a essa variável química, verificou-se que a concentração de oxigênio dissolvido apresentou uma variação de 2,41 mg/L nas águas analisadas em E2 e E3 a 4,89 mg/L na amostra avaliada em E5. Com base nos resultados obtidos, todas as amostras apresentaram valores abaixo do indicado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L), Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L) e Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L) (Figura 6-9).

Com base nos resultados, fica evidente a alta carga de matéria orgânica em todos os corpos hídricos monitorados, indicando uma elevada degradação da qualidade das águas. Ressalta-se também que, segundo dados pretéritos, baixos valores de OD já foram reportados nas águas das mesmas estações amostrais do presente estudo ambiental, variando de 4,1 a 4,8 mg/L (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Portanto, os dados históricos e as informações apresentadas nesse

relatório, reforçam a descarga de águas residuais no sistema, reduzindo o OD que é consumido nos processos bioquímicos. Além disso, águas mais ácidas, conforme evidenciado nas amostras de E1 e E4 também tendem a reduzir o oxigênio dissolvido, bem como processos de eutrofização. Esses fatores merecem destaque, pois, as baixas concentrações desse parâmetro colocam em risco a biodiversidade e a população que utiliza os serviços ecossistêmicos provenientes desses corpos hídricos

Figura 6-9 Resultados de OD da campanha realizada em dezembro de 2023.



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 zooplanctônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2014).

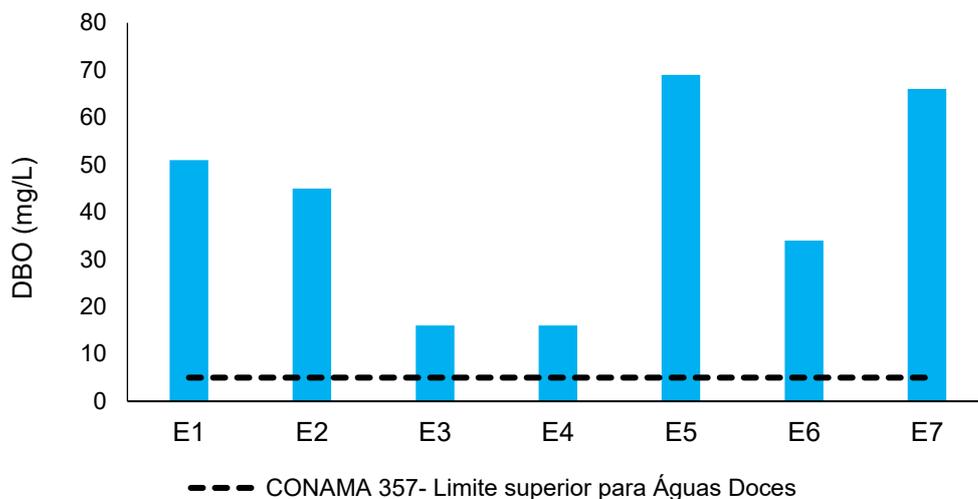
Em relação à DBO, foram detectados valores entre 16,0 mg/L nas amostras de E3 e E4 a 69,0 mg/L nas águas analisadas em E5. Com base nos resultados obtidos, fica evidenciada a relação inversamente proporcional entre DBO e OD, já que em todas as amostras foram observados baixos valores de OD e de maneira geral, altas concentrações de DBO (Figura 6-10).

Vale salientar que as concentrações desse parâmetro estão acima do valor máximo estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/05 para todas as amostras classificadas como Águas Doces Classe 2. Reforça-se que não há limite estabelecido pela legislação de referência para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1.

Ressalta-se ainda que foi notado um aumento das concentrações de DBO na presente campanha em relação aos resultados obtidos da coleta realizada em outubro de 2023, portanto, é um fator de atenção que deve ser considerado também para monitoramentos ambientais futuros.

Os valores de DBO presentes nas amostras sugerem a influência do uso e ocupação do solo no entorno das estações. Além disso, as águas analisadas no ponto E5, situado no Valão das Corujas, têm um histórico de despejo de efluentes sanitários sem tratamento (PRIOSTE, 2007), o que se confirma com os resultados desse parâmetro.

Figura 6-10 Resultados de DBO da campanha realizada em dezembro de 2023.



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 (ESTEVEZ, 2011).

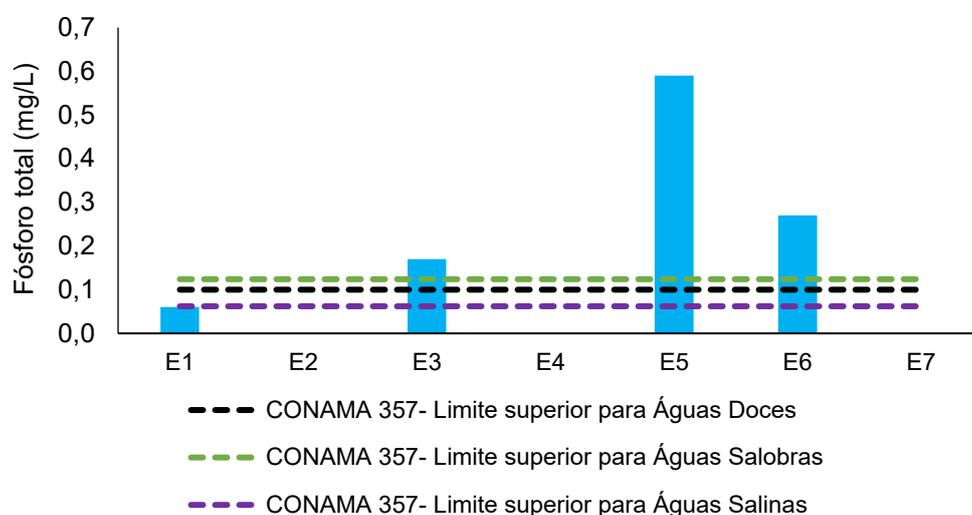
Quanto ao fósforo total, a variação desse parâmetro foi de <0,01 mg/L (menor que o limite de detecção do método analítico) nas amostras de E1, E4 e E7 a 0,59 mg/L nas águas analisadas em E5 (Figura 6-11). Notou-se que na presente campanha, as menores concentrações desse parâmetro foram nos rios Iriri (E4) e Jundiá (E2) e na amostra situada na foz do rio das Ostras (E7).

Na presente campanha, 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 águas analisadas em 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). As demais amostras estavam em conformidade com os limiares delimitados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para os diferentes enquadramentos das águas.

Destaca-se que o fósforo é um nutriente que pode chegar no ambiente através do lançamento de efluentes domésticos, industriais e agrícolas e favorecer o crescimento acelerado de algas em rios (PRIOSTE, 2007), colocando em risco a biota e a qualidade hídrica, bem como a saúde pública.

Conforme mencionado em relatórios prévios as altas concentrações de fósforo devem ser um ponto de alerta para as próximas campanhas, para verificar se esse padrão se manterá nos estudos ambientais futuros.

Figura 6-11 Resultados de fósforo total da campanha realizada em dezembro de 2023.



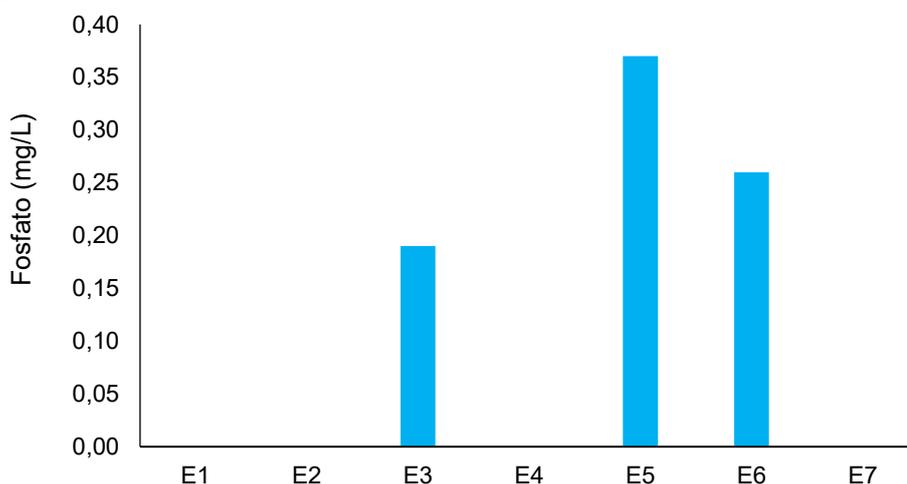
6.1.12 Fosfato

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 presente campanha, de maneira geral, não foram detectadas concentrações de fosfato nas águas analisadas nas diferentes estações amostrais (Figura 6-12). A exceção ocorreu na amostra de E3, que reportou 0,19 mg/L e nas águas analisadas em E5 e E6, que apresentaram 0,37 mg/L e 0,26 mg/L, respectivamente.

É importante mencionar que na Resolução CONAMA 357/2005 não há valores de referência para fosfato. No entanto, é importante observar que a amostra de E5 apresentou elevada concentração de fosfato, assim como de fósforo total. Esses resultados indicam o lançamento de efluentes sem tratamento nas águas do Valão das Corujas.

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



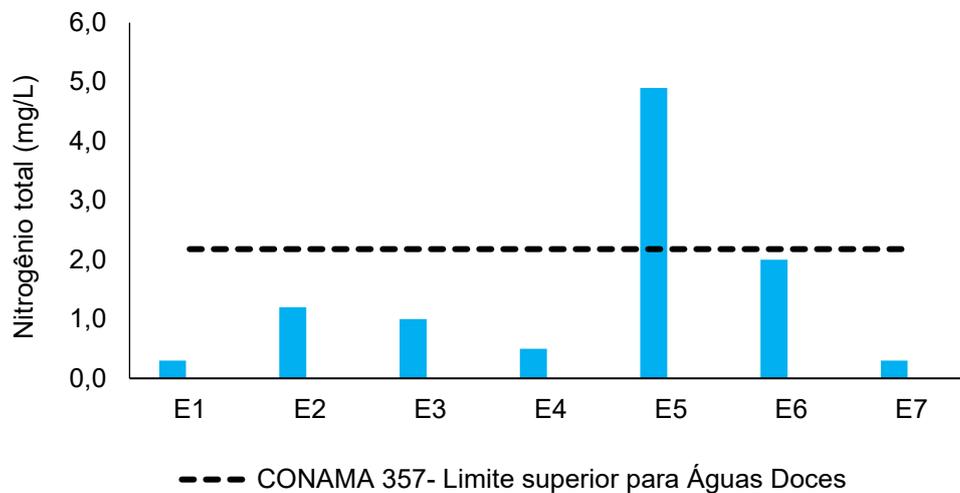
6.1.13 Nitrogênio total

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).

No que se refere a esse nutriente, os valores variaram de 0,3 mg/L nas amostras de E1 e E7 a 4,9 mg/L nas águas analisadas em E5 (Figura 6-13).

Em relação à comparação com a normativa ambiental, verificou-se que as amostras classificadas como águas doces apresentaram valores dentro do estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Água Doce de Classe 2 em ambientes lóticos (2,18 mg/L). Salienta-se que na legislação supracitada não há valores máximos estabelecidos para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1. No entanto, as altas cargas de nitrogênio total, bem como fósforo e fosfato, observadas na amostra de E5, reforçam o lançamento de efluentes no Valão das Corujas. Adicionalmente, é válido salientar que esses nutrientes, aliados a outros fatores ambientais, propiciam a ocorrência da eutrofização em ambientes aquáticos, colocando em risco a biodiversidade e a saúde humana.

Figura 6-13 Resultados de nitrogênio total da campanha realizada em dezembro de 2023.



6.1.14 Nitrato

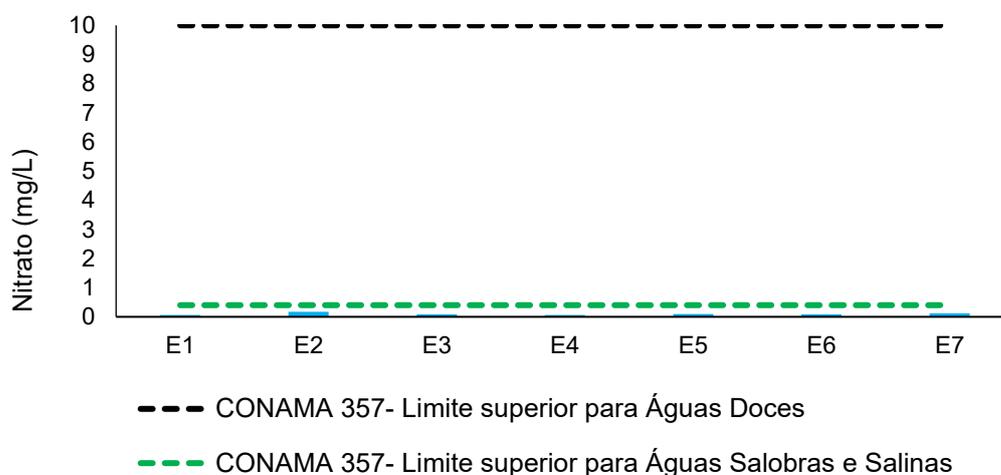
O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. (CETESB, 2014). Nesse sentido, destaca-se que o nitrato é um íon relevante e ocorre naturalmente no ambiente, mas, atualmente, sua detecção em excesso nos diferentes compartimentos ambientais está 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 tange ao nitrato, foi notada uma variação de 0,06 mg/L nas águas analisadas em E1 e E4 a 0,17 mg/L na amostra de E2. Quando comparado aos valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005, evidencia-se que todas as amostras apresentaram concentrações que estavam em conformidade para Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 (Figura 6-14).

Um outro aspecto importante nesse contexto, é que as formas do nitrogênio detectadas na água podem indicar o estágio de poluição de um corpo hídrico. Valores

elevados de nitrogênio na forma orgânica apontam para uma contaminação atual, já a ocorrência majoritária de nitrato sugere uma poluição mais antiga (VON SPERLING, 2014). Nesse sentido, os valores de nitrato detectados apontam ausência de contaminação prévia, e as concentrações de nitrogênio total supracitadas indicam impactos recentes mais significativos na qualidade hídrica, principalmente na amostra analisada na estação situada no Valão das Corujas (E5).

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



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).

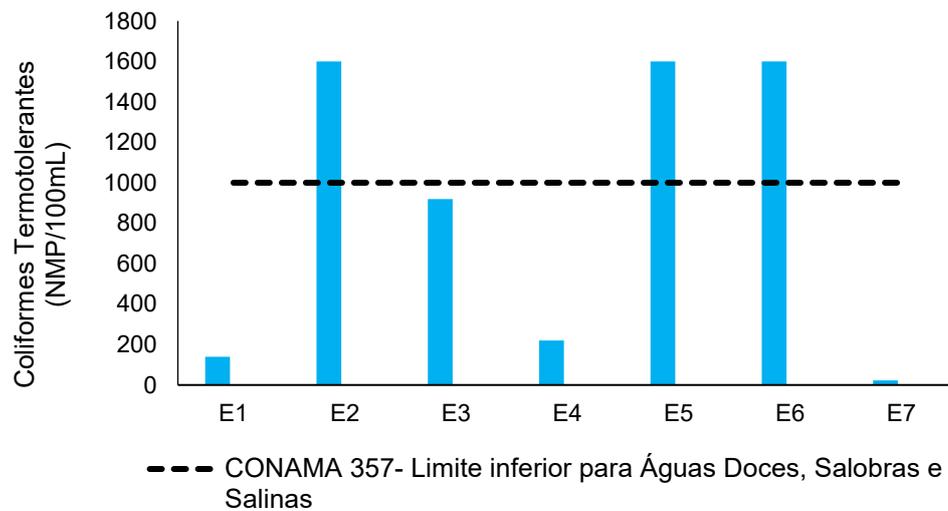
Na presente campanha, esse parâmetro microbiológico apresentou uma ampla variação, com a menor concentração detectada de 23 NMP/100 mL na amostra de E7 a >1.600,0 NMP/100 mL (acima do valor máximo quantificável pelo método analítico) nas águas analisadas em E2, E5 e E6.

Diante desses resultados, as concentrações apresentadas nas amostras de E2, E5 e E6 ficaram acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas

Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (1.000 NMP/100 mL). Já as demais amostras avaliadas exibiram valores em conformidade com a legislação supracitada (Figura 6-15).

Os resultados obtidos indicam um alto grau de poluição proveniente de despejo de águas residuais sem tratamento nas águas dos corpos hídricos que são monitorados no presente estudo ambiental.

Figura 6-15 Resultados de coliformes termotolerantes da campanha realizada em dezembro de 2023.



7 Diagnóstico da atual campanha

Em relação à caracterização da área de estudo, quanto à salinidade, nota-se aumento dessa variável ambiental, de maneira geral, de E1 a E7 em direção à foz, ponto esse que apresentou características de águas salinas de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Ao analisar os resultados da presente campanha, observa-se, majoritariamente, que não há estratificação hialina entre as massas d'água da superfície e do fundo, com exceção das amostras de E2 e E4. No entanto, conforme mencionado previamente, já foram detectadas nas áreas de coleta dos pontos previamente mencionados águas com características salobras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012), o que reforça que os dados apresentados seguem um padrão histórico.

Além disso, as informações apresentadas no presente relatório evidenciam que o estuário do rio das Ostras sofre uma grande influência da maré, que chega nas áreas mais interiores do rio através das micromarés, que podem chegar até 6 km para o interior do continente, dependendo da precipitação e do volume dos rios (BARROSO; MOLISANI, 2019), o que pode ter influenciado na diferença de salinidade nas águas analisadas em E2 e E4.

Destaca-se que os maiores valores de salinidade, condutividade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e pH foram detectados nas águas analisadas em E7, ponto amostral situado na foz do rio das Ostras. Devido à associação entre o pH e a condutividade, esses parâmetros podem sofrer influência, por exemplo, dos sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e da salinidade, já que as faixas de variação do pH atuam na precipitação de material particulado, íons e sais que medem a condutividade (ESTEVES, 2011).

No que se refere à turbidez, a amostra do ponto E2 apresentou os maiores valores desse parâmetro. Os resultados obtidos podem ter uma relação com a presença de matéria orgânica proveniente da decomposição de matéria vegetal, que favorece a liberação de ácidos húmicos, escurecendo a água e impedindo a penetração de luz (BARROSO; MOLISANI, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Adicionalmente, acredita-se que o uso e ocupação do solo do entorno da estação E2 podem ter um impacto significativo na qualidade desse trecho por conta dos empreendimentos na proximidade, o que pode ser verificado em imagens de

satélite, nas quais evidenciam-se a área de exposição de sedimentos que são carregados diretamente para o rio. Outro fator importante é que o rio Jundiá está situado na zona de expansão do município de Rio das Ostras, segundo o Plano Diretor da cidade (RIO DAS OSTRAS, 2006). Portanto, todos esses fatores e os processos erosivos no entorno dessa estação amostral podem ter favorecido o aumento da turbidez.

Ainda no que tange ao ponto E2, destaca-se que a remoção de macrófitas do rio pode ter uma associação nas concentrações obtidas em alguns parâmetros analisados, como, por exemplo, oxigênio dissolvido e nutrientes (PRIOSTE, 2007; SILVA et al. 2012).

No tocante aos nutrientes analisados, notou-se concentrações elevadas de fósforo total, fosfato e nitrogênio total nas águas analisadas em E5, o que reforça os impactos antrópicos no Valão das Corujas, como por exemplo, o lançamento de efluentes *in natura*. Isso se confirma com o descrito na literatura para esse corpo hídrico, já que o Valão das Corujas recebe águas residuais sem tratamento, e suas águas são macroscopicamente degradadas (PRIOSTE, 2007). O mesmo também é verificado nos registros fotográficos de campo, conforme demonstrado no ANEXO 3.

É válido salientar que após esse trecho, ainda existem outros locais que reconhecidamente realizam o descarte inadequado entre E6 e E7, como Boca da Barra, Nova Esperança, Costa Azul, Liberdade entre outros, que têm seus resíduos lançados no rio das Ostras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012; GOMES, 2009), fato corroborado pelas concentrações de coliformes termotolerantes nas águas analisadas em E6 e sólidos totais na amostra de E7.

Nas regiões menos urbanizadas, como nos rios Iriri e Jundiá (estações E1, E2 e E4), é provável que haja maior influência de atividades agrárias, visto que, segundo o relatório do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras (2013), pastagem e pastagem em várzea representam, respectivamente, 64,67% e 4,92% da área do município e circundam a região monitorada (BARROSO; MOLISANI, 2019, BERNINI et al., 2013; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2013). Nesse sentido, acredita-se que a utilização de fertilizantes nas atividades agrícolas pode ter favorecido a redução do pH das águas analisadas em E4.

Um outro fator que merece destaque são as baixas concentrações de OD e altos valores de DBO em todas as amostras analisadas, indicando um alto grau de poluição proveniente de esgoto (JORDÃO; PESSÔA, 2014). Salienta-se que ambientes aquáticos

com valores reduzidos de OD tendem à perda de biodiversidade, já que os organismos apresentam uma tolerância a essa variável ambiental (CETESB, 2024).



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, sendo assim, o modelo fatorial utilizado é apropriado para a realização da análise de dados. Já o teste de KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso o modelo é considerado adequado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1 (OLINTO, 2007; PRADO et al. 2016). Com base nos resultados expostos na [Tabela 7-1](#) observa-se que o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valores significativos ($p < 0,05$). Já o teste de KMO apresentou valores abaixo do considerado desejável (0,500), mas, de acordo com o tamanho da amostra obtida na atual campanha, considera-se um resultado aceitável.

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

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,500
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	284
Graus de liberdade	55
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 42,53% e 34,01% da variação dos dados, totalizando 76,54%, que podem ser vistos na [Figura 7-1](#).

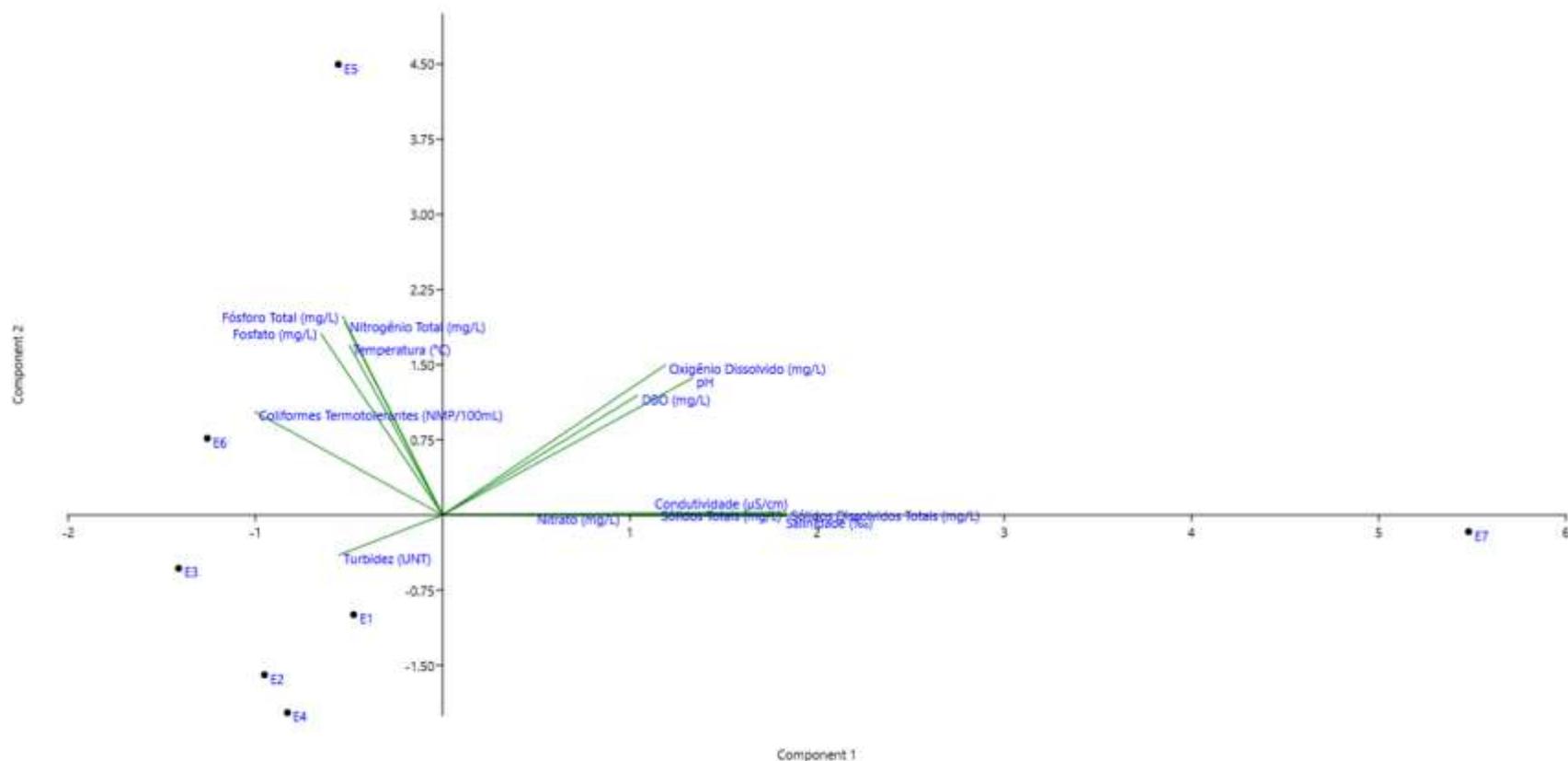
Com base na [Figura 7-1](#), verifica-se que os nutrientes nitrogênio total, fósforo total e fosfato influenciaram as águas analisadas em E5, o que reforça os resultados apresentados previamente. Nesse sentido, é válido ressaltar que os nutrientes previamente mencionados favorecem o processo de eutrofização artificial, responsável pela redução da biota e impactando a saúde pública. Cabe salientar que, com base em estudos prévios, esse corpo hídrico já apresenta um histórico de poluição por efluentes

doméstico sem tratamento (PRIOSTE, 2007), o que fica evidente com os altos valores de nutrientes detectados.

Constata-se também que a turbidez apresentou uma influência sobre as amostras de E1, E2 e E4. Isso pode ser justificado pela variação dos valores reportados nas águas desses pontos amostrais, já que a variabilidade foi de 9,54 NTU (E4) a 174,8 NTU (E2). Além disso, na estação E2, os resultados obtidos apontam valores acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Adicionalmente, é possível observar que os coliformes termotolerantes se apresentam como uma variável explicativa atuando sobre a amostra de E6. Esse resultado se coaduna com os altos valores detectados dessa variável ambiental para as águas analisadas em E6, indicando o aporte de efluentes nos sistemas.

Figura 7-1 Resultado da análise dos componentes principais.



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 coluna, presente na Tabela 7-2, contempla 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 segunda coluna, para a realização do cálculo do IQANSF foram consideradas as seguintes variáveis ambientais: coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, nitrato, OD, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez.

Os valores de IQA na presente campanha apresentaram os menores valores em E2 (26,65 e 27,56) e os maiores resultados em E4 (48,28 e 48,76) (Tabela 7-2). Pequenas variações de valores de IQA foram notadas entre as duas formas de cálculo supracitadas, no entanto, todas as amostras analisadas apresentaram a mesma categoria de resultados. Os resultados estiveram entre 25 e 50, indicando um resultado de IQA ruim para todas as águas analisadas (Tabela 7-2).

Diante do exposto, todas as amostras foram consideradas impróprias para o tratamento convencional, sendo necessário tratamentos mais avançados (Tabela 7-2).

Segundo os boletins disponibilizados no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os valores históricos do IQA obtidos das análises realizadas entre 2013 até 2022 apresentaram como resultado sete avaliações de classificações ruins e duas como médias (INEA, 2022). Com base no monitoramento realizado pelo órgão ambiental e diante do presente estudo ambiental, apenas a estação amostral E7 se aproxima com o ponto de coleta descrito nos relatórios consolidados do INEA da Região Hidrográfica VIII- Macaé e das Ostras.

Na amostragem realizada em dezembro, o IQA da amostra de E7 foi classificado como ruim, o que indica que as águas da foz do rio das Ostras ainda são impactadas por diferentes atividades antrópicas que culminam na sua degradação, evidenciando também a ausência de medidas de mitigação, já que esse cenário é observado desde 2013.

Destaca-se ainda que o menor valor do IQA foi reportado nas águas analisadas em E2 (categoria ruim), o que pode ter uma associação com os altos valores de turbidez, coliformes termotolerantes e nitrato reportados e as baixas concentrações de oxigênio dissolvido, o que refletiu nos resultados do índice supracitado.

As estações amostrais, de forma majoritária, apresentaram uma influência significativa das marés na presente campanha, sendo caracterizadas nas águas superficiais como Águas Doces Classe 2 as amostras de E1 a E4, Água Salobra Classe 1 nas águas avaliadas em E5 e E6 e Água Salina Classe 1 na amostra de E7. Diante disso, reforça-se que a variação de salinidade tem influência nos demais parâmetros, como pH, sólidos totais dissolvidos, turbidez, entre outros, o que pode mascarar ou apresentar resultados não condizentes com as categorias preconizadas pelo Índice de Qualidade da Água (IQA). Sendo assim, a continuidade do monitoramento poderá indicar se o índice pode ser aplicado à bacia hidrográfica analisada, principalmente nos pontos que apresentam maior influência de salinidade, com confiabilidade.

Tabela 7-2 - Resultados de IQA em cada estação amostral do mês de dezembro de 2023.

Estação	Localização	IQA Dez/2023*	IQA Dez/2023**
E1	Afluente do rio Iriri	38,80	39,77
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	26,65	27,56
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	40,46	41,17
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	48,28	48,75
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	32,17	34,42
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	29,15	29,69
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	45,96	46,04
Intervalo de Valores de IQA	100 ≥ IQA ≥ 90 90 > IQA ≥ 70 70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

* Considerando as variáveis: DBO, OD, sólidos totais, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, pH, temperatura, fósforo total e turbidez

** Considerando as variáveis: DBO, OD, sólidos totais dissolvidos, coliformes termotolerantes, nitrato, pH, temperatura, fosfato e turbidez.

8 Observações gerais

A partir dos resultados da campanha de dezembro de 2023, bem como em todo monitoramento realizado, nota-se que a qualidade hídrica na bacia hidrográfica do rio das Ostras tem como principais forças motrizes a influência da precipitação e das micromarés presentes na região, o que foi evidenciado, por exemplo, na diferença de salinidade observada na superfície e fundo das amostras de E2 e E4. Ademais, verifica-se os impactos das atividades antrópicas, como o lançamento de efluentes sem tratamento, o uso e ocupação do solo e dos processos erosivos influenciando na degradação dos corpos hídricos monitorados.

Um fator que merece destaque, e vem sendo observado nas campanhas de agosto e outubro de 2023 e se repete na atual campanha são os valores baixos de oxigênio dissolvido e altas concentrações de DBO em todas as amostras analisadas, o que indica uma carga elevada de matéria orgânica no sistema. Além disso, os valores reduzidos de OD podem ser uma condição limitante para os organismos aquáticos, já que pode levar a morte de animais, impactando os habitats e a biodiversidade, bem como os serviços ecossistêmicos de abastecimento, suporte e regulação.

Além dos parâmetros supracitados, vale salientar que na amostra de E2 foram detectadas as menores concentrações de OD e altas concentrações de turbidez e coliformes termotolerantes, tendo como consequência o menor valor do IQA da atual campanha (categoria ruim).

Adicionalmente, observou-se valores elevados dos nutrientes fósforo total, fosfato e nitrogênio total nas águas analisadas em E5. Reforça-se que esses parâmetros aliados a outros fatores ambientais favorecem os processos de eutrofização artificial que comprometem os ecossistemas aquáticos e deteriora a qualidade das águas.

Por fim, vale destacar que a continuidade do monitoramento pode permitir a identificação da influência da variação sazonal nos resultados e na confirmação dos padrões de resultados já evidenciados ao longo de um ano de monitoramento. complementarmente, será capaz de auxiliar no embasamento da interferência da maré nos pontos monitorados e no enquadramento dos corpos hídricos da bacia devido à presença e ação da salinidade nos parâmetros avaliados e utilizados para cálculo do IQA.

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.

ALAHY, 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/fle/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.

JORDÃO, Eduardo.; PESSÔA, Constantino. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014.

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/M88strXhYpXfLCC7tkVYrK/?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. Rio das Ostras, 2006.

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.

RIO DAS OSTRAS. **Lei Complementar nº004/2006**. Dispõe sobre Plano Diretor, o sistema e o processo de planejamento e gestão do desenvolvimento urbano do Município de Rio das Ostras.

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.

SILVA, Deivid Souza.; MARQUES, Elineide Eugenio.; LÓLIS, Solange Fátima. Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”? **Revista Interface**, n 04, p.17-27. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/article/view/355>. Acesso em 08 abr. 2024.

TOLEDO, Luís Gonzaga de.; NICOLELLA, Gilberto. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 181-186, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/kpzVhzFFCk3zxFZfVFXPvZG/#>. 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