

Relatório Técnico Parcial XIII

Revisão 01
Referência: Janeiro de 2025

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger*	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* viviane@oceanus.bio.br	CREA/RS nº 195090
Silvia Lisboa de Araujo**	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos projetos@oceanus.bio.br	CRBio nº 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br	CRQ/RJ nº 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br	CRBio nº 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br	CRBio nº 78165/02-D
Aíres Vanessa Cavalcante dos Santos	Bióloga Analista de Projetos Ambientais projetos11@oceanus.bio.br	CRBio nº 131476/02-D
Debora Costa	Coordenadora de Amostragem deboracosta@oceanus.bio.br	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-
Daniel da Silva Ferreira	Técnico de Campo	-

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).

**Principal contato de comunicação.

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

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio- Lagos São João
00	22/04/2025	Emissão original	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	
01	16/05/2025	Revisão conforme solicitação do CILSJ	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	

Índice Geral

1	Introdução.....	6
2	Objetivo geral	7
3	Objetivos específicos.....	7
4	Área de estudo	8
4.1	Rio Iriry.....	11
4.2	Rio Jundiá	12
4.3	Canal das Corujas.....	13
4.4	Rio das Ostras.....	14
5	Metodologia.....	17
5.1	Pontos amostrais.....	17
5.2	Atividades de campo	19
5.2.1	Amostragem de águas superficiais	19
5.3	Atividades de laboratório	20
5.3.1	Parâmetros físicos, químicos e biológicos	20
5.3.2	Ensaio laboratoriais	21
5.4	Análise dos Resultados	22
5.4.1	Obtenção de dados secundários	22
5.4.2	Índice de Qualidade de Água (IQA)	23
5.4.3	Análises estatísticas	31
6	Resultados e discussão	32
6.1	Análise físico-química e biológica.....	32
6.1.1	Precipitação.....	32
6.1.2	Temperatura.....	35
6.1.3	Salinidade.....	36
6.1.4	Condutividade	37
6.1.5	Sólidos totais	38
6.1.6	Sólidos dissolvidos totais.....	39
6.1.7	Turbidez	41
6.1.8	pH.....	42
6.1.9	Oxigênio dissolvido.....	44
6.1.10	DBO	46
6.1.11	Fósforo total	48
6.1.12	Fosfato	49
6.1.13	Nitrogênio total	49
6.1.14	Nitrato	51
6.1.15	Coliformes termotolerantes	52
7	Diagnóstico da atual campanha.....	54

7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	56
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA)	59
8	Observações gerais.....	61
	Referências.....	63
	Anexos.....	75

1 Introdução

A água superficial é de extrema importância, já que é um componente crucial para a formação do ambiente, para a saúde ambiental e humana, bem como para vários processos domésticos e industriais (MIRZAEI *et al.* 2016; EJIGU *et al.* 2021; NGUYEN; HUYNH, 2022). Entretanto, esse recurso tem sido impactado por distintas atividades antrópicas, como o aumento da urbanização, industrialização e atividades agrícolas (BASHIR *et al.* 2020). E por consequência de tais atividades, as águas superficiais são impactadas pela ocorrência excessiva de nutrientes, que favorecem processos de eutrofização artificial, além do aporte de matéria orgânica e inúmeros poluentes que têm colocado em risco a qualidade dos ambientes aquáticos (YANG *et al.* 2008; EJIGU *et al.* 2021).

Salienta-se que os rios, por conta da sua função de transporte de águas residuais e escoamento agrícola em suas bacias de drenagem, são considerados corpos hídricos mais suscetíveis à contaminação (SINGH; MALIK; SINHA, 2005). Além disso, a qualidade da água desses ambientes aquáticos corresponde aos efeitos agregados de inúmeros aspectos ao longo dos cursos de água, sendo também impactada pelas características da bacia hidrográfica (MASSOUD, 2012). Destaca-se ainda que os rios constituem os recursos hídricos essenciais para uso doméstico, industrial e de atividades de irrigação. Logo, é crucial atuar no controle e prevenção de fontes poluidoras como forma de garantir uma gestão hídrica eficaz (SINGH *et al.* 2004).

À vista disso, o monitoramento ambiental se apresenta como uma ferramenta de grande importância na gestão do meio ambiente, uma vez que permite a obtenção e análise sistemática das informações ambientais, auxiliando assim na tomada de decisão de gestores ambientais (BRASIL, 1981; MORESI, 2001; POZZA; SANTOS, 2015). O estudo ambiental em águas superficiais auxilia na compreensão da evolução da qualidade hídrica, no levantamento de áreas prioritárias para atuar em medidas preventivas e corretivas, no diagnóstico para qualidade para seus usos diversos, fortalecimento de normativas, dentre outros (POZZA; SANTOS, 2015).

Nesse contexto, o monitoramento da qualidade das águas da bacia do Rio das Ostras permitirá diagnosticar a qualidade da água na região e propor medidas para a operação e uso sustentável dos recursos hídricos. Além disso, o monitoramento ambiental realizado proporcionará uma melhor compreensão da influência da salinidade na bacia

hidrográfica, um aspecto crucial, uma vez que, segundo a literatura, a influência da maré nessa região se estende até 6 km a montante da foz (CBH Macaé Ostras, 2012).

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

O presente Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade na Bacia do Rio das Ostras tem como 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

- 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 comparar os resultados com a legislação vigente;
- Elaborar relatório com análises estatísticas com a finalidade de caracterizar o Diagnóstico da Qualidade das Águas na Bacia Rio das Ostras;
- Apresentar os resultados obtidos no monitoramento ao CBH Macaé Ostras.

4 Área 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 (Figura 4-1) 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. Além disso, a bacia do rio das Ostras faz fronteira com a Região Hidrográfica Lagos São João (CBH Macaé Ostras, 2024a) e apresenta suas nascentes no complexo de serras isoladas, situadas na região de Cantagalo (JARDIM, 2020). É caracterizada por ter influência de marés sobre os rios, com entrada salina até o trecho em que o canal das Corujas deságua no 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; MOLISANI, 2019).

Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, são observadas 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 tem um impacto direto 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 (CBH Macaé 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. Estudos pretéritos realizados na região demonstram uma temperatura média anual de 23,2 C na parte baixa da RH e 18,1°C na parte alta da RH (CBH Macaé Ostras, 2024a).

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, com uma área de drenagem de 77 Km².

O rio das Ostras é um corpo hídrico meandrante, formado pela confluência dos rios Iriry (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).

Mapa da Região Hidrográfica VIII - Macaé Rio das Ostras

Legenda:

- Principais Trechos de drenagem (IBGE, 2018)
- Região Hidrográfica VIII - Macaé Rio das Ostras (Res. CERHI-RJ nº 279 de 21/02/24.)
- Limite Municipal (INEA, 2019)

Mapa de Inserção:

O mapa de inserção mostra a localização da Região Hidrográfica VIII no estado do Rio de Janeiro, com os municípios de Macaé, Conceição de Macabu, Carapebus, Trajano de Moraes, Santa Maria Madalena, Campos dos Goytacazes, Quissamã, Nova Friburgo, Casimiro de Abreu, Araruama, Cabo Frio, São Pedro da Aldeia, Cachoeiras de Macacu, e Macaé.

Coordenadas:

42°30'0"W 42°15'0"W 42°0'0"W 41°45'0"W

22°30'0"S 22°15'0"S 22°0'0"S

Escala:

0 3,75 7,5 15 Km

Sistema de Coordenadas Geográficas:

Datum: SIRGAS 2000

Pág.
10/75

4.1 Rio Iriry

O rio Iriry (Figura 4-2) possui cerca de 9,3 km de comprimento e nasce em altitudes superiores a 300 m entre as serras de Jundiá, Seca e Careta em um local devastado (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). 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 Iriry 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, 2006).

Os rios Iriry 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 (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). Nesse local há mangue bem desenvolvido e marca o início de Rio das Ostras (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004).

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



Fonte: Arquivo Oceanus.

4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá (Figura 4-3) nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude. Ele apresenta 16,5 km de comprimento e um pouco mais de 4 m de largura. Com características distintas do rio Iriry, o rio Jundiá apresenta leito pedregoso e águas claras (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). No entanto, esse rio apresenta as margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão. 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 e agricultura (GOMES, 2009). Ademais, Cantagalo tem sofrido impacto da pressão imobiliária que tem gerado ocupação desordenada em seu território (JARDIM, 2020), o que também pode causar impactos sobre a qualidade das águas desse corpo hídrico. Além dos fatores supracitados, ocorrem frequentemente ocupações irregulares nas margens desse rio, contribuindo para processos de assoreamento (JARDIM, 2020).

Figura 4-3. Coleta realizada no rio Jundiá.



Fonte: Arquivo Oceanus.

4.3 Canal das Corujas

O canal das Corujas (Figura 4-4) 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 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 elevada degradação, o canal apresenta histórico de ocorrência de extravasamentos, o que gera riscos à população da região. Problemas com odores, poluição e enchentes são verificados pela população que mora em torno desse canal (PRIOSTE, 2007).

Figura 4-4. Coleta realizada no canal das Corujas.



Fonte: Arquivo Oceanus.

4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras nasce da confluência entre os rios Iriry 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 (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004; CILSJ, 2022). 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 (CILSJ, 2022).

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

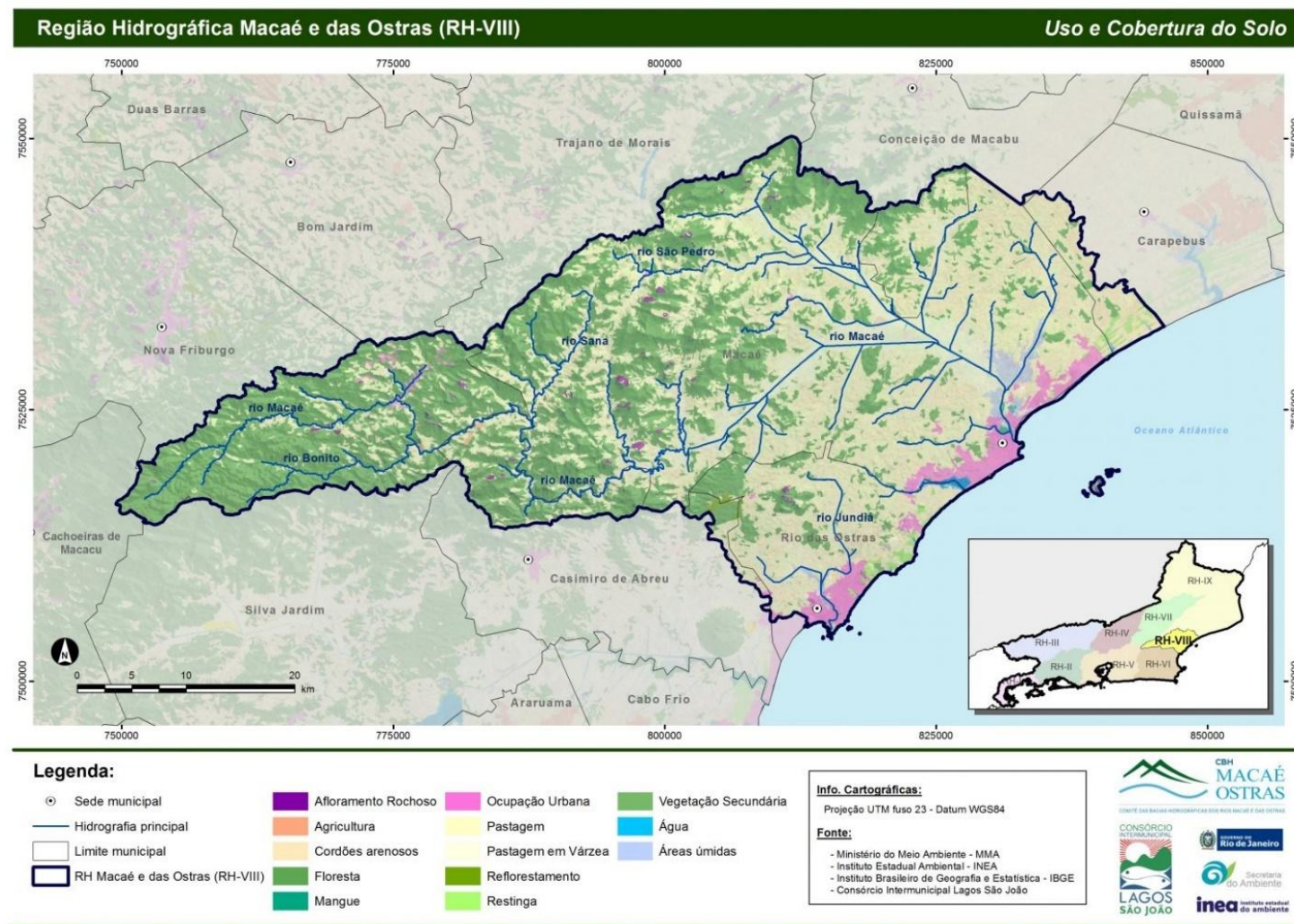
Figura 4-5. Coleta realizada no rio das Ostras.



Fonte: Arquivo Oceanus.

No que diz respeito ao uso e à ocupação dos corpos hídricos mencionados anteriormente, destaca-se que o rio Iriry e o rio Jundiá são caracterizados por áreas de pastagem de várzea, trechos com ocupação urbana e presença de vegetação secundária, embora esta última seja pouco significativa. Além disso, por meio de imagens de satélite, é possível observar os processos de assoreamento nos rios, sendo que no rio Iriry também se identificam atividades agrícolas. Quanto ao canal das Corujas e ao rio das Ostras, esses corpos hídricos são marcados pela urbanização (Figura 4-6). Destaca-se que alguns fatores previamente mencionados, podem impactar a qualidade hídrica e auxiliar na compreensão dos resultados das variáveis ambientais analisadas.

Figura 4-6. Uso e cobertura do solo que podem impactar a qualidade hídrica da bacia hidrográfica do rio das Ostras.



Fonte: CBH Macaé Ostras (2024b).

5 METODOLOGIA

5.1 Pontos amostrais

Foram coletadas amostras de água superficial em 7 (sete) pontos distintos na bacia hidrográfica do rio das Ostras conforme Quadro 5-1 e Figura 5-1, como apresentado no Termo de Referência. Cabe destacar que os parâmetros salinidade e condutividade foram avaliados na superfície e no fundo da coluna d'água.

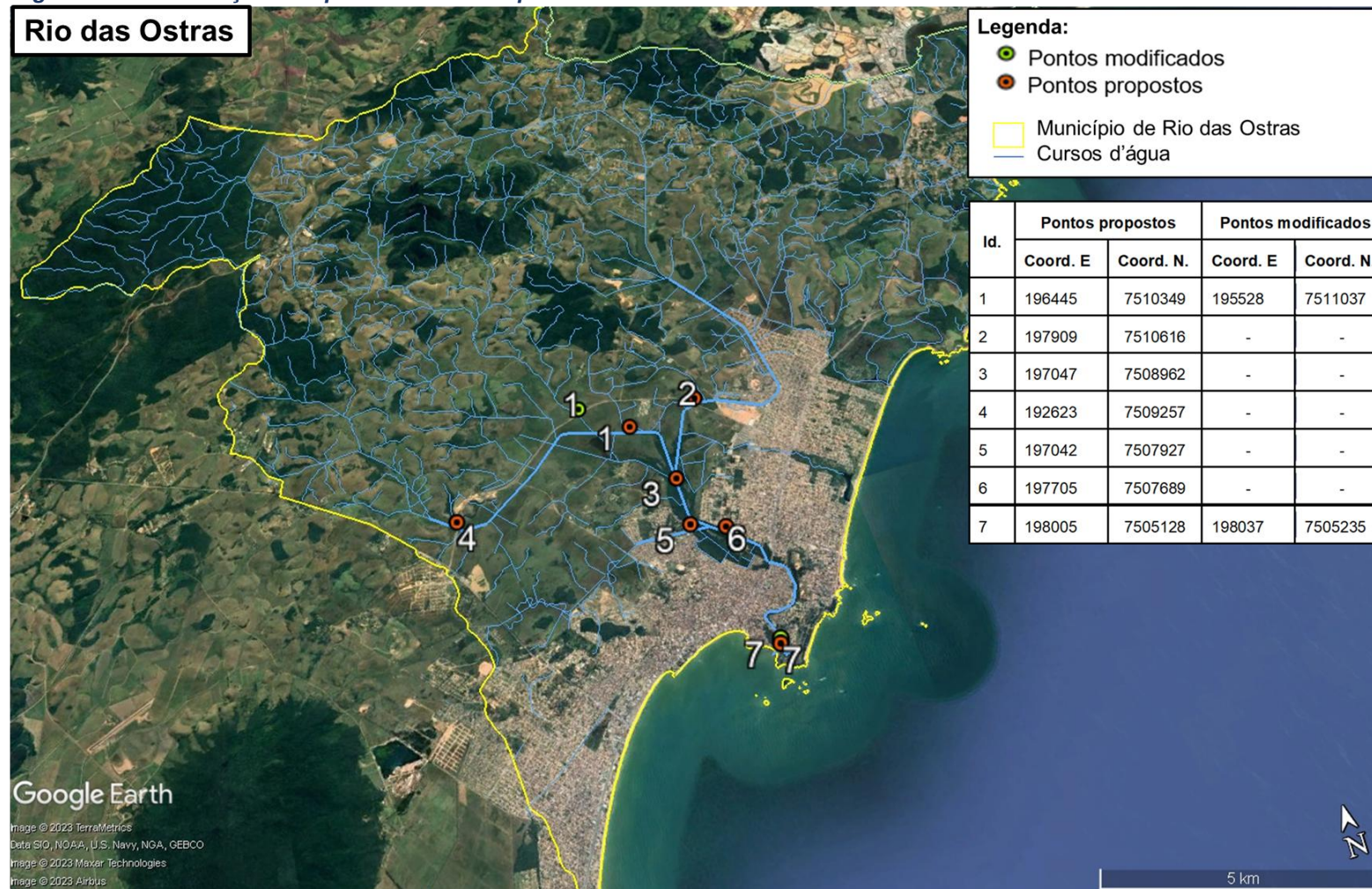
Ressalta-se que, durante o primeiro e segundo ano de monitoramento, 2 pontos foram realocados com anuência da fiscalização. Os pontos realocados são: Ponto 1, alocado para o afluente do rio Iriry devido à falta de acessibilidade na localização original; e Ponto 7, também realocado por falta de acessibilidade até a coordenada original.

Quadro 5-1. Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências, profundidade e largura.

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM) – Zona 24		Largura (m)	Profundidade em Janeiro/25 (m)
		E	S		
E1*	Afluente do rio Iriry	195528	7511037	8	0,60
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,00
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá	197047	7508962	20	1,75
E4	Rio Iriry, na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,70
E5	Canal das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	30	0,50
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal 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: *Pontos E1 e E7 foram realocados.

Figura 5-1. Localização dos pontos de coleta para monitoramento e as coordenadas em UTM.



5.2 Atividades de campo

5.2.1 Amostragem de águas superficiais

A campanha foi realizada no dia 16/01/2025, 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 5-2.

Figura 5-2. Figura ilustrativa da utilização do balde de plástico e sonda multiparâmetro.



Fonte: Arquivo Oceanus.

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).

5.3 Atividades de laboratório

5.3.1 Parâmetros físicos, químicos e biológicos

Ao todo foram analisados 14 (quatorze) parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial em todos os pontos de coleta, conforme o Quadro 5-2, cujos laudos laboratoriais podem ser encontrados no ANEXO 5.

Quadro 5-2. 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	

Os resultados obtidos, através das análises dos parâmetros acima descritos, foram avaliados de acordo com as normativas estabelecidas pela Resolução CONAMA nº357/2005, para águas doces de Classe 2. Segundo a normativa supracitada foram consideradas de classe 2 as águas doces que não tiverem aprovado seus respectivos enquadramentos.

Como a região pode sofrer influência do mar e as águas apresentarem concentrações de salinidade superiores a 0,5 ‰ foram utilizados como referência os limites estabelecidos para Classe 1, de águas salobras e salinas.

Destaca-se ainda que a salinidade e a condutividade foram analisadas na superfície e fundo para verificar se há uma estratificação halina da coluna d'água, já que o estuário de rio das Ostras é influenciado pelas marés, que adentra o rio por regimes de micromarés e da intrusão da cunha salina que pode chegar aproximadamente a 6,0 km para o interior do continente, dependendo do volume dos rios e da precipitação (BARROSO; MOLISANI, 2019). Além disso, as análises desses dois parâmetros em diferentes estratos podem indicar os efeitos da pluviosidade e dos processos de misturas de águas.

5.3.2 Ensaios laboratoriais

As metodologias das coletas e análises físico-químicas e microbiológicas (descritas no Quadro 5-3) estão de acordo com os requisitos estipulados pela Norma ABNT NBR ISO/IE, em especial a norma revisada NIT-DICLA-057 e pelas Instruções de Segurança na Manipulação de Reagentes e Soluções a seguir:

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

Quadro 5-3. 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:	µS/cm	SMWW 2510 B
Salinidade	‰	SMWW 2520 B
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	SMWW, 23ª Edição, Método 2540 C
Sólidos Totais	mg/L	SMWW 2540 B
Temperatura	°C	SMWW 2550B
Turbidez	UNT	SMWW 2130B

5.4 Análise dos Resultados

5.4.1 Obtenção de dados secundários

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 nas Resoluções CONAMA n° 357/2005, de acordo com a classe 2 para águas doces e classe 1 para águas salobras e salinas (CONAMA, 2005). Devido a influência da maré nos pontos coletados, os parâmetros também foram analisados considerando a salinidade obtida na amostra no momento da coleta.

Além desta comparação, foi realizada a comparação com dados pretéritos do corpo hídrico analisado, com outros trabalhos de monitoramento correlatos, teses, dissertações e artigos científicos em uma análise crítica das informações adquiridas no monitoramento específico. Dentre os documentos consultados estão presentes os relatórios de qualidade de água produzidos pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA), o Plano

de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras, além dos artigos e documentos encontrados pelo método de busca.

Os dados foram analisados de maneira integrada, levando em consideração o uso e ocupação do solo no entorno dos pontos amostrais e a precipitação durante os períodos de coleta. Os dados oficiais de precipitação utilizados foram os disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação de Macaé (A608) e pelo *Weather Underground* de duas estações do Rio das Ostras (IRIODA9 e IRIODA12). Salienta-se que os dados das demais estações do Rio das Ostras (IRIODA5 e IRIODA6), fornecidos pelo *Weather Underground*, não foram utilizados, pois nenhuma delas contemplava os 15 dias que antecederam a coleta de janeiro, incluindo o dia da amostragem. Também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) que foi mais bem detalhado no item 5.4.2.

5.4.2 Índice de Qualidade de Água (IQA)

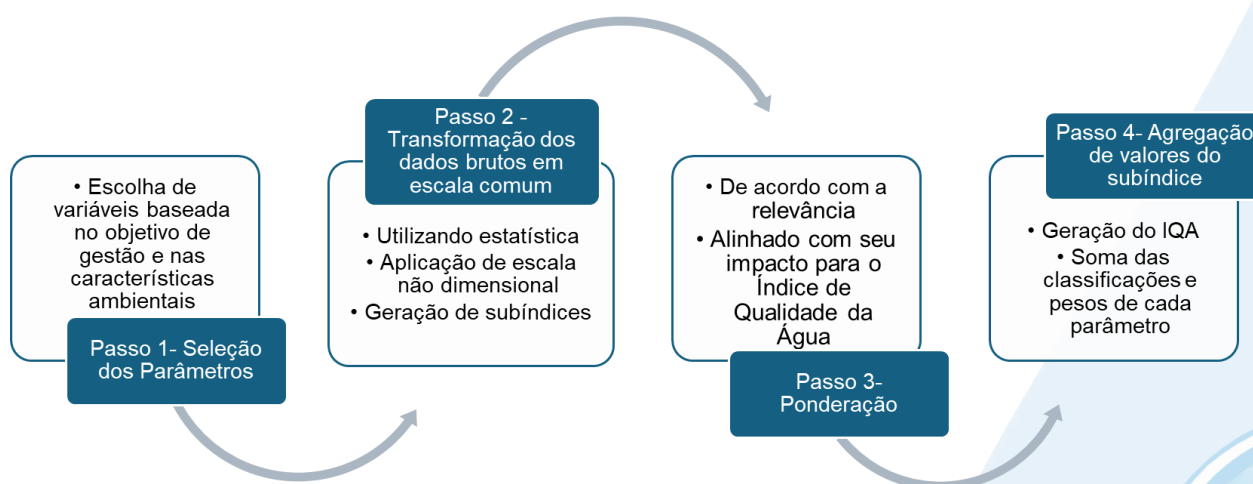
A gestão da qualidade hídrica necessita de análises de vários dados de qualidade da água que muitas vezes podem ser complexos de avaliar e sintetizar (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). Nesse sentido, uma série de ferramentas foram elaboradas como forma de avaliar de forma holística os dados de qualidade da água, e uma dessas ferramentas é o Índice de Qualidade de Água (IQA) (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). Esse índice geralmente é utilizado por gestores e agências de gerenciamento/abastecimento, pois permite a visualização dos dados de fácil compreensão e disseminação para a sociedade, além de fornecer subsídios para a modificação de políticas ambientais (TYAGI *et al.* 2013; UDDIN; NASH; OLBERT, 2021).

O Índice de Qualidade de Água é um instrumento matemático utilizado para transformar uma grande quantidade de resultados, referentes às características da água, em um único número que corresponde ao nível de qualidade hídrica. A utilização desse método é considerada uma prática simples, já que permite a categorização da qualidade da água (SÁNCHEZ, 2007).

O IQA usualmente abarca quatro processos ou componentes. O primeiro refere-se à seleção das variáveis ambientais. O segundo corresponde à análise de cada parâmetro e conversão em um subíndice adimensional de valor único. Já o terceiro é o fator de ponderação de cada parâmetro de qualidade da água e o quarto diz respeito ao índice

final de qualidade, que apresenta um valor único, calculado através da função de agregação, utilizando os subíndices e fatores de ponderação para todos os parâmetros selecionados (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). As etapas previamente mencionadas para o desenvolvimento e elaboração do IQA estão apresentadas de forma resumida no esquema abaixo (Figura 5-3).

Figura 5-3. Esquema das etapas do desenvolvimento do IQA.



Fonte: Adaptado de Chidiac *et al.* (2023).

No atual monitoramento ambiental referente ao “Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade na Bacia do Rio das Ostras”, são utilizados dois índices: o IQA desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e o IQA da *National Sanitation Foundation* (NSF), método usado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) (Quadro 5-4). Comparar essas duas metodologias (IQA_{CETESB} e IQA_{NSF}) tem como objetivo compreender como os resultados se distribuem nas categorias de classificação da qualidade da água, considerando que existem diferenças nas faixas de classificação, algumas mais restritivas e outras menos restritivas. Além disso, pretende-se analisar como as diferenças nas variáveis selecionadas por cada metodologia podem impactar os resultados obtidos. Essas informações servirão para subsidiar a tomada de decisão dos gestores ambientais e promover uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos. A diferença de cada método e demais caracterizações estão descritas nos tópicos a seguir.

Quadro 5-4. Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA_{NSF} 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 foi utilizado o parâmetro fosfato.

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 5-4. Para cada variável, foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração a uma nota (qi), pontuada de zero a 100.

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

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

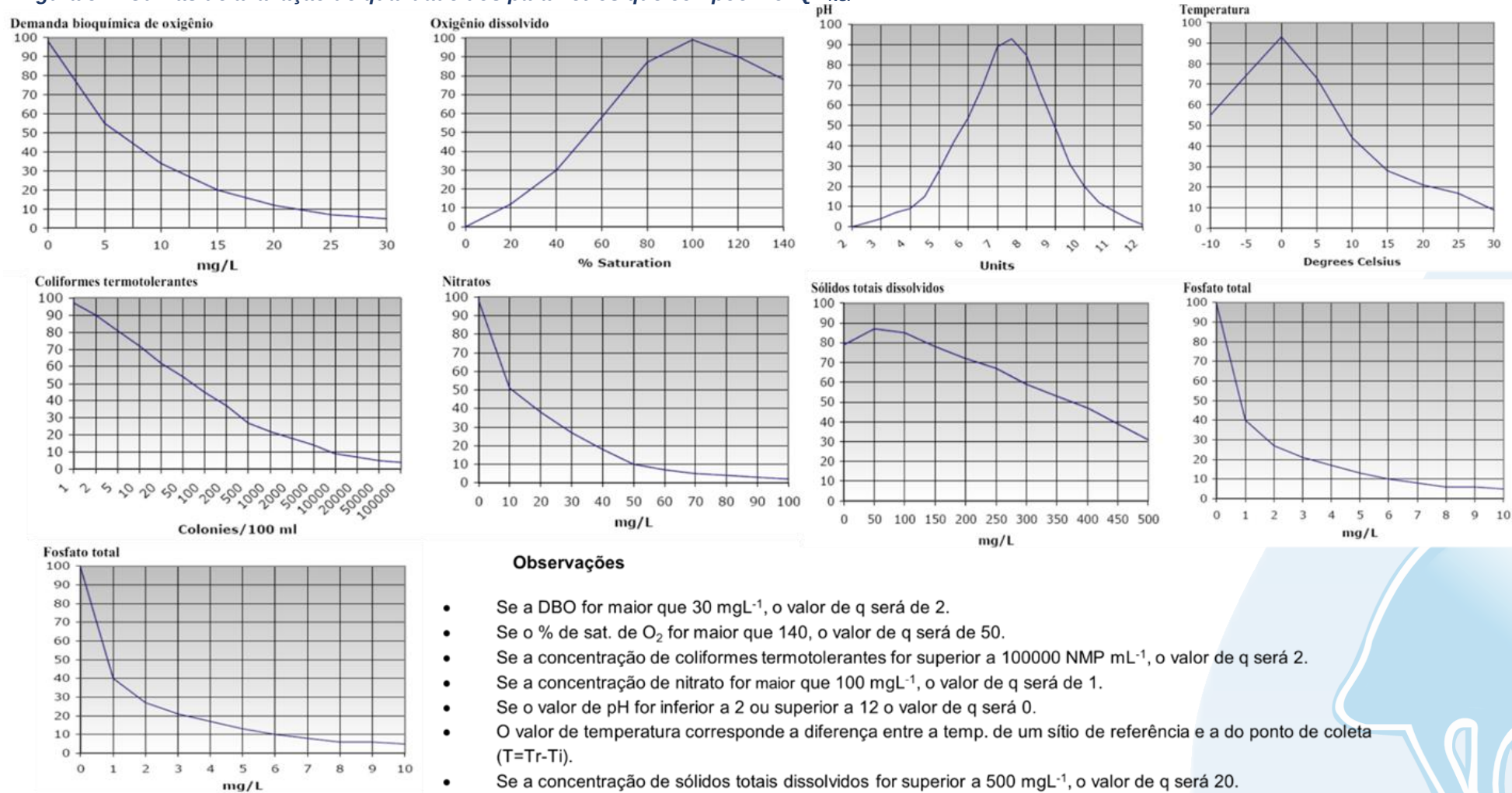
Sendo:

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

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

wi = 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 5-4. Curvas de avaliação de qualidade dos parâmetros que compõem o IQA_{NSF} .



Fonte: INEA (2019).

O Quadro 5-5 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 5-5. Faixas de classificação do IQA_{NSF}.

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

5.4.2.1 IQA - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)

O IQA_{CETESB} foi elaborado e adaptado a partir do IQA_{NSF} em 1975 (ANA, 2024). E anos depois, outros Estados brasileiros, como, por exemplo, Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte adotaram também essa metodologia (PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2016; INEMA, 2016; CPRH, 2024), além de ser utilizado em inúmeros estudos científicos (LEITÃO *et al.* 2015; ANDRIETTI *et al.* 2016; DE SOUZA *et al.* 2021; THOMAZ *et al.* 2023).

O IQA_{CETESB} abrange nove variáveis ambientais que são consideradas relevantes para a avaliação da qualidade hídrica, tendo como enfoque principal o seu uso no abastecimento público, após o tratamento (CETESB, 2017; ANA, 2024). Nesse sentido, cabe destacar que, no IQA_{NSF}, são contemplados coliformes termotolerantes, DBO, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, turbidez, fosfato total, nitratos, e sólidos dissolvidos totais (INEA, 2019). Enquanto no IQA_{CETESB}, são considerados coliformes termotolerantes, DBO, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, turbidez, fósforo total, nitrogênio total, e resíduo total (ANA, 2024).

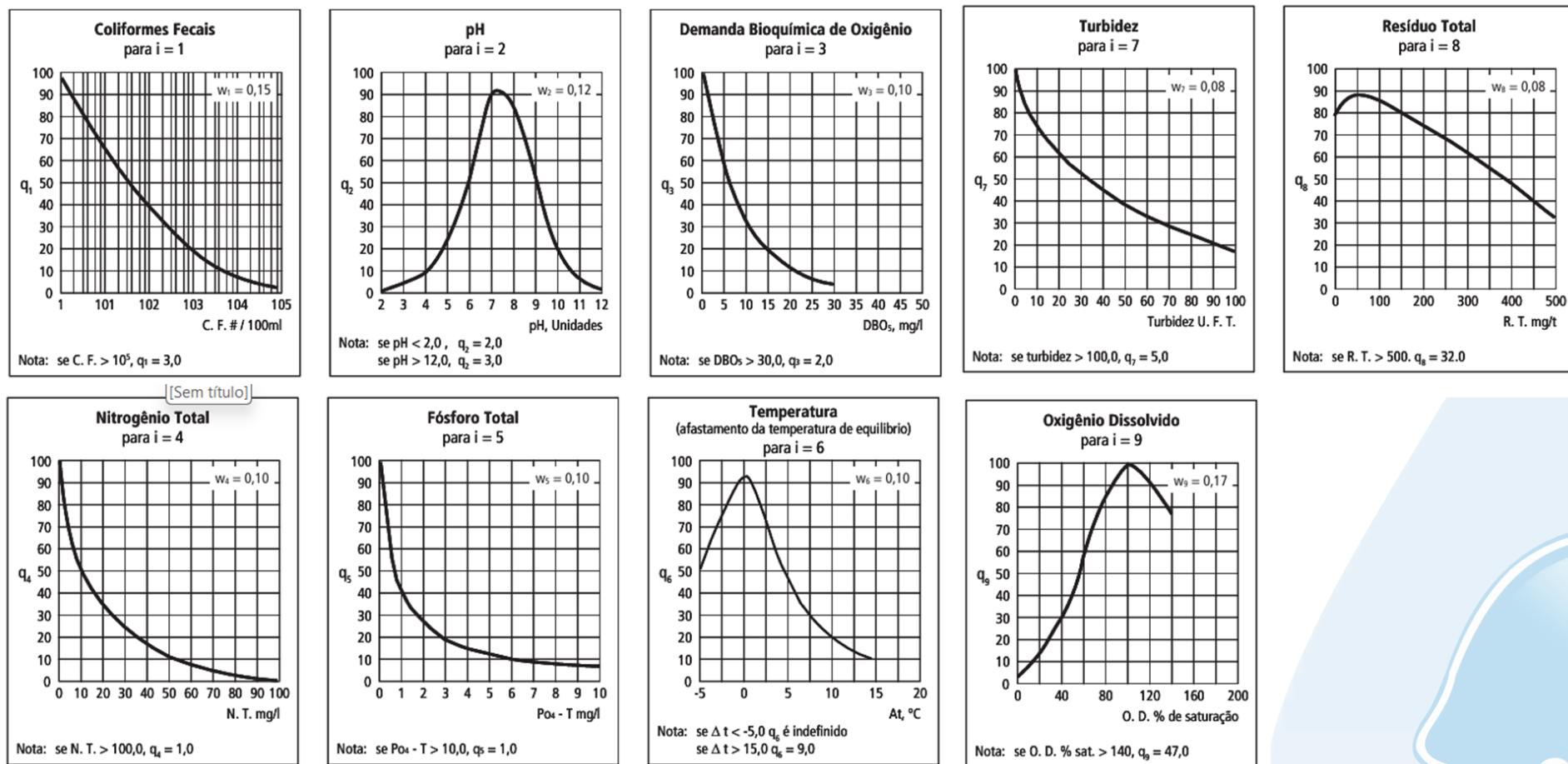
Os parâmetros previamente mencionados do IQA_{CETESB} e seus respectivos pesos estão apresentados no Quadro 5-6 e a Figura 5-5 apresenta a curva de variação de qualidade da água de cada parâmetro. Ressalta-se que a fórmula utilizada para o cálculo do IQA_{CETESB} é a mesma do IQA_{NSF}, a distinção ocorre somente para os pesos utilizados e parâmetros selecionados em cada método.

Quadro 5-6. Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA_{CETESB} e respectivos pesos.

Parâmetro de Qualidade da Água	Peso (W)
Oxigênio dissolvido (OD)	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: CETESB (2017).

Figura 5-5. Curvas de avaliação de qualidade dos parâmetros que compõem o IQA_{CETESB}.



Fonte: CETESB (2017).

A partir do cálculo do IQA efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme apresentado no Quadro 5-7.

Quadro 5-7. Faixas de classificação do IQA_{CETESB}.

Categoria de Resultados	IQA	Significado
Ótima	$79 < IQA \leq 100$	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
Boa	$51 < IQA \leq 79$	
Regular	$36 < IQA \leq 51$	
Ruim	$19 < IQA \leq 36$	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
Péssima	$IQA \leq 19$	

Fonte: CETESB (2017).

Verifica-se uma distinção na faixa de classificação entre o IQA_{CETESB} (Quadro 5-6) e o IQA_{NSF} (Quadro 5-4). O IQA_{CETESB} apresenta maior amplitude, com faixas mais largas, na categoria de resultados boa e ótima, enquanto o IQA_{NSF} dispõe de faixas mais restritivas para essas classificações (WANICK *et al.* 2011).

Salienta-se que no presente estudo foi realizado o cálculo dos dois índices detalhados previamente, com seus respectivos pesos e classificações de referência. Uma diferença importante entre eles é que o IQA_{NSF} apresenta maior restrição nas categorias que indicam a qualidade da água, com intervalos de valores mais baixos. Entretanto, a principal diferença foi na seleção das variáveis ambientais. De maneira geral, os parâmetros são semelhantes, mas o IQA_{NSF} inclui sólidos dissolvidos totais, fosfato total e nitratos, enquanto o IQA_{CETESB} avalia resíduo total, fósforo total e nitrogênio total (INEA, 2019; ANA, 2024).

Um fator importante do IQA, considerando os dois métodos previamente mencionados, é que, embora a avaliação da qualidade da água pelo índice de IQA seja amplamente utilizada, essa ferramenta apresenta limitações, já que sua análise não contempla alguns parâmetros importantes para o abastecimento público, como por exemplo, metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, protozoários patogênicos e compostos capazes de alterar as características organolépticas da água (ANA, 2024).

Para avaliar a evolução do IQA ao longo do monitoramento ambiental, foi realizada a comparação entre o IQA calculado da campanha com os IQAs do último ano de

monitoramento realizado, bem como os resultados apresentados nos boletins disponibilizados pelo INEA. A taxa de mudança no valor do IQA está apresentada em porcentagem.

5.4.3 Análises estatísticas

Com o objetivo de avaliar e entender quais são os principais parâmetros que contribuem para a qualidade da água, a avaliação conta com uma Análise de Componentes Principais, do inglês *Principal Component Analysis* (PCA).

A PCA é uma ferramenta utilizada na análise de dados que permite a transformação de variáveis em um conjunto que é agrupado em um componente principal (SILVA, RAMOS; ANDRADE, 2018). Essa ferramenta é uma técnica estatística de análise multivariada que tem por característica verificar padrões de dados, em que sua expressão através de fatores pode se apresentar por semelhanças ou diferenças (SILVA, RAMOS; ANDRADE, 2018). Além disso, a PCA é conhecida pela diminuição da quantidade de dados com a menor perda possível das informações (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2015).

Nas análises dos dados é necessário avaliar a aplicabilidade do método da PCA. Para tal, foram utilizados os testes estatísticos de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de Esfereicidade de Bartlett (OLINTO, 2007). Para conferir a adequação da PCA, é realizada uma análise de matriz de correlações por meio do teste de Bartlett, em que o requisito é que as variáveis apresentem normalidade (PRADO *et al.* 2016). E consiste em testar a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é similar à matriz de identidade. No teste de Bartlett, o resultado igual ou menor a 0,05 demonstra que os dados produzem uma matriz de identidade, desta forma, o modelo fatorial é adequado para a realização da análise de dados (OLINTO, 2007; PRADO *et al.* 2016).

Já o teste KMO apresenta a proporção da variância que os indicadores demonstram em comum, sendo considerados valores razoáveis de KMO entre 0,6 e 0,7, já entre 0,7 e 0,8 são avaliados como um KMO médio, e um resultado entre 0,8 e 0,9 indica um KMO bom e com valores acima de 0,9 o KMO é considerado muito bom (DINI *et al.* 2014).

Os testes de Bartlett e KMO foram analisados no software Jamovi versão 2.3.21 e a PCA, no *Paleontological Statistics* (PAST) na versão 4.03.

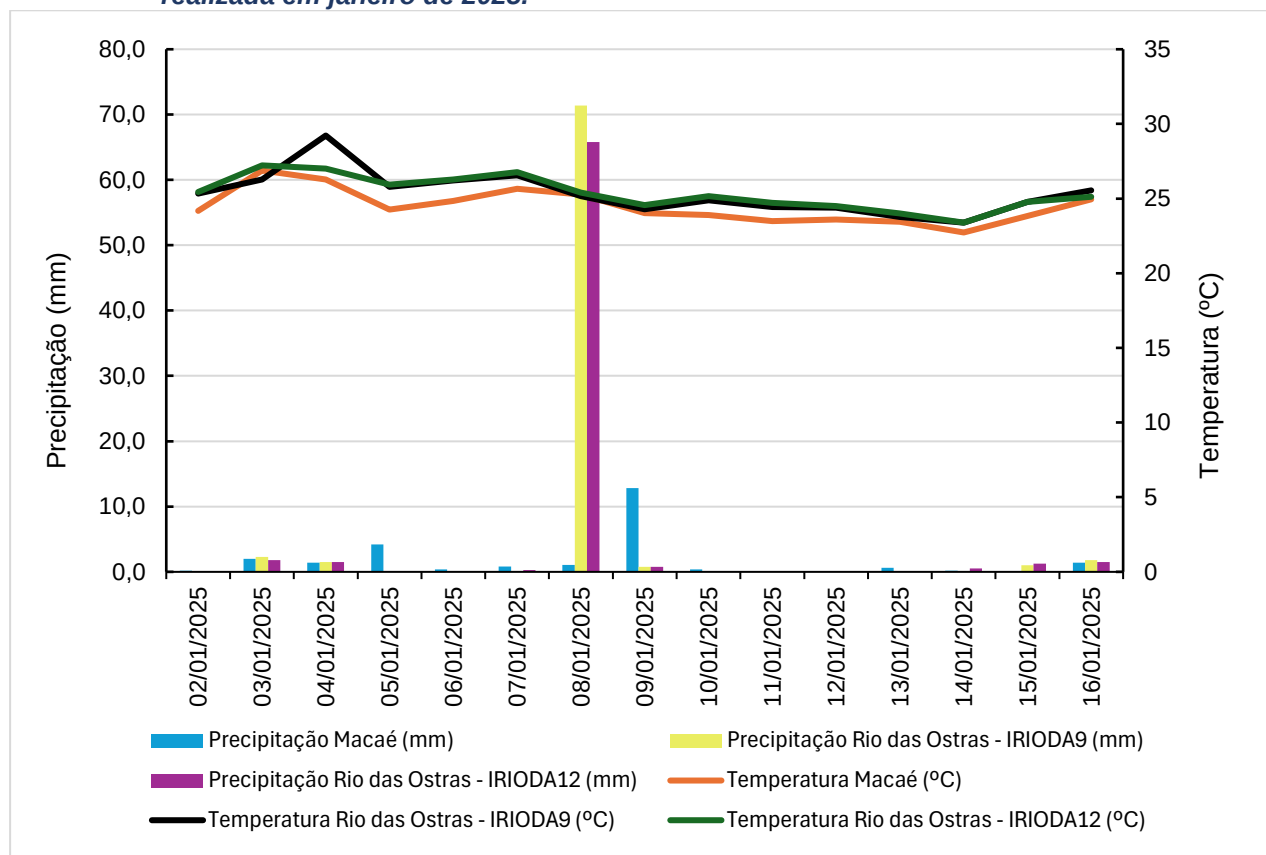
6 Resultados e discussão

6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos quinze dias que antecederam a coleta apontaram temperatura média de 24,48°C na estação de Macaé e 25,33°C (IRIODA9) e 25,35°C (IRIODA12) nas estações de Rio das Ostras; e precipitação acumulada de 25,45 mm em Macaé e 78,40 mm (IRIODA9) e 73,40 mm (IRIODA12) em Rio das Ostras, indicando valores de chuva forte (25 a 50 mm) e chuva extrema (>50 mm), respectivamente, 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 campanha realizada em janeiro de 2025.



Os resultados analíticos obtidos para a campanha de janeiro de 2025 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 podem ser vistos na Tabela 6-1.

Tabela 6-1. Resultados dos parâmetros analisados na campanha realizada em janeiro de 2025.

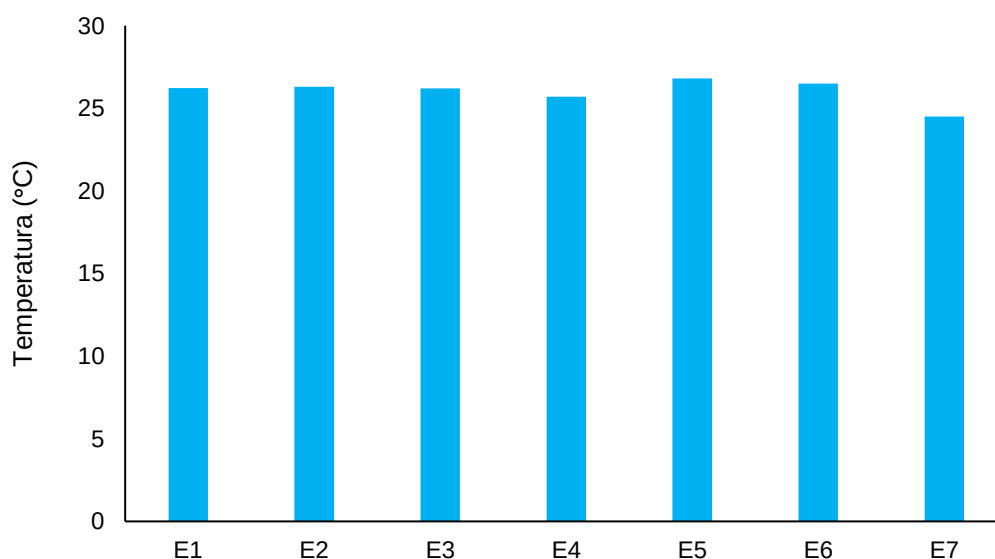
Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	
E1	16/01/2025	Sup	0,04	95,0	52,0	47,5	7,5	5,38	26,23	1,93	14,0	0,02	N.D	0,4	<0,05	>1600,0	
		Fun	0,05	104,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E2		Sup	0,30	629,0	334,0	314,5	6,4	3,20	26,31	2,22	13,0	0,02	N.D	1,4	0,08	1600,0	
		Fun	0,31	642,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E3		Sup	0,30	616,0	329,0	308,0	11,4	6,58	26,20	2,22	12,0	0,02	N.D	0,8	<0,05	79,0	
		Fun	0,34	625,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E4		Sup	0,03	63,0	49,0	31,5	12,1	5,64	25,70	0,97	13,0	0,01	N.D	0,7	N.D	>1600,0	
		Fun	0,03	75,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E5	16/01/2025	Sup	0,25	514,0	281,0	257,0	12,8	4,91	26,80	2,03	8,0	0,04	N.D	1,0	<0,05	540,0	
		Fun	0,22	466,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E6	16/01/2025	Sup	0,44	896,0	472,0	448,0	16,0	5,83	26,50	2,47	14,0	0,05	N.D	1,5	0,08	920,0	
		Fun	0,45	929,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E7	16/01/2025	Sup	33,21	61570,0	43109,0	43099,0	11,6	7,44	24,5	5,76	12,0	<0,01	N.D	0,2	N.D	>1600,0	
		Fun	33,74	61980,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Águas Doces Classe 2			0,5	-	-	500	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1	<2,18 (para ambiente lótico)			10,0	
CONAMA 357/05	Águas Salobras Classe 1		0,5-30	-	-	-	-	≥ 5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-			0,4	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
	Águas Salinas Classe 1		≥30	-	-	-	-	≥ 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 variação entre 24,5 °C (E7 – foz do rio das Ostras) e 26,8 °C (E5 – canal das Corujas). Observa-se uma pequena oscilação desse parâmetro nas águas analisadas nos pontos E1 (26,23 °C), E2 (26,31 °C), e E4 (25,70 °C), situados na região a montante do rio das Ostras. Os pontos localizados a jusante do rio das Ostras apresentaram variações de temperatura um pouco maiores: E5 a E7 (entre 26,8 °C e 24,5 °C) (Figura 6-2).

Figura 6-2. Resultados de temperatura medida na campanha realizada em janeiro de 2025.



6.1.3 Salinidade

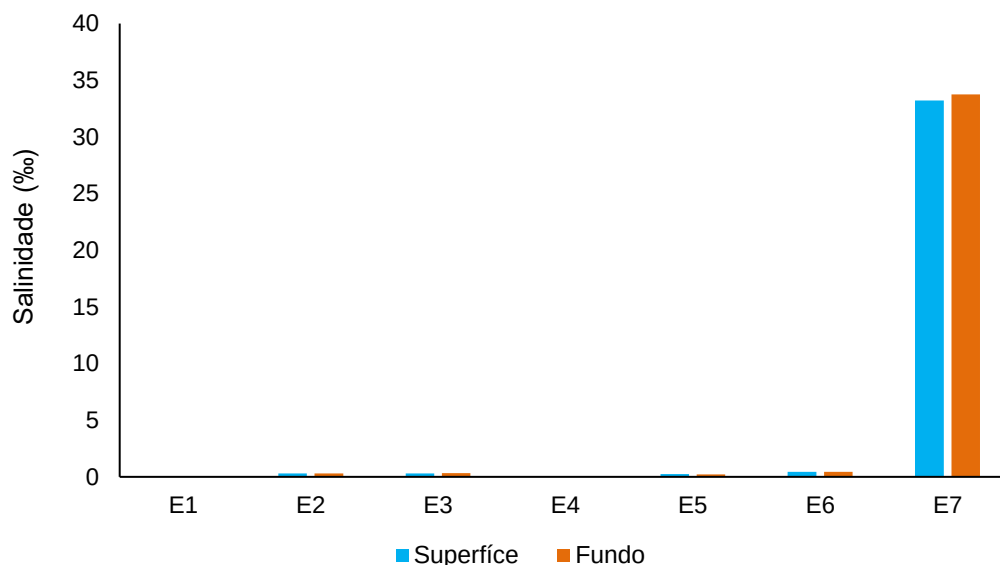
Em ambientes marinhos, os sais correspondem à maior parte dos elementos dissolvidos na água do mar, logo, a salinidade representa a quantificação do total de substâncias dissolvidas na água do mar. Sua escala se dá em grama por quilograma (g/kg) ou partes por mil (ppt ou ‰). A salinidade influencia na classificação das águas analisadas em: doce (salinidade <0,5‰), salobra (salinidade entre 0,5 e 30‰) e salina (salinidade >30‰), e como consequência, nos limites dos diferentes parâmetros monitorados preconizados na Resolução CONAMA nº 357/2005.

A salinidade, na presente campanha, apresentou uma variação entre 0,03‰ nas águas analisadas em E4 (superfície e fundo), no rio Iriry, a 33,21‰ (superfície) e 33,74‰ (fundo) na amostra de E7, no rio das Ostras, a montante da sua foz. Com base nos resultados obtidos, observa-se que os menores valores dessa variável ambiental foram detectados nas amostras do rio Iriry (E4). Diante dos resultados apresentados na Tabela 6-1 e na Figura 6-3, não há grandes diferenças na salinidade registrada na superfície e no fundo dos distintos pontos amostrais.

Com base nos valores de salinidade, nota-se que as águas analisadas nas estações E1 (0,04‰ e 0,05‰), no afluente do rio Iriry, E2 (0,30‰ e 0,31‰), no rio Jundiá, E3 (0,30‰ e 0,34‰), no rio das Ostras, E4 (0,03‰ e 0,03‰), no rio Iriry, E5 (0,25‰ e 0,22‰), no Canal das Corujas e E6 (0,44‰ e 0,45‰), no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, foram classificadas como águas doces, sendo seus resultados equiparados aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Já as águas analisadas em E7 (33,21‰ 33,74‰), ponto localizado na foz do rio das Ostras, apresentaram valores que as categorizam como águas salinas, logo, os resultados dessa estação foram comparados com os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salinas Classe 1.

Na presente campanha observa-se que a cunha salina não teve uma influência tão forte, considerando as classificações supracitadas, as quais categorizam todas as amostras, com exceção de E7 (foz do rio das Ostras), como águas doces. Isso pode estar relacionado à precipitação (Figura 6-1), já que as estações de Rio das Ostras registraram um acúmulo pluviométrico de 78,40 mm (IRIODA9) e 73,40 mm (IRIODA12) nos 15 dias que antecederam a coleta, incluindo o dia de amostragem, contribuindo para um maior volume de águas doces e consequentemente uma maior diluição do efeito da intrusão salina.

Figura 6-3. Resultados de salinidade medida na superfície e no fundo na campanha realizada em janeiro de 2025.



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).

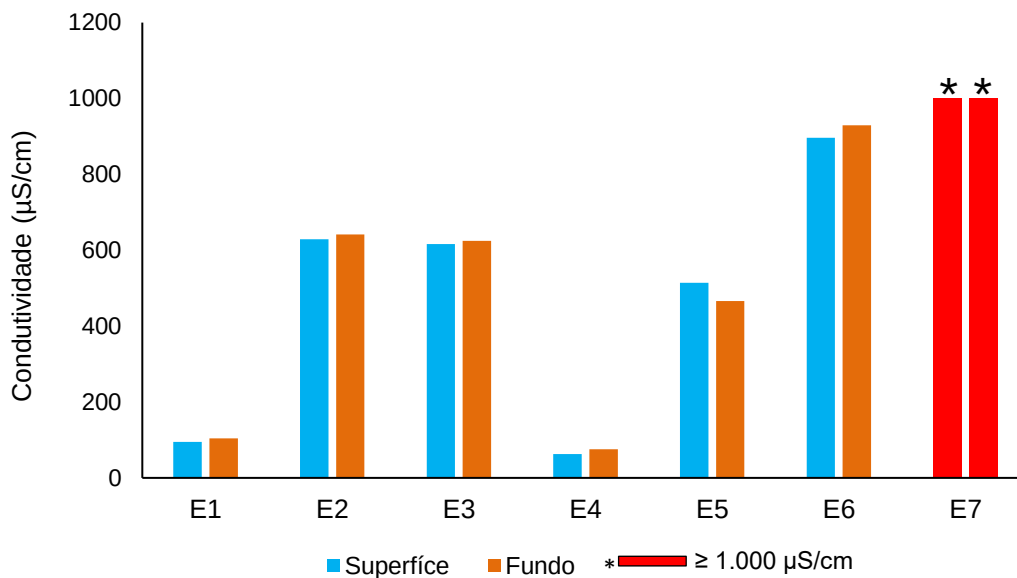
A condutividade medida também apresentou uma variação espacial. Os valores registrados apresentaram variação de 63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (superfície e fundo, respectivamente) nas águas do rio Iriry (E4) a 61.570 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 61.980 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (superfície e fundo) na foz do rio das Ostras (E7). Um padrão semelhante de resultados foi observado nos valores de salinidade (Figura 6-3), confirmando a relação entre essas duas variáveis, já que a condutividade é um indicativo da quantidade de sais presentes na coluna d'água (CETESB, 2018). Ademais, os resultados de condutividade obtidos nas águas da estação E7, no rio das Ostras, estão relacionados com as altas concentrações de sólidos totais e sólidos dissolvidos totais reportados nesta amostra.

Diante dos resultados obtidos, constata-se que os resultados de condutividade na superfície e no fundo não apresentaram diferenças expressivas (Figura 6-4).

Salienta-se que, por conta dos valores elevados de condutividade na amostra do ponto E7 (rio das Ostras, a montante da sua foz) e, a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados, todos os valores iguais ou maiores que 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ foram

representados, no gráfico, por uma coluna vermelha com um asterisco (*) acima ($\geq 1.000 \mu\text{S/cm}$).

Figura 6-4. Resultados de condutividade da campanha realizada em janeiro de 2025.



6.1.5 Sólidos totais

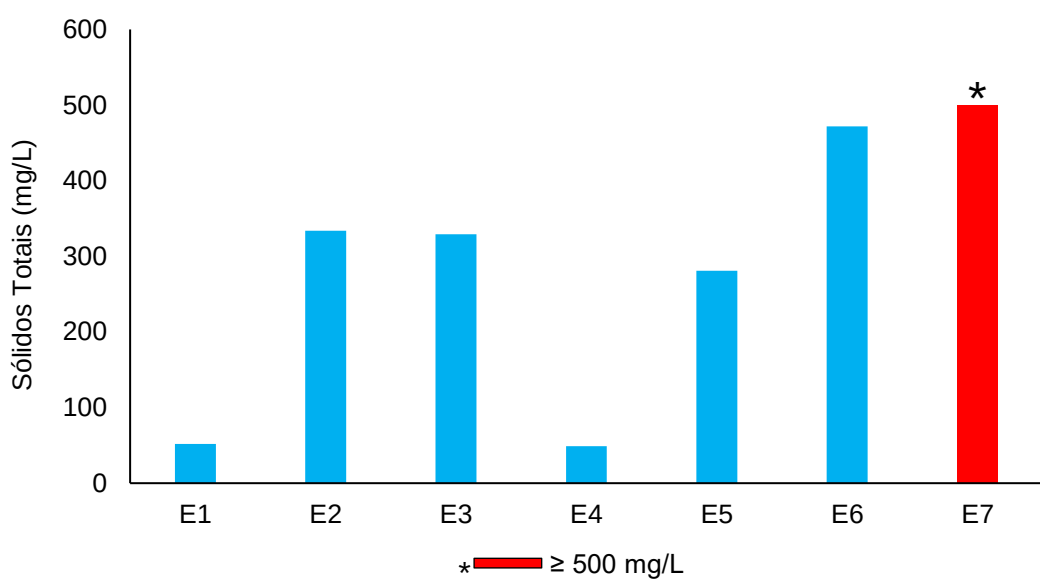
A série de sólidos na água corresponde a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação em uma temperatura específica ao longo de um espaço de tempo. Esses processos determinam as diferentes frações de sólidos na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos 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 (DICKERSON; VINYARD, 2011). 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).

Como esperado, os resultados de sólidos totais apresentaram um padrão similar aos resultados de condutividade e salinidade. A variação desse parâmetro foi de 49 mg/L nas águas do rio Iriry (E4) a 43.109 mg/L na estação amostral do rio das Ostras (E7) (Figura 6-5).

Salienta-se que, por conta do valor elevado de sólidos totais na amostra do ponto E7 (rio das Ostras, a montante da sua foz) e, a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados, ele foi representado, no gráfico, por uma coluna vermelha com um asterisco (*) acima (≥ 500 mg/L).

Reforça-se que para esse parâmetro não há valores de referência descritos na Resolução CONAMA nº 357/05.

Figura 6-5. Resultados de sólidos totais da campanha realizada em janeiro de 2025.



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. 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).

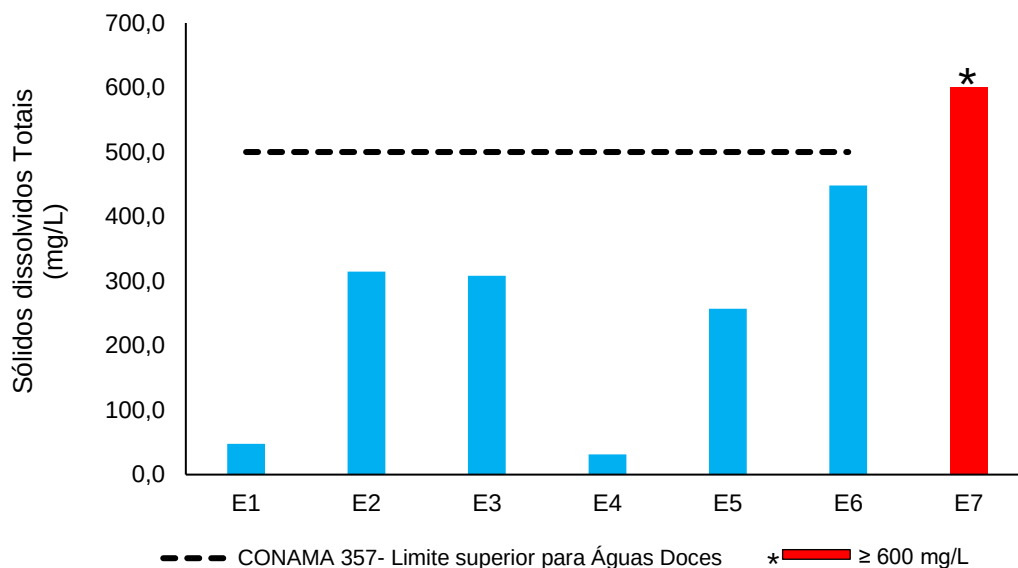
Os resultados de sólidos dissolvidos totais seguiram um padrão semelhante aos de sólidos totais, sendo o menor valor registrado nas águas analisadas em E4 (31,5 mg/L), no rio Iriry, e a maior concentração observada na amostra de E7 (43.099,0 mg/L), no rio das Ostras, a montante da sua foz.

Destaca-se que todas as amostras categorizadas como águas doces (E1 – afluente do rio Iriry, E2 - rio Jundiá, E3 – rio das Ostras, E4 – rio Iriry, E5 – canal das Corujas e E6 – rio das Ostras) apresentaram valores que estão em conformidade com o valor máximo preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L) (Figura 6-6).

Não há limite de referência para águas salinas na Resolução CONAMA nº 357/2005 para sólidos dissolvidos totais, impossibilitando a comparação do ponto E7 (foz do rio das Ostras) com a normativa supracitada. Entretanto, nota-se uma alta concentração desse parâmetro na amostra de E7, corroborando os resultados obtidos de condutividade. Diante disso, sugere-se que além das atividades antrópicas, outros fatores ambientais, como a ação de ventos e marés, podem favorecer a movimentação de massas e propiciar o incremento de sólidos dissolvidos no sistema.

Salienta-se que, por conta do valor elevado de sólidos dissolvidos totais na amostra do ponto E7 (rio das Ostras, a montante da sua foz) e, a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados, ele foi representado, no gráfico, por uma coluna vermelha com um asterisco (*) acima (≥ 600 mg/L).

Figura 6-6. Resultados de sólidos dissolvidos totais da campanha realizada em janeiro de 2025.



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).

Ao analisar os resultados de turbidez, observa-se que as águas analisadas no rio Jundiá (E2) apresentaram o menor resultado dessa variável ambiental, registrando 6,4 UNT, enquanto as águas do ponto E6, no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, apresentaram o maior valor de turbidez, registrando 16,0 UNT (Figura 6-7).

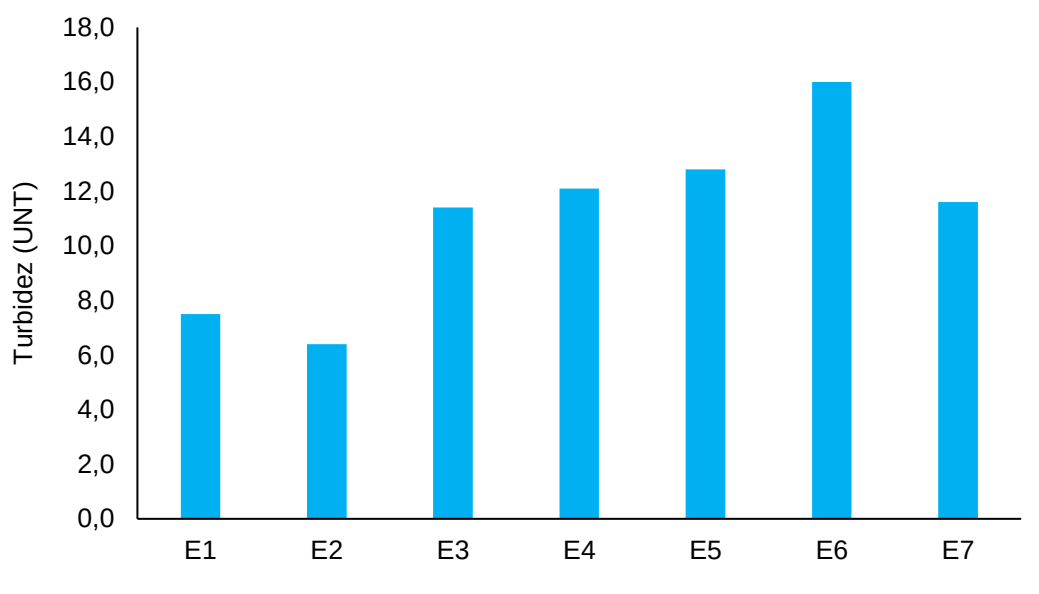
A fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados diante dos baixos valores registrados, o limite preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT) foi retirado do gráfico (Figura 6-7).

O resultado observado na amostra do rio Jundiá (E2) seguiu o padrão da campanha anterior (nov./2024), na qual as águas desse rio também apresentaram o menor valor de

turbidez (7,7 UNT). Quanto ao ponto E6, no rio das Ostras, apesar dele ter não ter apresentado o maior valor na campanha de novembro de 2024, o resultado observado (23,1 UNT) não está tão distante do registrado na presente campanha (16,0 UNT).

De maneira geral, os resultados de turbidez diminuíram consideravelmente em relação às duas últimas campanhas (set. e nov./2024), o que sugere alguma melhoria na qualidade das águas amostradas, seja pela diminuição dos processos erosivos ou de eutrofização. No que se refere à comparação dos resultados com a Resolução CONAMA nº357/2005, nota-se que todas as amostras classificadas como águas doces atendem ao limite para Águas Doces Classe 2 (100 UNT). Ressalta-se que para Águas Salinas Classe 1 não há valores de referência descritos na normativa supracitada.

Figura 6-7. Resultados de turbidez da campanha realizada em janeiro de 2025.



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).

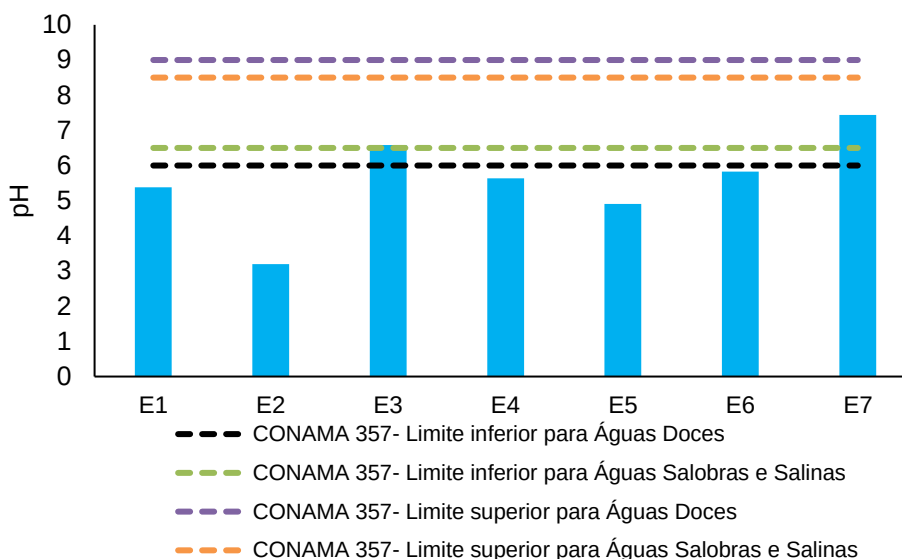
Para esse parâmetro foi observada variação entre 3,20 (E2) nas águas analisadas no rio Jundiá, a montante de seu deságue no rio das Ostras, e 7,44 (E7) no rio das Ostras, a montante da sua foz. Nessa campanha apenas as amostras de E3 (6,58) e E7 (7,44), ambas provenientes do rio das Ostras, apresentaram resultados em consonância com os limites balizados na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6 e 9) e Águas Salinas Classe 1 (pH entre 6,5 e 8,5), respectivamente. Todas as demais amostras desenquadraram em comparação com a normativa supracitada, apresentando valores de pH abaixo do limite inferior preconizado para Águas Doces Classe 2 (E1 – 5,38; E2 – 3,20; E4 – 5,64; E5 – 4,91 e E6 – 5,83).

Comparando os dados dessa campanha com os das três últimas realizadas (abril, setembro e novembro de 2024), nota-se uma piora dos resultados, uma vez que em abril apenas E3 (rio das Ostras, a jusante dos rios Iriry e Jundiá) apresentou resultado ligeiramente abaixo (E3 – 5,95) do preconizado na normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6 e 9) e em janeiro e novembro nenhuma amostra exibiu resultado abaixo dos limites estabelecidos na CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classes 2 (pH entre 6 e 9) e Águas Salobras e Salinas Classe 1 (pH entre 6,5 e 8,5). No entanto, vale ressaltar que, nessas duas últimas amostragens de 2024, os menores valores observados foram no rio Jundiá (E2), com 6,33 em abril e 6,16 em novembro.

Ademais, dados mais recentes do projeto de Monitoramento Ambiental da Qualidade da Água da RH-VIII, que também tem um ponto amostral no rio Jundiá, registraram, em dezembro de 2024, um pH de 3,49, 2,30 mg/L de nitrogênio total e 0,86 mg/L de OD, mostrando uma piora na qualidade desse rio, quando comparado a dados históricos desse mesmo estudo e os supracitados, caracterizando um cenário de degradação hídrica (CBH MACAÉ OSTRAS, 2025). O valor de pH do rio Jundiá (E2 – 3,20) no presente estudo também acompanhou alta concentração de nitrogênio total (1,40 mg/L) e baixa de OD (2,20 mg/L), o que sugere um quadro de eutrofização nesse corpo hídrico.

O baixo valor de pH encontrado nas águas do rio Jundiá (E2) remete à poluição desse rio, que, segundo Zanetti (2024), é tamanha, que poucos habitantes sabem da existência dele e o tratam como um “valão”. O impacto ecológico de águas acidificadas é imenso, e pode levar à corrosão e dissolução de metais pesados, como cádmio, chumbo e cromo, que aumentam sua toxicidade quando dissolvidos, além de ser fatal para os animais e plantas aquáticas (OMER, 2020).

Figura 6-8. Resultados de pH da campanha realizada em janeiro de 2025.



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).

Com relação aos resultados detectados de OD, observou-se que os valores desse parâmetro apresentaram variação de 0,97 mg/L nas águas analisadas em E4, no rio Iriry, a 5,76 mg/L no ponto E7, localizado no rio das Ostras. De acordo com os valores registrados, todas as amostras apresentaram concentrações abaixo do respectivo valor indicado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L) e Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L) (Figura 6-9).

Os resultados encontrados reforçam a carga elevada de matéria orgânica nas águas nos diferentes corpos hídricos monitorados, evidenciando a degradação das águas dos pontos amostrais. Historicamente as águas dessas estações amostrais já apresentavam valores de oxigênio dissolvido variando entre 4,1 e 4,8 mg/L (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). No entanto, os resultados de OD do presente estudo ambiental revelam a necessidade de ações urgentes

para a melhoria da qualidade hídrica, considerando que 6 dos 7 pontos de monitoramento apresentaram OD na faixa de 2 mg/L, com o rio Iriry chegando a 0,97 mg/L, e que valores de OD inferiores a 2 mg/L podem levar a uma condição de hipoxia, ou seja, uma redução dos níveis de OD na água, que pode culminar na morte de peixes e gerar um desequilíbrio de forma generalizada na comunidade aquática (CETESB, 2023).

O uso e a ocupação do solo no entorno do rio Iriry (E4) pode ter relação com o baixo nível de OD registrado. De acordo com a Figura 6-10, a região ao redor do rio é destinada à pastagem e não possui mata ciliar, logo, o escoamento das águas pluviais, além de gerar processos erosivos, culminando no gradual assoreamento do rio, acaba lançando os dejetos desses animais diretamente nesse corpo hídrico, gerando uma alta DBO (13 mg/L) e baixa concentração de OD.

Destaca-se também que um estudo realizado por Regina e colaboradores (2021), na bacia hidrográfica do rio das Ostras, contém um ponto de coleta localizado próximo à estação E2 do presente estudo ambiental, a qual fica localizada no rio Jundiá, a montante do deságue no rio das Ostras. Os autores indicam que as águas dessa localidade recebem o lançamento de águas residuais sem tratamento, pois é uma área afetada por invasões e processos de favelização, com o descarte de efluentes sendo feito diretamente no rio.

Ainda nesse contexto, observa-se a ocorrência de macrófitas aquáticas nas águas analisadas em E2, conforme pode ser observado no ANEXO 3. A presença de macrófitas no ambiente aquático indica a eutrofização do ambiente, e assim, o aumento da biomassa dessas plantas propicia a redução de outros organismos fotossintetizantes, levando, conseqüentemente, à diminuição do oxigênio dissolvido, favorecendo a via anaeróbica (PEREIRA, 2017).

Figura 6-9. Resultados de OD da campanha realizada em janeiro de 2025.

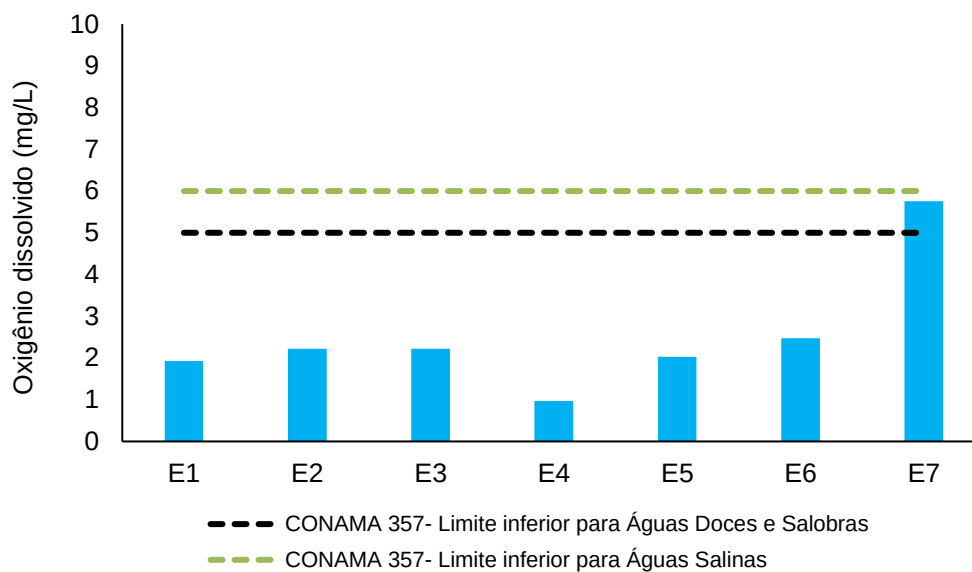


Figura 6-10. Uso e ocupação do solo no entorno do rio Iriry (E4).



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

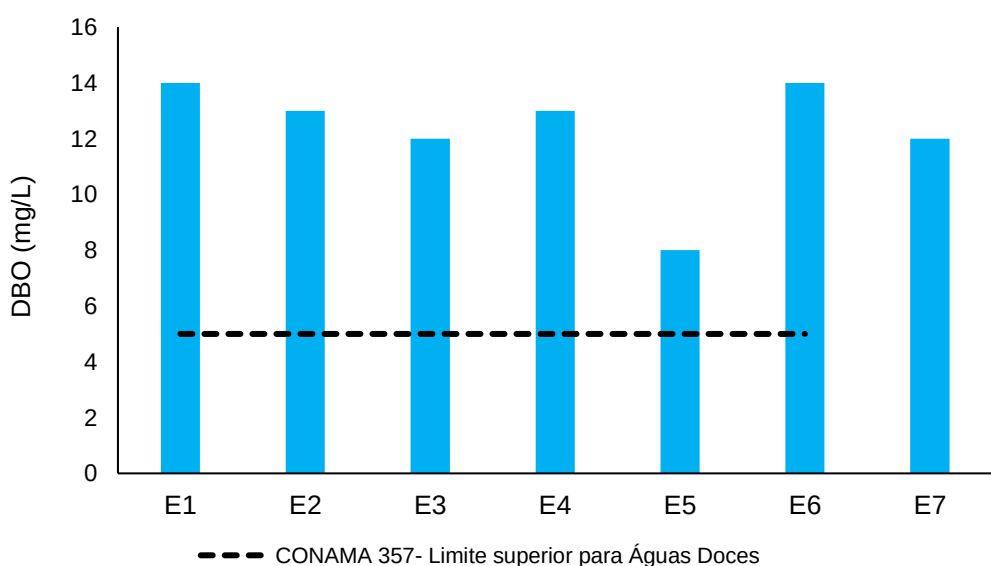
serem degradados), menor será a disponibilidade de oxigênio para seres vivos como peixes, organismos zooplancônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2014).

No que se refere à DBO, foram identificados valores entre 8,0 mg/L, na amostra do ponto E5, localizado no canal das Corujas, a 14,0 mg/L, nas águas analisadas nos pontos E1 e E6, localizados no afluente do rio Iriry e no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, respectivamente. Os resultados encontrados reforçam a relação inversamente proporcional entre DBO e OD, uma vez que a maioria das amostras apresentaram baixos valores de OD e elevadas concentrações de DBO (Figura 6-11).

Todas as amostras classificadas como águas doces (E1, afluente do rio Iriry - 14,0 mg/L; E2, rio Jundiá - 13,0 mg/L; E3, rio das Ostras - 12,0 mg/L; E4, rio Iriry - 13,0 mg/L, E5, canal das Corujas - 8,0 mg/L e E6, rio das Ostras - 14,0 mg/L) apresentaram valores acima do limite máximo estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (5,0 mg/L). Vale salientar que não há limite estabelecido na legislação de referência para Águas Salinas Classe 1, não sendo possível comparar o resultado do ponto E7 (12,0), localizado no rio das Ostras, após a área urbana.

Ademais, os valores elevados de DBO e as baixas concentrações de OD sugerem o aporte de efluentes sem tratamento nas águas analisadas nas distintas estações amostrais.

Figura 6-11. Resultados de DBO da campanha realizada em janeiro de 2025.



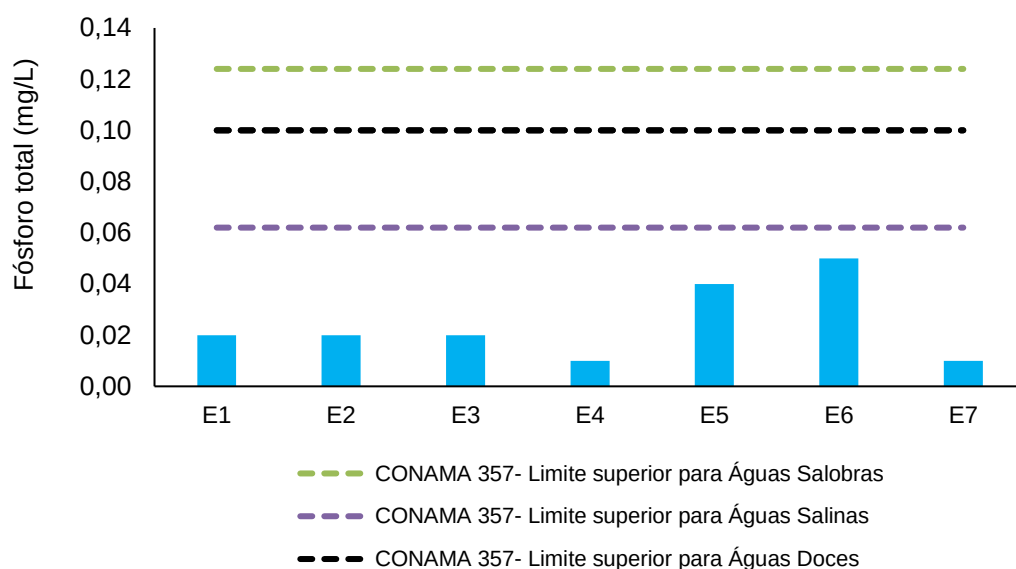
6.1.11 Fósforo total

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).

Quanto ao fósforo total, a variação desse parâmetro foi de $<0,01$ mg/L, na amostra do ponto E7, localizado no rio das Ostras, a montante da sua foz, a 0,05 mg/L, nas águas analisadas em E6, localizado no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas. Todas as amostras apresentaram resultados em consonância com o valor estipulado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (0,1 mg/L) (E1 a E6) e Águas Salinas Classe 1 (0,062 mg/L) (E7) (Figura 6-12).

Vale ressaltar que, de maneira geral, em comparação às campanhas de setembro e novembro de 2024, os valores de fósforo total diminuíram, indicando uma melhoria na qualidade das águas monitoradas.

Figura 6-12. Resultados de fósforo total da campanha realizada em janeiro de 2025.



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).

Em relação ao fosfato, não foram detectadas concentrações desse parâmetro em todas as amostras, logo, não foi possível a elaboração do gráfico. Assim como o resultado observado de fósforo total (Figura 6-12), esses resultados são indicativos de melhoria na qualidade das águas analisadas.

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).

Acerca dos valores de nitrogênio total, foi observada uma variação de 0,20 mg/L nas águas do rio das Ostras, a montante da sua foz (E7), a 1,50 mg/L em E6, ponto situado no rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas (Figura 6-13).

No que tange à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, verifica-se que todas as amostras classificadas como águas doces (E1 a E6) apresentaram concentrações em conformidade com o preconizado pela legislação supracitada para Águas Doces Classe 2 em ambientes lóticos (2,18 mg/L). Não há limites estabelecidos, na legislação de referência, para Águas Salinas Classe 1, mas a amostra E7 foi a que apresentou o menor valor de nitrogênio total nessa campanha (0,20 mg/L).

A concentração de nutrientes em águas superficiais, especialmente nitrogênio e fósforo, é um indicativo da eutrofização. Apesar dos resultados aqui registrados estarem em conformidade com a normativa de referência, os pontos E2 (1,40 mg/L), localizado no rio Jundiá, e E6 (1,50 mg/L), localizado no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, requerem atenção por terem apresentado as maiores concentrações observadas no presente monitoramento. Ainda mais considerando o histórico de poluição do rio Jundiá (ZANETTI, 2024), os resultados baixos de pH (Figura 6-8) e OD (Figura 6-9) obtidos no presente estudo, a alta concentração de DBO (Figura 6-11) e a proliferação de macrófitas nesse corpo hídrico (Figura 6-14). Cenários de eutrofização impulsionam o crescimento exacerbado de algas e macrófitas aquáticas. Um dos principais impactos desse processo é a produção de toxinas por cianobactérias, que podem causar efeitos negativos à biota e à saúde humana, além de reduzir os níveis de oxigênio dissolvido e provocar a mortalidade de organismos aquáticos (FIGUEIRÊDO *et al.*, 2007; MORAES, 2009; COSTA *et al.*, 2021).

Figura 6-13. Resultados de nitrogênio total da campanha realizada em janeiro de 2025.

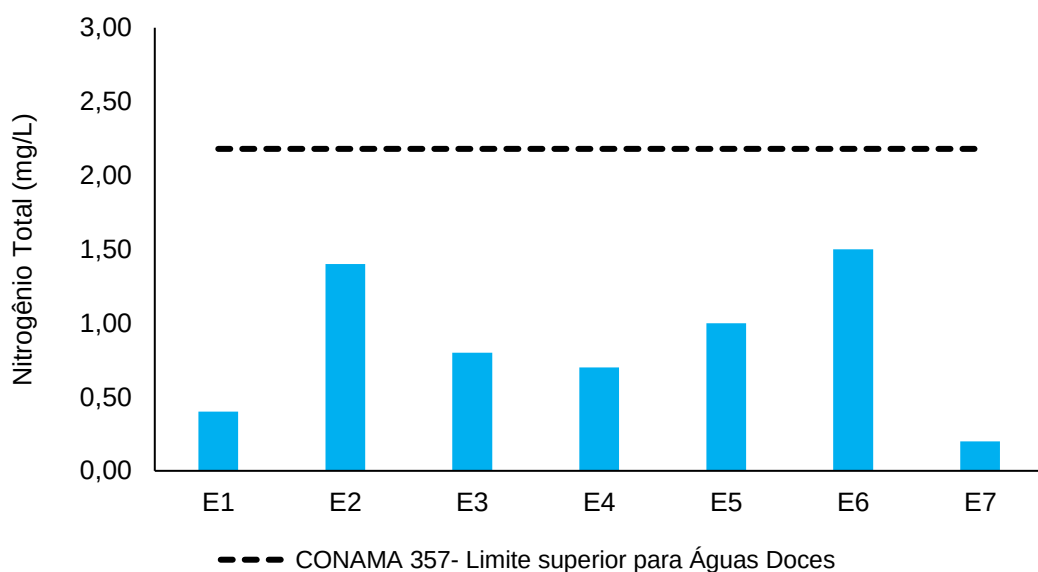


Figura 6-14. Proliferação de macrófitas no rio Jundiá (E2).



6.1.14 Nitrato

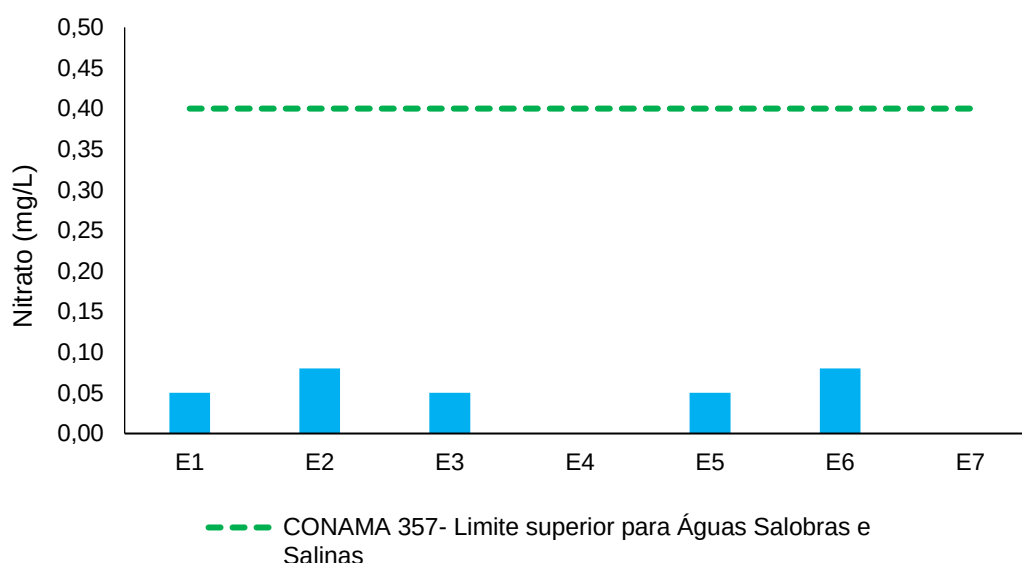
O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato (CETESB, 2014). Nesse sentido, destaca-se que o nitrato é um íon relevante e ocorre naturalmente no ambiente, mas, atualmente, sua detecção em excesso nos diferentes compartimentos ambientais está 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.

Em relação ao nitrato, a variação observada foi de $<0,05$ mg/L nas águas analisadas em E1 (afluente do rio Iriry), E3 (rio das Ostras, após o encontro dos rios Iriry e Jundiá) e E5 (canal das Corujas), a 0,08 mg/L nas águas analisadas em E2 (rio Jundiá) e E6 (rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas). Não foram detectadas concentrações desse parâmetro nos pontos E4 e E7, localizados no rio Iriry e no rio das Ostras, a montante da sua foz, respectivamente.

Quando equiparadas aos limites descritos na Resolução CONAMA nº 357/2005, nota-se que todas as amostras apresentaram concentrações em conformidade com os limites para Águas Doces Classe 2 (10,00 mg/L) e Águas Salinas Classe 1 (0,40 mg/L) (Figura 6-15).

A fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados diante dos baixos valores registrados, o limite preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (10,00 mg/L) foi retirado do gráfico (Figura 6-15).

Figura 6-15. Resultados da campanha realizada em janeiro de 2025.



6.1.15 Coliformes termotolerantes

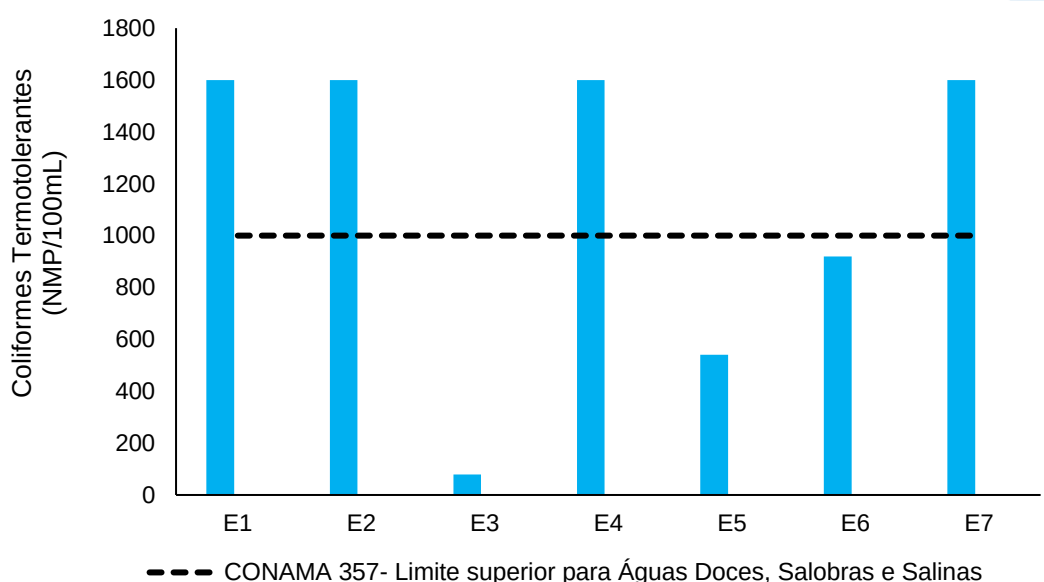
A poluição por esgoto sanitário pode levar a uma série de alterações em ecossistemas aquáticos, levando ao aumento nas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas, turbidez e coliformes. Os coliformes são bactérias presentes no trato intestinal humano e animal, sendo assim, as concentrações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

No que se refere a essa variável microbiológica, nota-se uma variação de 79,0 NMP/100mL nas águas analisadas em E3, localizado no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá, a >1.600,0 NMP/100mL nas águas analisadas em E1 (afluente do rio Iriry), E4 (rio Iriry) e E7 (rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana) (Figura 6-16).

Diante dos resultados obtidos para coliformes termotolerantes, observa-se que as amostras de E1, E2, E4 e E7 apresentaram valores acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (E1, E2 e E4) e Águas Salinas Classe 1 (E7) (1.000 NMP/100mL). As demais amostras analisadas exibiram valores em consonância com a normativa de referência.

Os resultados registrados de coliformes termotolerantes, na presente campanha, indicam a degradação dos corpos hídricos monitorados devido ao lançamento de efluentes sanitários no sistema.

Figura 6-16. Resultados de coliformes termotolerantes da campanha realizada em janeiro de 2025.



7 Diagnóstico da atual campanha

No que se refere à caracterização da área de estudo do presente monitoramento ambiental, quanto à salinidade, é possível evidenciar, de maneira geral, um aumento desse parâmetro, de E1 a E7, ou seja, do afluente do rio Iriry até à foz do rio das Ostras. A variação de salinidade encontrada nas diferentes amostras analisadas confirma que o estuário do rio das Ostras sofre influência das marés, que adentram as regiões mais interiores do rio por meio do regime de micromarés, e que podem chegar cerca de 6 km para o interior do continente em períodos com menor precipitação e a depender do volume dos rios (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Ademais, foi verificado que os valores mais elevados reportados para salinidade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, pH e OD ocorreram na amostra de E7, ponto situado no encontro da foz do rio com o mar. Devido à correlação entre o pH e a condutividade, essas grandezas podem sofrer influência dos sólidos totais e da salinidade, já que as faixas de variação do pH agem na precipitação de material particulado, íons e sais que medem a condutividade (ESTEVES, 2011). Dados pretéritos também apontam o incremento do pH no estuário do rio das Ostras e dos demais parâmetros supracitados, indicando um padrão de resultados mais elevados para essa localidade (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Em relação à turbidez, os resultados registrados estiveram muito abaixo do limite preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT). E comparando os resultados da presente campanha com as duas últimas, vê-se uma redução considerável nos valores desse parâmetro. A turbidez em setembro e novembro de 2024 e janeiro de 2025 para os pontos amostrais foi: E1 (66,9 UNT, 18,1 UNT e 7,5 UNT); E2 (35,9 UNT, 7,7 UNT e 6,4 UNT); E3 (18,19 UNT, 23,9 UNT e 11,4 UNT); E4 (31,1 UNT, 91,1 UNT e 12,1 UNT); E5 (18,79 UNT, 36,2 UNT e 12,8 UNT); E6 (26,7 UNT, 23,1 UNT e 16 UNT) e E7 (9,07 UNT, 19,7 UNT e 11,6 UNT). Indicando uma melhoria na qualidade da água em relação aos materiais em suspensão.

Um fator que requer bastante atenção e que vem apresentando um histórico de baixas concentrações, de acordo com campanhas anteriores, é o oxigênio dissolvido. Considerando que esse parâmetro é um dos mais importantes para diagnosticar a qualidade da água em rios, sendo um excelente indicativo de poluição (OMER, 2020), já que quanto mais baixa a concentração de OD, pior é a qualidade das águas analisadas, e é justamente o que se observa no presente estudo, com exceção do ponto E7, localizado

no rio das Ostras, após a área urbana, que por estar em uma região de foz, sofre influência marinha direta, contribuindo para o aumento de OD.

As águas do rio Iriry (E4) apresentaram concentração de OD de 0,97 mg/L, sendo a menor do presente monitoramento (Figura 6-9). Os resultados de coliformes termotolerantes desse ponto (>1.600 NMP/100mL) mostram que o corpo hídrico recebeu um grande aporte de efluentes não tratados (Figura 6-16). Esse cenário contribui para o aumento da decomposição dessa matéria pelas bactérias, que fazem uso do oxigênio, resultando em um aumento de DBO (Figura 6-11) e redução da concentração do oxigênio dissolvido no meio (CESTESB, 2023).

No rio Jundiá (E2), que apresenta uma grande proliferação de macrófitas, o cenário está igualmente ruim, com concentração de OD baixíssima (Figura 6-9), alta DBO (Figura 6-11) e alta concentração de coliformes termotolerantes (Figura 6-16). Cabe ressaltar que a decomposição dessas macrófitas, em condições anaeróbicas, produz gás sulfídrico, o qual compromete a qualidade da água, gera mau cheiro, provoca a mortandade de peixes, entre outros (ESTEVES, 2011).

Ademais, é possível que os valores observados nessa região dos rios Iriry (E1 e E4) e Jundiá (E2) tenham uma relação com as atividades agrárias dessa região, já que, de acordo com 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).

É importante frisar que existem locais que reconhecidamente realizam o descarte inadequado entre E6 e E7 (ambos localizados no rio das Ostras), 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), o que pode ter uma relação com os valores elevados de coliformes termotolerantes nas águas analisadas nas estações previamente mencionadas (Figura 6-16).

Outra variável ambiental que merece atenção é o pH (6.1.8), haja vista que os resultados dessa campanha destoaram dos dados históricos do presente projeto, apresentando valores mais baixos (Figura 6-8) e servindo como um ponto de alerta, considerando que águas acidificadas causam um desequilíbrio ambiental (OMER, 2020).

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 efetuada, foi realizado 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 indicado 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). Diante dos resultados apresentados na Tabela 7-1, foi constatado que o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valor significativo ($p < 0,05$), enquanto o teste de KMO também exibiu um valor considerado aceitável (0,500), conforme a literatura (WU *et al.* 2010; AL-MUTAIRI *et al.* 2014). Salienta-se que os parâmetros fosfato, coliformes termotolerantes, DBO e pH foram retirados da análise. O primeiro, por não apresentar variância, e os demais por apresentarem cargas fatoriais inferiores a 0,5 nos componentes principais 1 e 2, indicando baixa explicabilidade nesses eixos. Considerando a padronização metodológica adotada nos relatórios anteriores, os quais restringem a interpretação da PCA aos dois primeiros componentes principais, optou-se por não incluir as variáveis supracitadas, visando à consistência analítica e à comparação entre os estudos.

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)	286
Graus de liberdade	45
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 68,49% e 18,18% da variação dos dados, totalizando 86,67%, que podem ser observados na Figura 7-1.

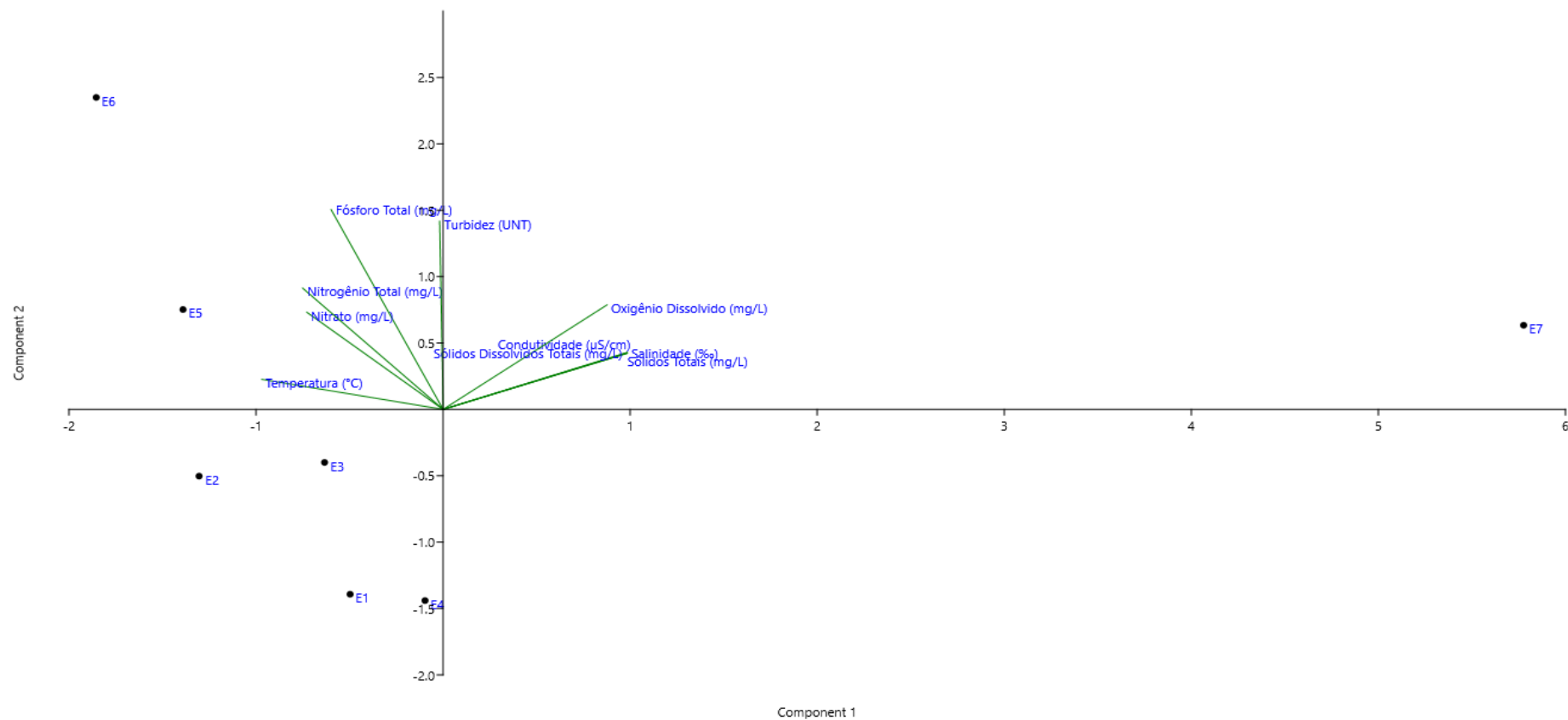
Com base na Figura 7-1, foi possível observar que formou-se um agrupamento entre os pontos E1 (afluente do rio Iriry), E2 (rio Jundiá), E3 (rio das Ostras), E4 (rio Iriry), E5 (canal das Corujas) e E6 (rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas), uma vez que a distribuição deles foi influenciada pelas baixas concentrações de sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, condutividade, salinidade e oxigênio dissolvido. Todas as amostras supracitadas foram classificadas como águas doces e equiparadas aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2.

Em contrapartida, nota-se uma influência positiva desses mesmos parâmetros em relação ao ponto E7, localizado na foz do rio das Ostras. Isso acontece porque as águas analisadas em E7 foram as únicas classificadas como salinas e esses parâmetros têm relação com essa categorização. A salinidade representa a quantificação do total de substâncias dissolvidas na água do mar (LIBES, 2009), então ela se relaciona aos parâmetros sólidos totais e sólidos dissolvidos totais. O mesmo acontece para condutividade, já que ela é um indicativo da quantidade de sais presentes na coluna d'água. Portanto, E7 registrou, naturalmente, altas concentrações para todos os parâmetros supracitados.

Considerando o oxigênio dissolvido, ele se opôs aos pontos E1 a E6 por conta dos baixos resultados observados nessas estações amostrais. Apesar de todas as amostras, incluindo E7, terem exibido concentrações abaixo do valor indicado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L) e Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L) (Figura 6-9), o maior registro de OD para as águas classificadas como doces foi 2,47 mg/L (E6), enquanto que E7 exibiu 5,76 mg/L. Essa diferença de resultados, somado ao que já foi visto para outros parâmetros, fez com que a foz do rio das Ostras (E7) ficasse isolada dos outros pontos amostrais na PCA. Além disso, de maneira geral, os resultados de OD deixam evidente a necessidade de ações que busquem a redução dos impactos antrópicos nas regiões monitoradas.

As outras variáveis ambientais consideradas nessa análise não explicam tanto a distribuição das estações amostrais.

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, apresentada na Tabela 7-2, abrange, para a avaliação do IQA_{CETESB}, os seguintes parâmetros: coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio total, OD, pH, sólidos totais, temperatura e turbidez. Já na segunda coluna, para a realização do cálculo do IQA_{NSF}, foram utilizadas as seguintes variáveis ambientais: coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, nitrato, OD, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez.

No que se refere ao IQA_{CETESB}, o menor valor calculado foi 35,54, no rio Jundiá (E2), e o maior valor foi 59,46, na foz do rio das Ostras (E7) (Tabela 7-2). Para o IQA_{NSF} o mesmo padrão foi observado, o menor resultado em E2, no rio Jundiá (36,74), e o maior em E7, na foz do rio das Ostras (59,35). Nos dois cálculos de IQA, as águas do rio Jundiá (E2) foram categorizadas como ruim, no entanto, como o IQA_{NSF} possui faixas de classificação mais restritivas, a amostra da foz do rio das Ostras (E7) foi classificada como média, enquanto no IQA_{CETESB} ela foi considerada boa.

Com base nos resultados obtidos, as amostras de E1, E4, E5 e E6, pontos localizados no afluente do rio Iriry, nele próprio, no canal das Corujas e no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, apresentaram uma classificação de IQA_{CETESB} regular e no IQA_{NSF}, ruim. Já as águas analisadas no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3) e na foz (E7), foram categorizadas como boas no IQA_{CETESB} e médias no IQA_{NSF}. O rio Jundiá (E2) foi o único que obteve a mesma classificação (ruim), no dois IQA (CETESB e NSF). Os resultados registrados dos parâmetros oxigênio dissolvido (2,22 mg/L), coliformes termotolerantes (1.600 NMP/100mL), pH (3,20) e DBO (13 mg/L) respaldam a classificação obtida para esta estação amostral, já que eles representam os maiores pesos em ambos os cálculos de IQA, sendo indicativos de um cenário de eutrofização e alertam para a urgência de ações nessa região.

De maneira geral, o IQA_{CETESB} apresentou classificações que variaram de ruim a boa, enquanto no IQA_{NSF} as categorizações oscilaram entre ruim e média. À vista disso, no IQA_{NSF}, a maioria das amostras foram consideradas impróprias para o tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados, com exceção das amostras de E3 e E7, pontos localizados no rio das Ostras.

De acordo com os boletins disponibilizados no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os dados pretéritos do IQA, obtidos nas análises realizadas entre 2013 até 2022, apresentaram como resultado sete avaliações de classificações ruins e duas médias (INEA, 2022). Tendo como base o monitoramento realizado pelo órgão ambiental e os resultados do presente estudo, 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 campanha de janeiro de 2025, o IQA_{NSF} da amostra de E7 foi categorizado como médio, assim como nas campanhas de setembro e novembro de 2024, o que mostra que o padrão de melhoria na qualidade das águas está se mantendo, uma vez que nas campanhas de dez./23, fev./24, abr./24 elas foram classificadas como ruins.

Tabela 7-2. Resultados de IQA em cada estação amostral da campanha realizada no mês de janeiro de 2025.

Estação	Localização	IQA _{CETESB}	IQA _{NSF}
E1	Afluente do rio Iriry	45,98	45,82
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	35,54	36,74
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	57,00	57,48
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	41,93	41,66
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	44,79	45,84
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	46,98	48,26
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	59,46	59,35
Intervalo de Valores de IQA _{CETESB}	79 < IQA ≤ 100 51 < IQA ≤ 79 36 < IQA ≤ 51	19 < IQA ≤ 36	IQA ≤ 19
Intervalo de Valores de IQA _{NSF}	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

8 Observações gerais

Diante dos resultados expostos no presente relatório em relação às distintas variáveis ambientais mensuradas, evidencia-se que a qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio das Ostras tem sofrido com impactos das atividades antrópicas na região, como o lançamento de efluentes *in natura*, uso e ocupação irregular do solo, remoção da mata ciliar e processos erosivos, que refletem diretamente na qualidade das águas.

Destaca-se que nas águas do afluente do rio Iriry (E1) e nele próprio (E4), no rio Jundiá (E2) e na foz do rio das Ostras (E7), os resultados de coliformes termotolerantes registrados foram os mais altos no presente monitoramento (E1, E4 e E7: >1.600 NMP/100mL e E2: 1.600 NMP/100mL), ultrapassando o limite máximo estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (E1, E2 e E4) e Águas Salinas Classe 1 (E7) (1.000 NMP/100mL), o que indica o lançamento de águas residuais no sistema, corroborando com o cenário de degradação da qualidade hídrica mencionado previamente.

Além disso, um outro parâmetro que está apresentando um padrão nas últimas campanhas de monitoramento realizadas são os valores baixos de OD, com registros menores que 2 mg/L em algumas amostras, chegando a 0,97 mg/L no rio Iriry (E4), o que pode levar a uma condição de hipoxia, colocando em risco a biodiversidade local, bem como os serviços ecossistêmicos de suporte, abastecimento e regulação fornecidos pelos corpos hídricos.

Também foram registrados valores elevados de DBO e todas as amostras categorizadas como águas doces exibiram concentrações acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Nesse sentido, as altas concentrações de DBO e os níveis baixos de OD, bem como os valores elevados de coliformes termotolerantes, reforçam o aporte de águas residuais sem tratamento nos sistemas.

No entanto, quando comparamos o presente estudo com as duas últimas campanhas (set./24 e nov./24), nota-se uma melhoria geral em relação à qualidade das águas, especialmente no que diz respeito aos nutrientes fósforo total, fosfato, o qual não foi detectado em nenhuma das amostras, nitrogênio total e nitrato. Ademais, cabe ressaltar que ainda que os níveis de DBO tenham sido altos, eles diminuíram consideravelmente em relação às campanhas supracitadas.

Em relação ao pH, com exceção das águas analisadas no rio das Ostras, a jusante da confluências dos rios Iriry e Jundiá (E3 – 6,58) e na região da foz (E7 – 7,44), todas as demais desenquadraram em comparação com a normativa supracitada, apresentando valores de pH abaixo do limite inferior (6) preconizado para Águas Doces Classe 2 (E1, afluente do rio Iriry – 5,38 ; E2, rio Jundiá – 3,20; E4, rio Iriry – 5,64; E5, canal das Corujas – 4,91 e E6, rio das Ostras, logo a jusante do canal das Corujas – 5,83). Salienta-se que a amostra do rio Jundiá (E2) apresentou águas mais ácidas no presente monitoramento. De maneira geral, todas as amostras apresentaram queda no pH em comparação às duas últimas campanhas, sendo que as do rio Jundiá e do canal das Corujas chamaram mais atenção, pois saíram de uma faixa de pH entre 6 e 7, para 3 e 4, respectivamente.

Os resultados observados refletiram nas categorizações do IQA, que nos dois cálculos realizados indicaram um IQA ruim para a estação do rio Jundiá (E2). De maneira geral, os piores resultados, que sucederam os do rio Jundiá, foram o do rio Iriry (E4) e o do canal das Corujas (E5), reforçando a necessidade de ações para a melhoria da qualidade hídrica.

Por fim, destaca-se que a continuidade do monitoramento pode permitir a identificação da influência da variação sazonal nos resultados e na confirmação dos padrões já evidenciados nos dois anos de monitoramento realizado. De forma adicional, será capaz de confirmar o entendimento da influência das ações da maré nos locais de monitoramento, bem como no enquadramento dos corpos hídricos da bacia, devido à presença e ação da salinidade nos parâmetros avaliados e utilizados para o cálculo do IQA.

Referências

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.

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

ALVARADO, Juan José.; AGUILAR, José Francisco. Batimetria, 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.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos** / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: BRANDÃO, Carlos Jesus., BOTELHO, Marcia Janete Coelho., SATO, Maria Inês Zanoli. São Paulo: CETESB; Brasília, 2011.

ANDRIETTI, Grasiene *et al.* Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 162-175, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/27525d96-6b40-4b62-95e0-3a50bebce61d/content>. Acesso em: 16 ago. 2024.

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

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

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D5176-08, 2015. **Standard Test Method for Total Chemically Bound Nitrogen in Water by Pyrolysis and Chemiluminescence Detection**. ASTM International, 2015, DOI: 10.1520/D5176-08. Disponível em: www.astm.org. Acesso em: 16 ago. 2024.

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.

BASHIR, Ishrat *et al.* Concerns and threats of contamination on aquatic ecosystems. **Bioremediation and biotechnology: sustainable approaches to pollution degradation**, p. 1-26, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35691-0_1. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7121614/>. Acesso em: 20 ago. 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.

BIDEGAIN, P. P.; VÖLCKER, C.M. **Bacias dos rios São João e das Ostras – Águas, terras e conservação ambiental**. Consórcio Intermunicipal Lagos São João- CILSJ. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, 31 ago.1981.

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.

CANIVETE, Gésica 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.

CBH MACAÉ OSTRAS. **Bacia Hidrográfica**. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/a-bacia/>. Acesso em: 21. ago. 2024a.

CBH MACAÉ OSTRAS. **Mapas**. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/mapas/>. Acesso em: 18 set. 2024b.

CBH MACAÉ OSTRAS. **Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras – Relatório Síntese**. 2012.

CBH MACAÉ OSTRAS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água da Região Hidrográfica VIII (Relatório Técnico Parcial V)**. Disponível em: https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2025/04/20250408120513_YLTY58Y2PGI_Relatorio_CILSJ-MO_C5_rev02.pdf. Acesso em: 14 maio 2025.

CHIDIAC, Sandra *et al.* A comprehensive review of water quality indices (WQIs): history, models, attempts and perspectives. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 22, n. 2, p. 349-395, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09650-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-023-09650-7>. Acesso em 16 ago. 2024.

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

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.

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-aracteriza%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.

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- Índices de Qualidade das Águas**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2024.

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. **Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2025.

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. **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; 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.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. 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. Diário Oficial da União; Brasília, 2005.

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.

COSTA, Rafaela dos Santos *et al.* The link between pharmaceuticals and cyanobacteria: a review regarding ecotoxicological, ecological, and sanitary aspects. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 31, p. 41638-41650, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-14698-5>. Acesso em: 01 nov. 2024.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO- **Índices e Indicadores**. Disponível em: <https://www2.cprh.pe.gov.br/monitoramento-ambiental/qualidade-da-agua/bacias-hidrograficas/indices-e-indicadores/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

DE MORAES, Luzia Alice Ferreira. A visão integrada da ecohidrologia para o manejo sustentável dos ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 676-687, 2009. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3253454>. Acesso em: 01 nov. 2024.

DE SOUZA, Alexandre Teixeira *et al.* Assessment of water quality using principal component analysis: a case study of the Marrecas stream basin in Brazil. **Environmental technology**, v. 42, n. 27, p. 4286-4295, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1754922>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09593330.2020.1754922>. Acesso em: 19 ago. 2024.

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.

DINI, Ariane Polidoro *et al.* Validade e confiabilidade de um instrumento de classificação de pacientes pediátricos. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 22, p. 598-603, 2014.

EJIGU, Mamuye Tebebal. Overview of water quality modeling. **Cogent Engineering**, v. 8, n. 1, p. 1891711, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-1169.3575.2457>. Disponível em: 18 ago. 2024.

EKAU, Werner *et al.* Impacts of hypoxia on the structure and processes in pelagic communities (zooplankton, macro-invertebrates and fish). *Biogeosciences*, v. 7, n. 5, p. 1669-1699, 2010. DOI: [/10.5194/bg-7-1669-2010](https://doi.org/10.5194/bg-7-1669-2010). Disponível em: <https://bg.copernicus.org/articles/7/1669/2010/>. Acesso em 02 abr. 2024.

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

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

FIGUEIRÊDO, Maria Cléa Brito de *et al.* Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 12, p. 399-409, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/f79cyd4q9VpyCzTLhgFkfVR/?lang=pt>. Acesso em: 01 nov. 2024.

GOMES, Maria Laura Monnerat. Ocupação Urbana de Rio das Ostras: Elementos Definidores e os Impactos nos Recursos Hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 3, n. 2, p. 145-161, 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.

HONGYU, Kuang.; SANDANIELO; Vera Lúcia Martins; OLIVEIRA JUNIOR, Gilmar Jorge de. Principal component analysis: theory, interpretations and applications. **Engineering and Science**, v. 1, n. 5, p. 83-90, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18607/ES20165053>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3398>. Acesso em 16 ago. 2024.

INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Índice de Qualidade da Água (IQA)**. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/04/IQA-NSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2024.

INEMA - INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA BAHIA. Relatório técnico nº 028/16. **Diagnóstico da Qualidade Ambiental dos Rios de Salvador e Lauro de Freitas, Bahia, Brasil**. Bahia, 2016.

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 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 AMBIENTE - INEA. **IQA Médio: RH VIII - Macaé e das Ostras**. Rio de Janeiro: INEA, 2022. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/INEA-IQA-M%C3%A9dia-RH-VIII-2012-2022.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 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. Disponível em: <http://www.bdt.uerj.br/handle/1/18574>. Acesso em: 21 ago. 2024.

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

KÖPPEN, Wladimir. **Climatologia: com um estudio de los clima de la tierra**. Fondo de Cultura Economica. México, 1948.

LEITÃO, Valéria de Souza. *et al.* Utilização do índice de qualidade de água (IQA) para monitoramento da qualidade de água em uma área de preservação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 3, p. 794-803, 2015. Disponível em: https://www2.pucgoias.edu.br/ucg/prope/pesquisa/anais/2015/PDF/XVI_FORUM_PESQUISA/XVI_forum_de_pesquisa.206.pdf. Acesso em: 16 ago. 2024.

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

LUMB, A. *et al.* A comparative study of USA and Canadian water quality index models. **Water Quality, Exposure and Health**, v. 3, p. 203-216, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12403-011-0056-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12403-011-0056-5>. Acesso em: 19 ago. 2024.

MASSOUD, May Afif. Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index. **Environmental monitoring and assessment**, v. 184, p. 4151-4160, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2251-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-011-2251-z>. Acesso em: 20 ago. 2024.

MIRZAEI, Mojgan; SOLGI, Eisa; SALMAN-MAHINY, Abdolrasoul. Evaluation of surface water quality by NSFQI index and pollution risk assessment, using WRASTIC index in 2015. **Archives of Hygiene Sciences**, v. 5, n. 4, p. 264-277, 2016. Disponível em:

https://jhygiene.muq.ac.ir/browse.php?a_id=155&slc_lang=en&sid=1&ftxt=1&html=1. Acesso em: 20 ago. 2024.

MORESI, Eduardo Amadeu Dutra. **Monitoração ambiental e complexidade**. 2001. 191f. (Doutorado em Ciência da Informação). Faculdade de Estudos Sociais Aplicados, Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/4920>. Acesso em: 20 ago. 2024.

NGUYEN, Thanh Giao; HUYNH, Thi Hong Nhien. Assessment of surface water quality and monitoring in southern Vietnam using multicriteria statistical approaches. **Sustainable Environment Research**, v. 32, n. 1, p. 20, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42834-022-00133-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s42834-022-00133-y>. Acesso em: 20 ago. 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: <https://doi.org/10.7476/9788575413203>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/rrw5w>. Acesso em 15 jan. 2024

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.

OMER, N. H. **Water Quality Parameters**. In: SUMMERS, J. K. Water Quality – Science, Assessments and Policy. Londres: IntechOpen, 2020. cap. 1, p. 1-18. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/7718>. Acesso em: 11 abr. 2024.

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

POZZA, Simone Andréa; SANTOS, Carmenlucia. **Monitoramento e caracterização ambiental**. São Carlos: EdUFSCar, 2015. Disponível em: http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2702/1/EA_Simone_MonitoramentoAmbiental.pdf. Acesso em: 20 ago. 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, n. 2, p. 407-413, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016147040>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7X3f79MpyfKs5FMv3pWwQbT/>. Acesso em: 16 ago. 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. Disponível em: <http://www.bdttd.uerj.br/handle/1/10917>. Acesso em 15 ago. 2024.

PROGRAMA ÁGUA AZUL. **Monitoramento das águas superficiais**. Natal, 2016. Disponível em: https://programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/aguas_superficiais/. Acesso em: 19 ago. 2024.

REGINA, Ana Luísa Almeida *et al.* A watershed impacted by anthropogenic activities: Microbial community alterations and reservoir of antimicrobial resistance genes. **Science of the Total Environment**, v. 793, p. 148552, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972103624X>. Acesso em: 01 nov. 2024.

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.

SAMPAIO, Silvio César *et al.* Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. **Irriga**, v. 12, n. 4, p. 569-574, 2007.

SÁNCHEZ, Enrique *et al.* Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. **Ecological indicators**, v. 7, n. 2, p. 315-328, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.02.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X06000239?via%3Dihub>. Acesso em: 19 ago.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.

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.

SILVA, José de Paula; RAMOS, Salvador Boccaletti; ANDRADE, Monica. Análise multivariada da esquistossomose no estado de Minas Gerais: análise de componentes principais. **ABCS Health Sciences**, v. 43, n. 2, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.7322/abcshs.v43i2.995>. Disponível em: <https://www.portalnepas.org.br/abcshs/article/view/995/807>. Acesso em: 15 ago. 2024.

SILVEIRA, Livia Garcia. **Estudo comparativo da utilização do IQA-NSF e IQA-CCME para análise da qualidade da água no Estado do Rio De Janeiro**. 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.bdttd.uerj.br/handle/1/13508>. Acesso em 19 ago. 2024.

SINGH, Kunwar P. *et al.* Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. **Water research**, v. 38, n. 18, p. 3980-3992, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135404003367>. Acesso em: 15 ago. 2024.

SINGH, Kunwar P.; MALIK, Amrita; SINHA, Sarita. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques—a case study. **Analytica Chimica Acta**, v. 538, n. 1-2, p. 355-374, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.02.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267005001649>. Acesso em: 15 ago. 2024.

SMWW - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 2130. **Turbidity**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SMWW 2510 B. **Conductivity** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SMWW 2520. **Salinity** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SMWW 2540. **Solids**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SMWW 2550. **Temperature**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SMWW 4500-h B. **pH** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

SMWW - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SMWW 4500-o G **Oxygen (dissolved)** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

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

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

SMWW - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 4500-P E. **Phosphorus**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press

THERMO SCIENTIFIC. D09727_04_Insert_Environmental_TON Vanadium. **TON as N, Total Oxidized Nitrogen (Vanadium Chloride reduction)**. Thermo Scientific, 2015.

THOMAZ, Danilo; CENTENO, Luana Nunes; CECCONELLO, Samanta Tolentino. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água do Rio Comandá, através do Índice de Qualidade da Água. **Revista Thema**, v. 22, n. 1, p. 79-103, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.V22.2023.79-103.3068>. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/3068>. Acesso em: 19 ago. 2024.

THYAGI, Shweta *et al.* Water quality assessment in terms of water quality index. **American Journal of water resources**, v. 1, n. 3, p. 34-38, 2013. DOI: <https://doi.org/10.12691/ajwr-1-3-3>. Disponível em: <http://pubs.sciepub.com/ajwr/1/3/3>. Acesso em 22 ago. 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/kpzVhzFFck3zxZFzVFXPvZG/#>. Acesso em: 12 fev. 2024.

UDDIN, Md Galal; NASH, Stephen; OLBERT, Agnieszka I. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107218, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20311572>. Acesso em: 15 ago. 2024.

WANICK, Rodrigo Cunha. *et al.* Avaliação do IQA Como Ferramenta de Avaliação da Qualidade de Água Nos Corpos Hídricos Interceptados Pela Rodovia BR-163 (Guarantã do Norte - MT). **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Maceió, 2011. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/153/43791ccc22fd6c37382d7963fa2e9c80>.

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

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

WUNDERGROUND. **Centro Meteorológico Colégio Mosaico - IRIODA9**. Wunderground, 2025. Disponível em: <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IRIODA9/table/2025-01-16/2025-01-16/monthly>. Acesso em: 14 maio 2025.

WUNDERGROUND. **Est. meteorológica 5° LERIPE LAMET-UEN - IRIODA12**. Wunderground, 2025. Disponível em:

<https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IRIODA12/table/2025-01-16/2025-01-16/monthly>. Acesso em: 14 maio 2025.

YANG, Xiao-e *et al.* Mechanisms and assessment of water eutrophication. **Journal of zhejiang university Science B**, v. 9, p. 197-209, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1631/jzus.B0710626>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1631/jzus.B0710626>. Acesso em: 20 ago. 2024.

ZANETTI, G. D. Rio das Ostras: o meio ambiente, sua população e o movimento ecológico. In: ASSUNÇÃO, V. N. F. (org.). **Mosaico Riostrense: economia, sociedade e cultura de Rio das Ostras e região**. Belém: Home, 2024. v. 1, cap. 3, p. 47-72.

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