

Relatório Técnico Parcial XIV

Revisão 01

Referência: Janeiro e Março de 2025

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



CENTRO DE BIOLOGIA EXPERIMENTAL
OCEANUS



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	Supervisora de Logística deboracosta@oceanus.bio.br	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem coletas02@oceanus.bio.br	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).

**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	24/04/2025	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	Áreas 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	21
5.3.1	Parâmetros físicos, químicos e biológicos	21
5.3.2	Ensaio laboratoriais	22
5.4	Análise dos Resultados	23
5.4.1	Obtenção de dados secundários	23
5.4.2	Índice de Qualidade de Água (IQA)	23
5.4.3	Análises estatísticas	32
6	Resultados e discussão	33
6.1	Análise físico-química e biológica.....	33
6.1.1	Precipitação.....	33
6.1.2	Temperatura.....	36
6.1.3	Salinidade.....	37
6.1.4	Condutividade	39
6.1.5	Sólidos totais	40
6.1.6	Sólidos dissolvidos totais.....	42
6.1.7	Turbidez	43
6.1.8	pH.....	46
6.1.9	Oxigênio dissolvido.....	48
6.1.10	DBO	50
6.1.11	Fósforo total	51
6.1.12	Fosfato	53
6.1.13	Nitrogênio total	54
6.1.14	Nitrato.....	55
6.1.15	Coliformes termotolerantes.....	56
7	Diagnóstico das campanhas de janeiro e março.....	58
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	61
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA)	65

8 Observações gerais.....	71
Referências.....	73
Anexos.....	84

1 Introdução

A água superficial é de extrema importância, já que é um componente crucial para a formação do ambiente, 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 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 da 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 do 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

Como objetivos específicos têm-se:

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

4 Áreas de estudo

A bacia hidrográfica do rio das Ostras faz parte da Região Hidrográfica VIII (RH VIII), possui 157 Km² de área, em que 92,5% pertencem ao município de Rio das Ostras e 7,5% ao município de Casimiro de Abreu. A bacia (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 desemboca na foz do rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). Ao longo da bacia são observadas pastagens, alagados e uma área de manguezal protegida por regulamentações estaduais e federais (BARROSO; 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).

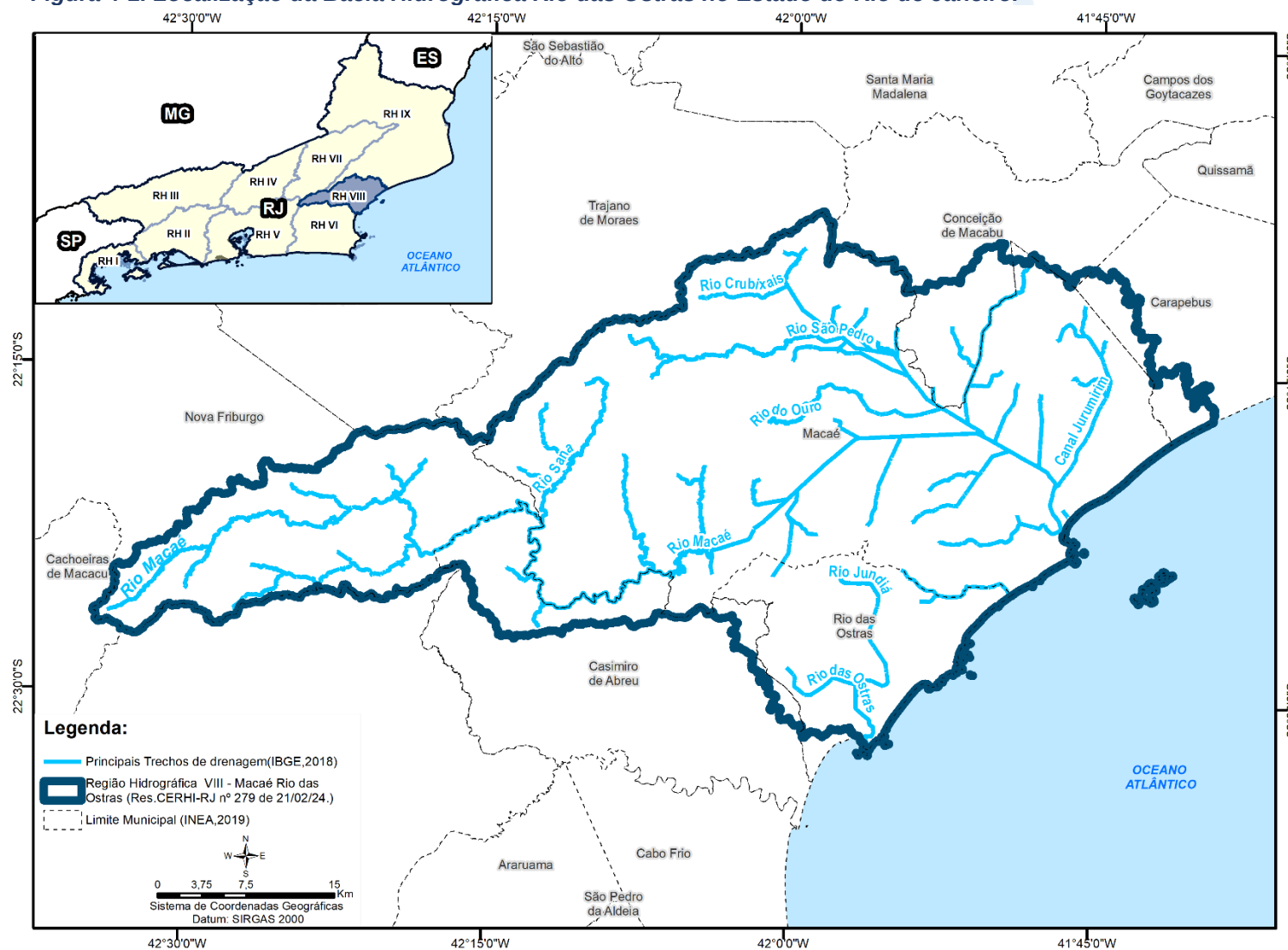
De acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), a RH Macaé e das Ostras apresenta clima tropical úmido (Aw) nas porções dos médios e baixos cursos dos seus rios, e clima tropical de altitude com verões quentes (Cwa) na porção dos altos cursos do rio Macaé e de seus afluentes pela margem esquerda. Estudos 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 e tem 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).

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



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.



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 desordenadas em seu território (JARDIM, 2020), o que também pode causar impactos sobre a qualidade das águas desse corpo hídrico. Além dos fatores supracitados, ocorre frequentemente ocupações irregulares nas margens desse rio contribuindo para processos de assoreamento (JARDIM, 2020).

Figura 4-3. Coleta realizada no rio Jundiá.



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 Canal das Corujas.

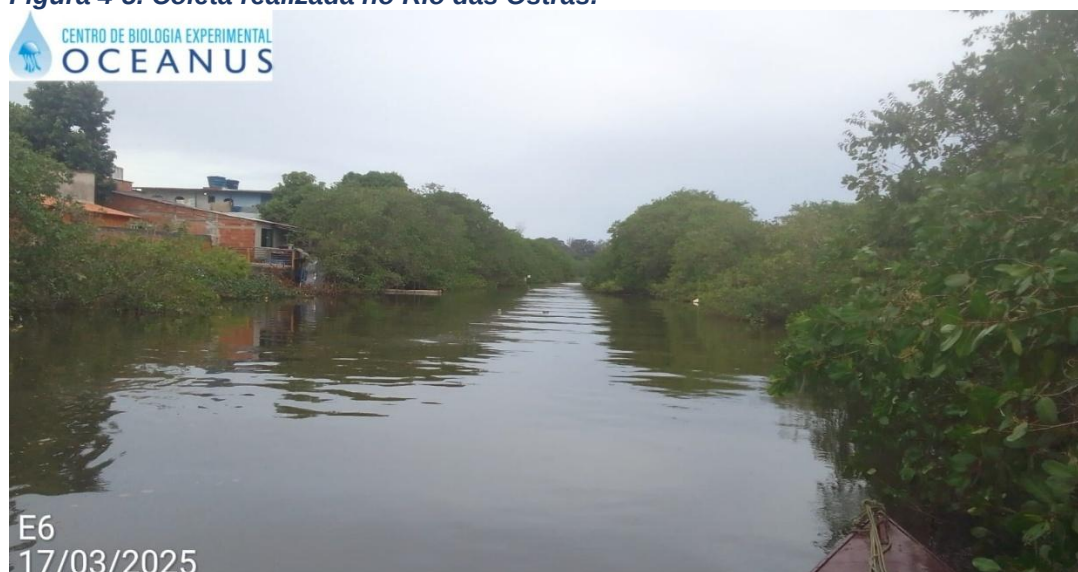


4.4 Rio das Ostras

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, com efeitos de remanso que podem chegar a 6 km a partir da foz (CILSJ, 2022).

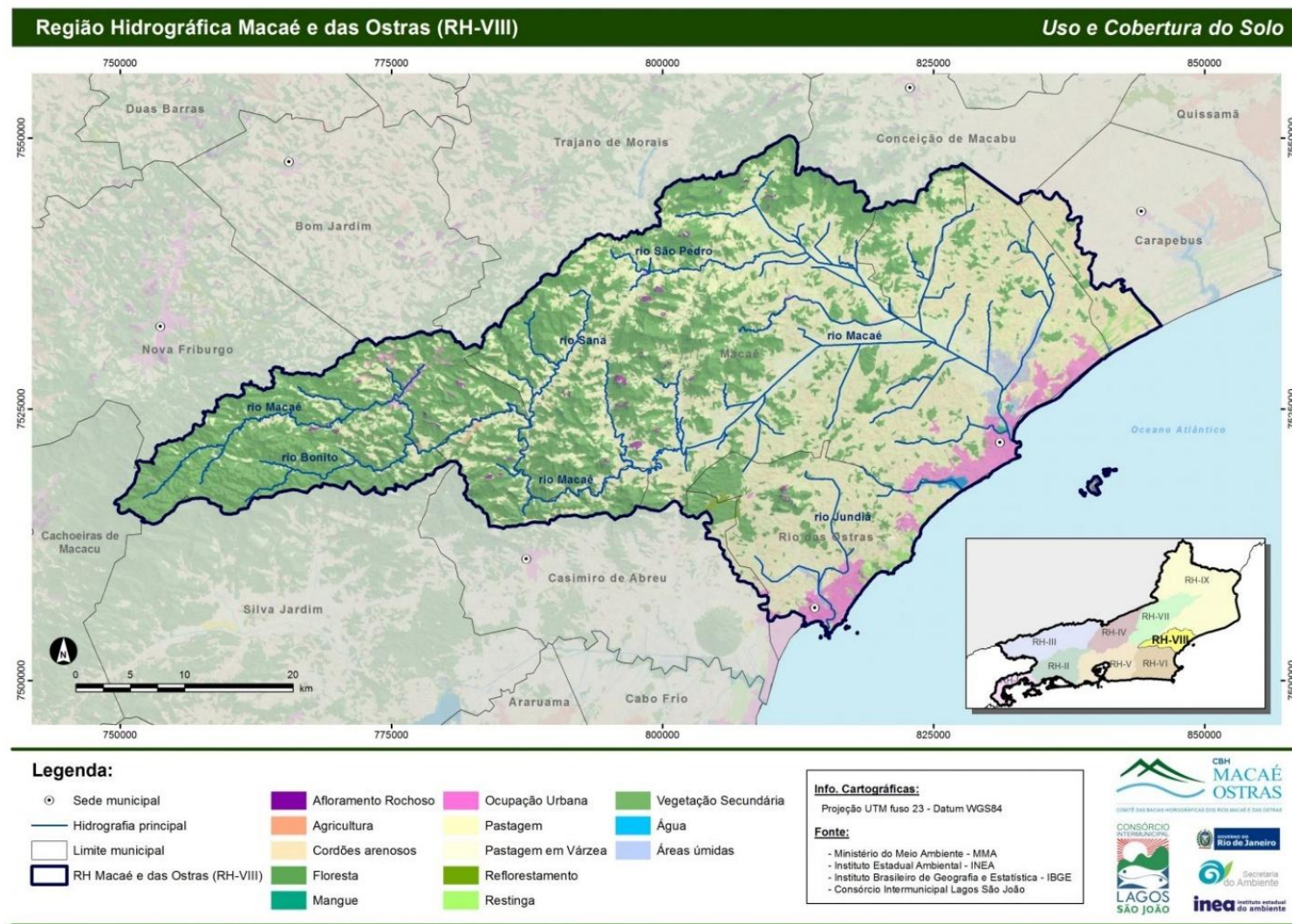
Os trechos do rio situados em áreas urbanas sofrem com diferentes tipos de ocupações, como espontâneas, loteamentos legais e clandestinos. Por conta desses processos, parte do manguezal foi aterrado e a vegetação nativa foi suprimida (GOMES, 2009).

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



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 na 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.

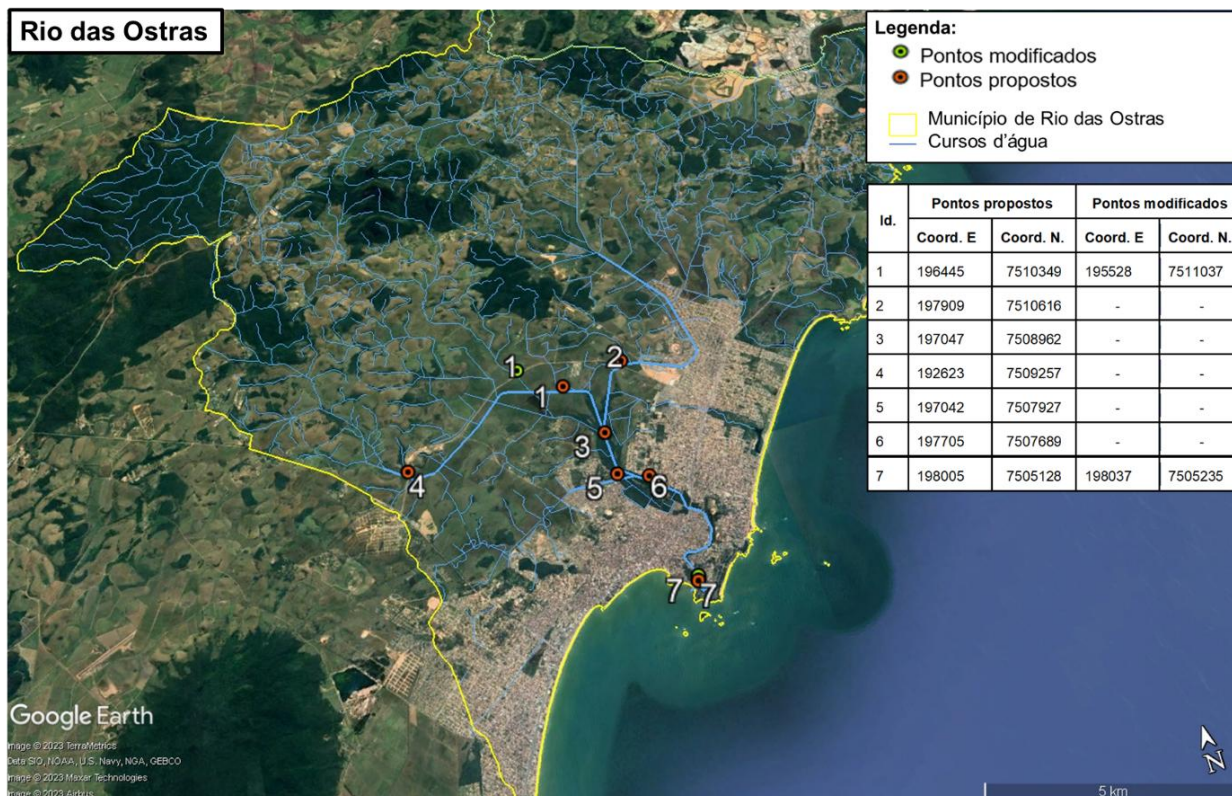
Ressalta-se que, durante o primeiro e segundo ano de monitoramento, 2 pontos foram realocados com anuência da fiscalização. Os pontos realocados são: Ponto 1, alocado para o afluente do rio Iriry devido à falta de acessibilidade na localização original; e Ponto 7, também realocado por falta de acessibilidade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

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

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Largura (Termo de Referência) (m)	Profundidade (janeiro) (m)	Profundidade (março) (m)
		E	N			
E1*	Afluente do rio Iriry	195528	7511037	8	0,60	0,20
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,00	1,17
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá	197047	7508962	20	1,75	1,70
E4	Rio Iriry, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,70	0,70
E5	Canal das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	30	0,50	0,70
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas	197705	7507689	25	1,40	1,80
E7*	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,50	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

As campanhas do oitavo quadrimestre foram realizadas nos dias 16/01/2025 e 17/03/2025, 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 N° IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA 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°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 n° 357/2005, para águas doces de Classe 2. Segundo a normativa supracitada, devem ser consideradas de classe 2 as águas doces que não tiverem aprovados 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:

- *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 Totais	mg/L	SMWW 2540 B
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	SMWW, 23 ^a Edição, Método 2540 C
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 na Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 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 selecionados 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 uma das estações do Rio das Ostras (IRIODA12). Salienta-se que os dados das demais estações do Rio das Ostras (IRIODA5, IRIODA6 e IRIODA9), fornecidos pelo *Weather Underground*, não foram utilizados, pois nenhuma delas contemplava os 15 dias que antecederam às coletas, incluindo os dias das amostragens, dos dois meses de monitoramento (janeiro e março). Também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA), que foi mais bem detalhado no item 4.4.2.

5.4.2 Índice de Qualidade de Água (IQA)

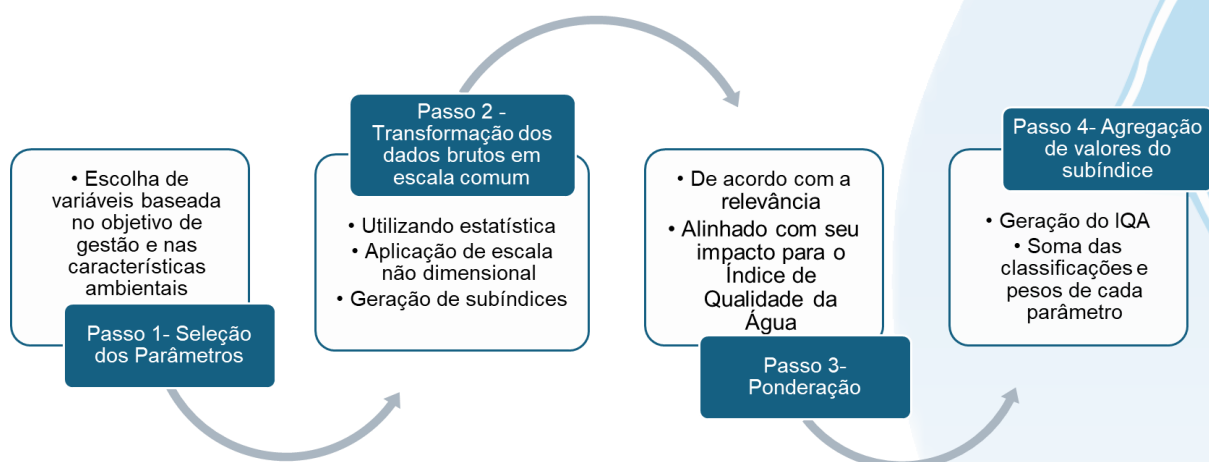
A gestão da qualidade hídrica necessita de análises de vários dados de qualidade da água, que muitas vezes podem ser complexos de avaliar e sintetizar (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). Nesse sentido, uma série de ferramentas foram elaboradas como forma de avaliar de forma holística os dados de qualidade da 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 (THYAGI *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 usando 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) (Quadro 5-4), método utilizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA). 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 entre 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:

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

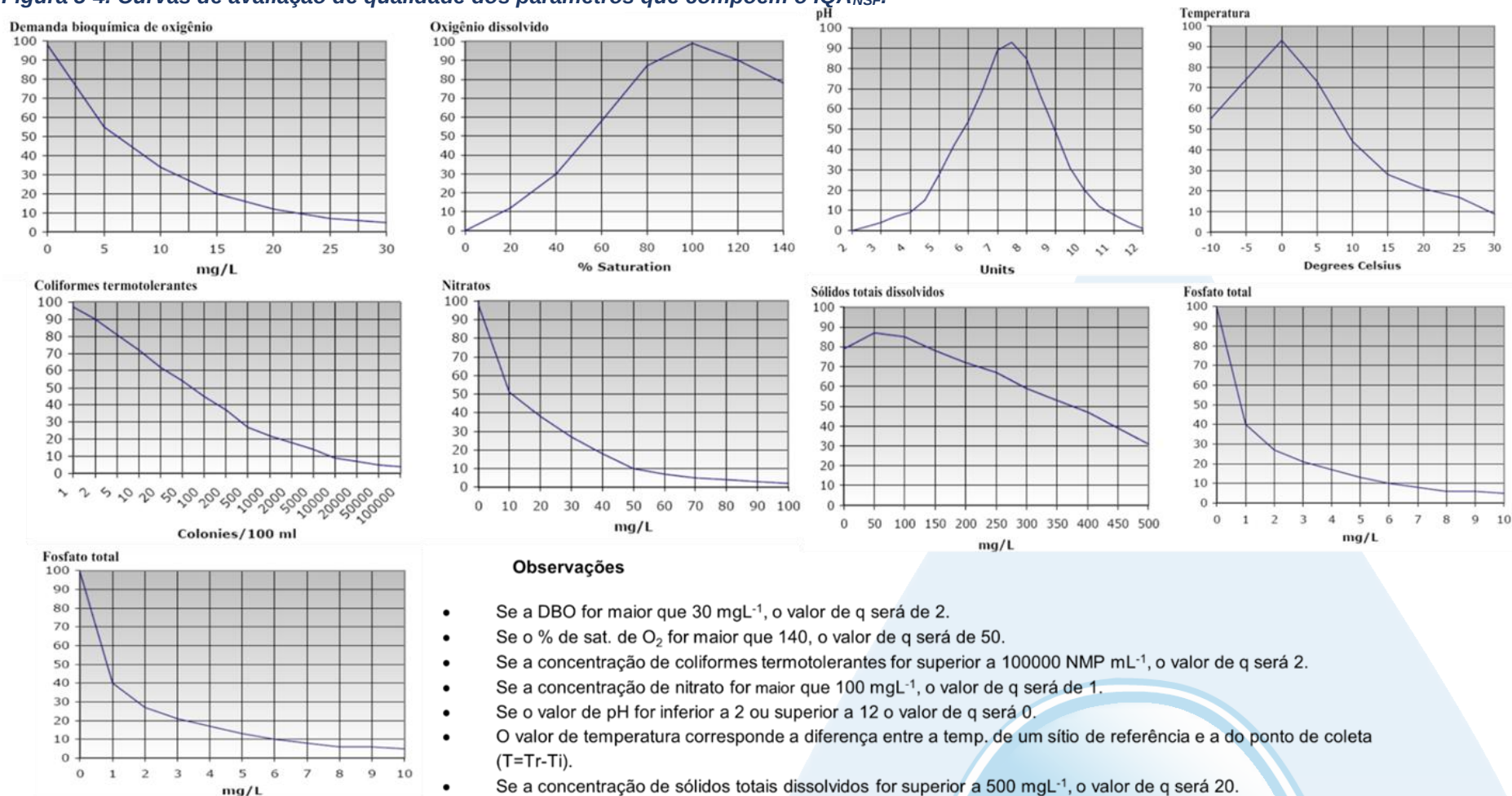
Sendo:

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

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

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

Figura 5-4. 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	$100 \geq IQA \geq 90$	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
Boa	$90 > IQA \geq 70$	
Média	$70 > IQA \geq 50$	
Ruim	$50 > IQA \geq 25$	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
Muito Ruim	$25 > IQA \geq 0$	

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).

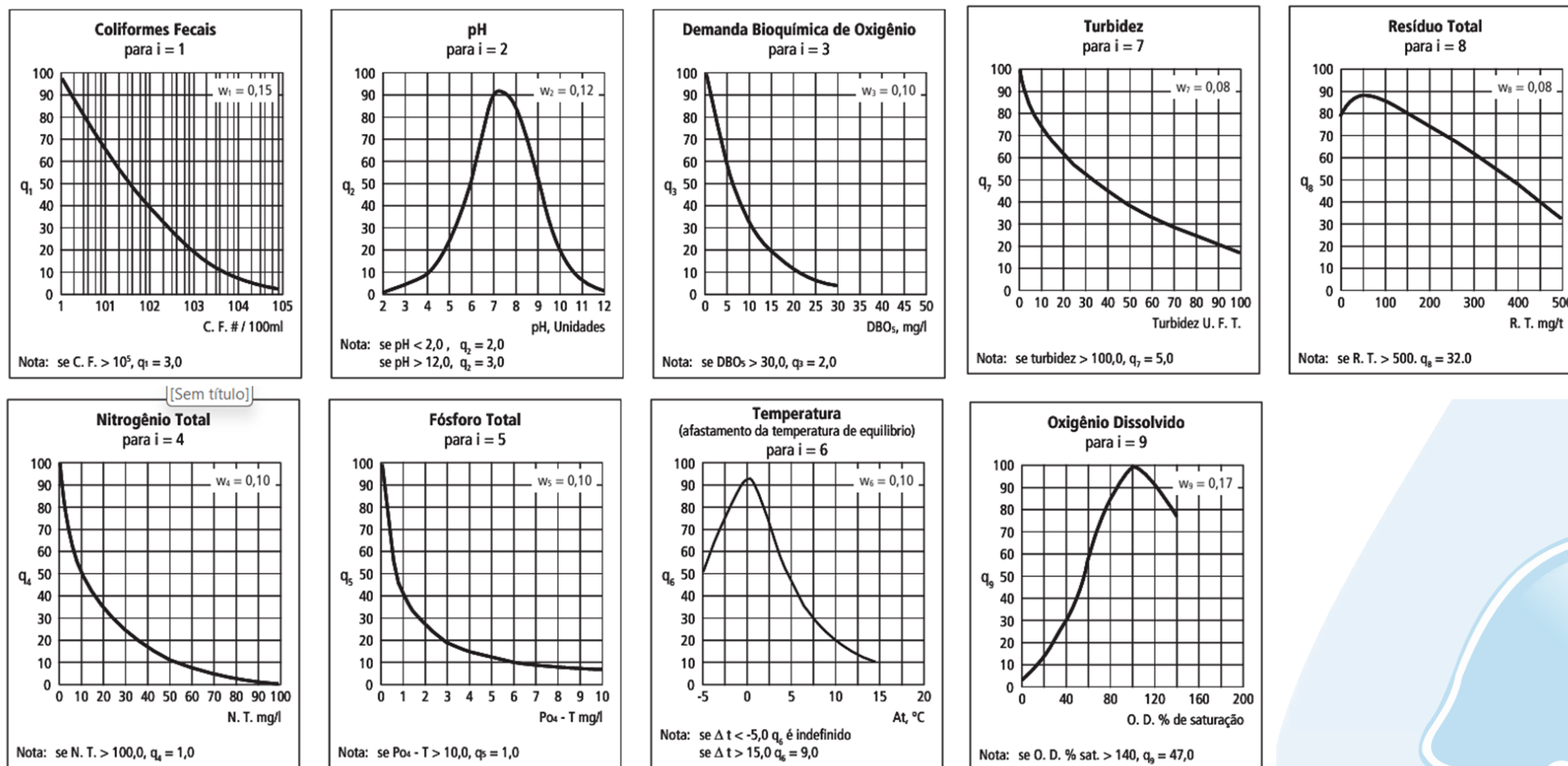
Os parâmetros previamente mencionados do IQA_{CETESB} e seus respectivos pesos estão apresentados no Quadro 5-6 e a Figura 5-5 apresenta a curva de variação de qualidade da água de cada parâmetro. Ressalta-se que a fórmula utilizada para o cálculo do IQA_{CETESB} é a mesma do IQA_{NSF}, a distinção ocorre 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	$79 < \text{IQA} \leq 100$	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
Boa	$51 < \text{IQA} \leq 79$	
Regular	$36 < \text{IQA} \leq 51$	
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
Péssima	$\text{IQA} \leq 19$	

Fonte: CETESB (2017).

Verifica-se uma distinção na faixa de classificação entre o IQA_{CETESB} (Quadro 5-7) e o IQA_{NSF} (Quadro 5-5). O IQA_{CETESB} apresenta maior amplitude, com faixas mais largas, na categoria de resultados boa e ótima, enquanto o IQA_{NSF} para essas classificações dispõe de faixas mais restritivas (WANICK *et al.* 2011).

Salienta-se que no monitoramento ambiental 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, 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, 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 de componentes principais (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 Esfericidade de Bartlett (OLINTO, 2007). Para conferir a adequação da PCA, é realizada uma análise de matriz de correlações por meio do teste de Barlett, 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 Barlett, 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 executados no software Jamovi versão 2.3.21 e a PCA, no *Paleontological Statistics* (PAST) na versão 4.03.

6 Resultados e discussão

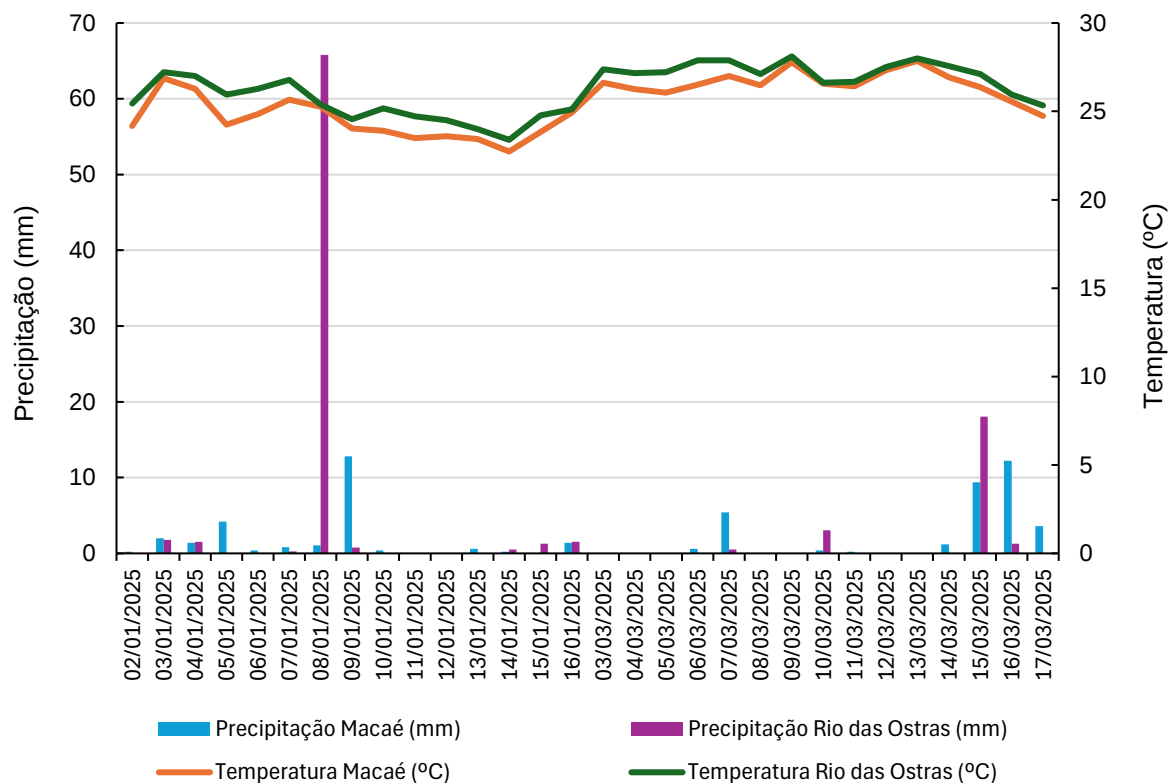
6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos quinze dias que antecederam a coleta de janeiro de 2025 indicaram média de temperatura de 24,48°C na estação de Macaé e 25,35°C na estação de Rio das Ostras; e precipitação acumulada de 25,45 mm em Macaé e 73,41 mm em Rio das Ostras (Figura 6-1), sugerindo valores de chuva forte (25 a 50 mm) e chuva extrema (> 50 mm), segundo estudos prévios que descrevem a classificação do INMET (SILVA; FRANCA, 2021). Já na campanha de março de 2025, a média da temperatura foi de 26,56°C na estação de Macaé e 27,17°C na estação de Rio das Ostras; e a pluviosidade acumulada foi de 33,00 mm em Macaé e 22,86 mm em Rio das Ostras, indicando chuva forte (25 a 50 mm) e relativamente forte (15 a 25 mm) (SILVA; FRANCA, 2021).

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

Figura 6-1. Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas dos dias 16/01/2025 e 17/03/2025.



Os resultados obtidos para as campanhas de janeiro e março de 2025 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 podem ser vistos nas Tabela 6-1.

Tabela 6-1. Resultados dos parâmetros analisados para a coletas dos dias 16/01/2025 e 17/03/2025.

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (UNT)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E1	16/01/2025	Sup	0,04	95,0	52,0	47,5	7,50	5,38	26,23	1,93	14,0	0,02	N.D	0,4	<0,05	>1600,0
		Fun	0,05	104,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	1,64	3094,0	1560	1547,0	93,5	5,71	25,90	1,15	10,0	0,15	<0,06	4,9	<0,05	240,0
		Fun	1,6	3074,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2	16/01/2025	Sup	0,30	629,0	334,0	314,5	6,40	3,20	26,31	2,22	13,0	0,02	N.D	1,4	0,08	1600,0
		Fun	0,31	642,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	7,7	13400,0	9399,0	9380,0	65,8	6,06	28,07	1,99	10,0	0,31	<0,06	1,2	<0,05	>1600,0
		Fun	9,23	15820,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3	16/01/2025	Sup	0,30	616,0	329,0	308,0	11,40	6,58	26,20	2,22	12,0	0,02	N.D	0,8	<0,05	79,0
		Fun	0,34	625,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	30,03	46380,0	32475,0	32466,0	22,7	6,91	25,01	3,01	11,0	0,18	<0,06	0,5	0,07	920,0
		Fun	30,21	46610,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E4	16/01/2025	Sup	0,03	63,0	49,0	31,5	12,10	5,64	25,70	0,97	13,0	0,01	N.D	0,7	N.D	>1600,0
		Fun	0,03	75,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	0,09	191,0	108,0	95,5	57,9	6,27	28,07	3,91	9,0	0,03	<0,06	1,2	<0,05	240,0
		Fun	0,09	190,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5	16/01/2025	Sup	0,25	514,0	281,0	257,0	12,80	4,91	26,80	2,03	8,0	0,04	N.D	1,0	<0,05	540,0
		Fun	0,22	466,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	30,6	47180,0	33035,0	33026,0	19,2	6,57	27,74	3,10	6,0	<0,01	<0,06	0,8	0,08	>1600,0
		Fun	30,58	47150,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E6	16/01/2025	Sup	0,44	896,0	472,0	448,0	16,00	5,83	26,50	2,47	14,0	0,05	N.D	1,5	0,08	920,0
		Fun	0,45	929,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	34,17	52990,0	37102,0	37093,0	11,7	7,28	25,71	4,71	10,0	0,13	<0,06	3,1	0,10	>1600,0
		Fun	34,39	53040,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E7	16/01/2025	Sup	33,21	61570,0	43109,0	43099,0	11,60	7,44	24,50	5,76	12,0	<0,01	N.D	0,2	N.D	>1600,0
		Fun	33,74	61980,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	37,01	55870,0	39118,0	39109,0	8,5	7,81	27,27	6,30	10,0	<0,01	<0,06	0,1	N.D	>1600,0
		Fun	36,94	55780,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2		0,5	-	-	500	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1	-	<2,18 (para ambiente lótico)		10,0
	Águas Salobras Classe 1		0,5-30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	-	0,4	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
	Águas Salinas Classe 1		≥30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	-	0,4	

*Legenda: N.D: Não Detectável.

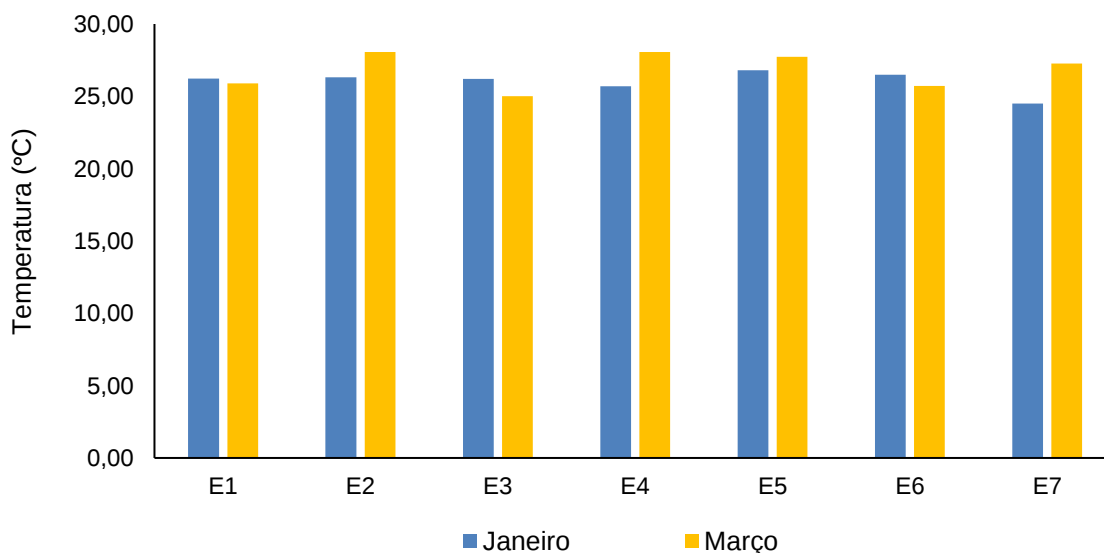
6.1.2 Temperatura

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

Os valores de temperatura da água, da campanha de janeiro de 2025, apresentaram variação entre 24,50 °C nas águas da foz do rio das Ostras (E7) e 26,80 °C no canal das Corujas (E5). A variação foi um pouco maior nas amostras situadas na região a jusante do rio das Ostras (E5 – 26,80 °C, E6 – 26,50 °C e E7 – 24,50 °C), as quais também registraram as temperaturas mais elevadas, quando comparadas às situadas a montante do rio das Ostras (E1 a E4) (Figura 6-2).

Já em março de 2025, a menor temperatura foi registrada no rio das Ostras (E3 - 25,01 °C), a jusante da confluência entre os rios Iriry e Jundiá, e a maior, no rio Jundiá, com 28,07 °C. Comparando as duas campanhas, as temperaturas mais elevadas foram registradas no mês de março de 2025.

Figura 6-2. Resultados de temperatura das campanhas realizadas em janeiro e março de 2025.



6.1.3 Salinidade

Em ambientes marinhos, os sais correspondem a maior parte dos elementos dissolvidos na água do mar, logo, a salinidade representa a quantificação do total de substâncias dissolvidas na água do mar. Sua escala se dá em grama por quilograma (g/kg) ou partes por mil (ppt ou ‰). 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 registrada da campanha de janeiro de 2025 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, na foz do rio das Ostras. Com base nos resultados obtidos, observa-se que os menores valores dessa variável ambiental foram detectados nas amostras do rio Iriry (Figura 6-3). Diante dos resultados apresentados na Tabela 6-1, no Quadro 6-1 e na Figura 6-3, não há grandes diferenças de salinidade registradas 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 e equiparadas com os 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.

Ao analisar a salinidade registrada na campanha de março de 2025, nota-se o mesmo padrão da campanha de janeiro, uma variação de 0,09‰ nas águas analisadas em E4 (superfície e fundo), no rio Iriry, a 37,01‰ (superfície) e 36,94‰ (fundo) na foz do rio das Ostras (E7). Assim como na campanha de janeiro de 2025, foi observado um padrão semelhante de resultados de salinidade de superfície e fundo na amostragem realizada em março de 2025, sem a ocorrência de estratificação halina (Tabela 6-1).

Os resultados observados em março apresentaram um padrão esperado conforme o regime de maré e a localização dos pontos (Figura 5-1), demonstrando a entrada da

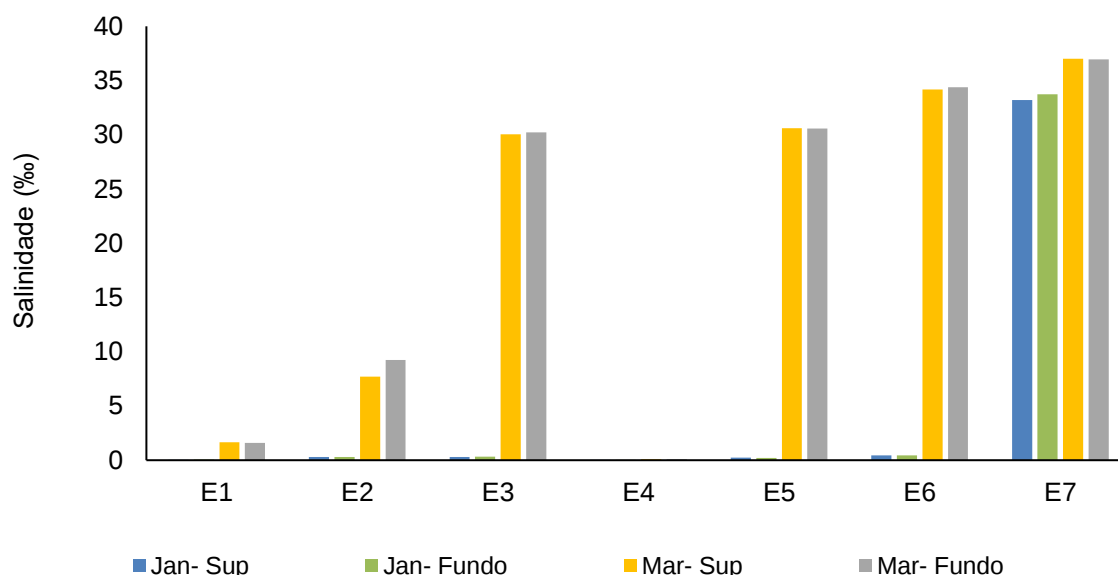
cunha salina ao longo do rio das Ostras. A maior salinidade observada foi na foz do rio das Ostras (E7 – 37,01‰ e 36,94‰), uma região estuarina que apresenta maior influência marinha em relação aos demais pontos amostrais. Adentrando o rio das Ostras, a influência da salinidade continuou alta e foi decaindo gradativamente, como observado nos pontos E6 (34,17‰ e 34,39‰), localizado no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, E5 (30,60‰ e 30,58‰), localizado no canal das Corujas e E3 (30,03‰ e 30,21‰), localizado no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá. Logo, todas as amostras supracitadas (E7, E6, E5 e E3) foram classificadas como salinas e seus resultados foram comparados com os limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salinas Classe 1. As águas localizadas no rio Jundiá (E2 – 7,70‰ e 9,23‰) e no afluente do rio Iriry (E1 – 1,64‰ e 1,60‰), foram comparadas com os limites preconizados na normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1. O rio Iriry (E4) apresentou a menor salinidade (0,09‰ e 0,09‰), sendo assim, suas águas foram classificadas como doces e equiparadas com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2.

Ao comparar a salinidade das duas campanhas amostradas, nota-se que a intrusão salina foi bem maior na campanha de março, o que pode estar relacionado à precipitação. Considerando as mensurações da estação do Rio das Ostras (Figura 6-1), vê-se que a pluviosidade acumulada foi bem menor na campanha de março, resultando em um menor aporte de água doce e contribuindo para maior entrada da cunha salina. Portanto, a variação de salinidade reportada no estuário do rio das Ostras apresenta uma relação com a ação das marés, que adentram o rio por regimes de micromarés e da intrusão da cunha salina, e podem avançar cerca de 6,0 km para o interior do continente, dependendo do volume dos rios e das chuvas (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Quadro 6-1. Classificação das amostras quanto à salinidade nas campanhas de Janeiro e Março.

Pontos amostrais	Salinidade (‰)				Classificação quanto à Salinidade	
	Janeiro		Março			
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Janeiro	Março
E1	0,04	0,05	1,64	1,60	doce	salobra
E2	0,30	0,31	7,70	9,23	doce	salobra
E3	0,30	0,34	30,03	30,21	doce	salina
E4	0,03	0,03	0,09	0,09	doce	doce
E5	0,25	0,22	30,60	30,58	doce	salina
E6	0,44	0,45	34,17	34,39	doce	salina
E7	33.21	33.74	37.01	36.94	salina	salina

Figura 6-3. Resultados de salinidade das campanhas realizadas em janeiro e março 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).

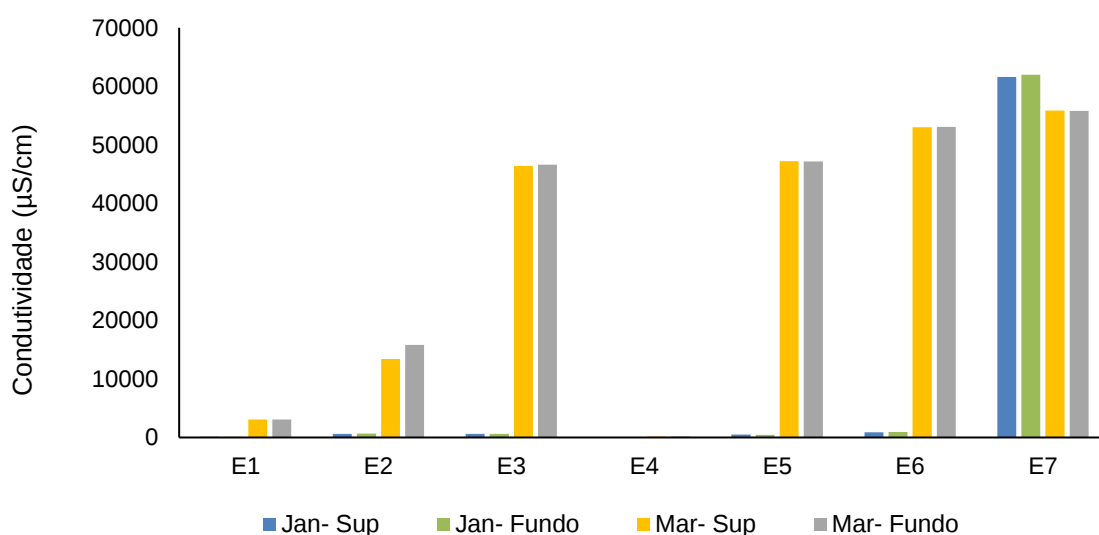
A condutividade medida também apresentou uma variação espacial. Os valores registrados em janeiro de 2025 apresentaram variação de 63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (superfície e fundo, respectivamente) nas águas do rio Iriry (E4) a 61.570 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 61.980 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (superfície e fundo) na foz do rio das Ostras (E7). Na campanha de março

de 2025, os menores valores de condutividade também foram registrados nas águas do rio Iriry (E4), com 191 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na superfície e 190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no fundo. Da mesma forma, os maiores resultados também foram observados na foz do rio das Ostras (E7), com 55.870 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na superfície e 55.780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no fundo.

Um padrão semelhante de resultados foi observado nos valores de salinidade (Figura 6-3), os quais também apresentaram, em março, resultados consideravelmente maiores quando comparados aos da campanha de janeiro. Esse cenário confirma 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, sugere-se que esse quadro seja decorrente do menor volume de chuva acumulado nos 15 dias que antecederam a coleta de março, favorecendo a entrada da cunha salina. Um maior acúmulo pluviométrico contribui para maior diluição da água salina que adentra com a maré, resultando em valores mais baixos de condutividade e salinidade, conforme observado em janeiro (Figura 6-3 e Figura 6-4).

De maneira geral, as amostras analisadas de superfície e fundo não apresentaram divergências expressivas nos valores de condutividade (Tabela 6-1 e Figura 6-4).

Figura 6-4. Resultados de condutividade das campanhas realizadas em janeiro e março de 2025.



6.1.5 Sólidos totais

Os sólidos presentes na água são os resíduos que permanecem após diferentes processos, como evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e tempo determinados. Esses processos determinam as diferentes frações de sólidos na água,

como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. 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).

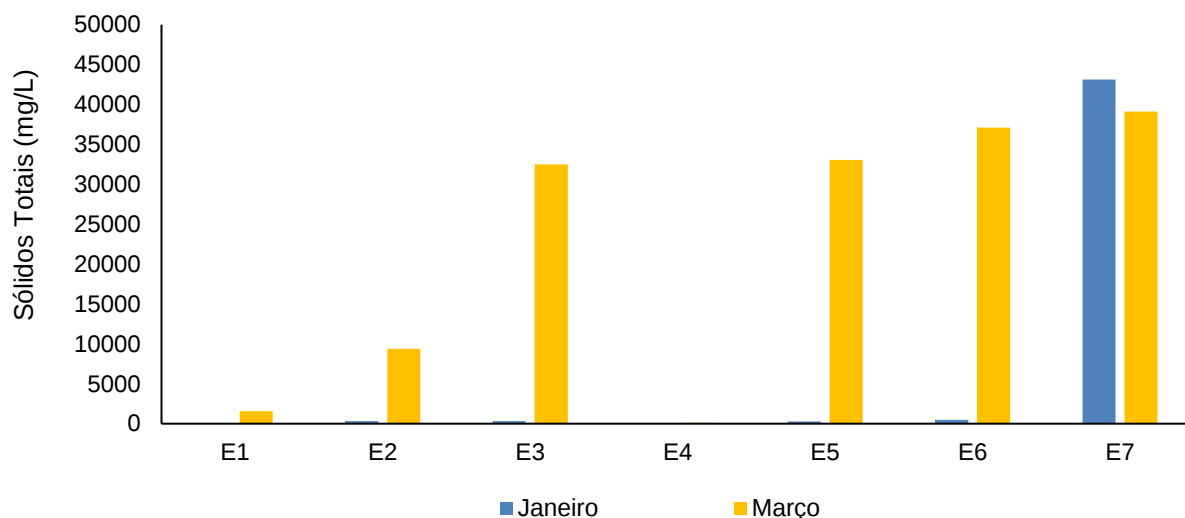
Como esperado, os resultados de sólidos totais apresentaram um padrão similar aos resultados de condutividade e salinidade. Na campanha de janeiro de 2025, a variação desse parâmetro foi de 49 mg/L nas águas do rio Iriry (E4) a 43.109 mg/L na estação amostral do rio das Ostras (E7). O mesmo padrão foi visto na campanha de março de 2025, em que a menor concentração foi registrada nas águas do rio Iriry (E4 – 108 mg/L) e a maior foi observada na foz do rio das Ostras (E7 – 39.118 mg/L) (Figura 6-5).

Diante dos resultados obtidos para a amostra de E7 (foz do rio das Ostras) nas duas campanhas de monitoramento realizadas, observa-se a forte influência da área urbana e esses valores são confirmados também por dados históricos de sólidos totais em um monitoramento ambiental realizado na mesma localidade, que registrou valores elevados dessa variável ambiental para as águas situadas na foz do rio (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Além disso, a influência das marés e dos fortes ventos na movimentação das massas favoreceram os resultados obtidos nas águas analisadas na foz do rio das Ostras, em E7, e podem ter influenciado também os resultados das estações que a sucedem adentrando o continente, como observado na Figura 6-5, na campanha de março, para os pontos (E6, E5 e E3). Sugere-se ainda que a diferença de resultados entre as duas campanhas, assim como o observado para salinidade e condutividade, tenha relação com a precipitação e a intrusão salina. A estação do Rio das Ostras (IRIODA12) registrou um acúmulo pluviométrico consideravelmente maior em janeiro (73,41 mm) do que em março (22,86 mm), o que pode ter criado um cenário favorável para uma maior influência da cunha salina no último monitoramento, e consequentemente, resultados maiores para condutividade, sólidos totais e SDT.

Destaca-se que na Resolução CONAMA nº 357/05 não há limites estabelecidos para esse parâmetro.

Figura 6-5. Resultados de sólidos totais das campanhas realizadas em janeiro e março de 2025.



6.1.6 Sólidos dissolvidos 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. 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). 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).

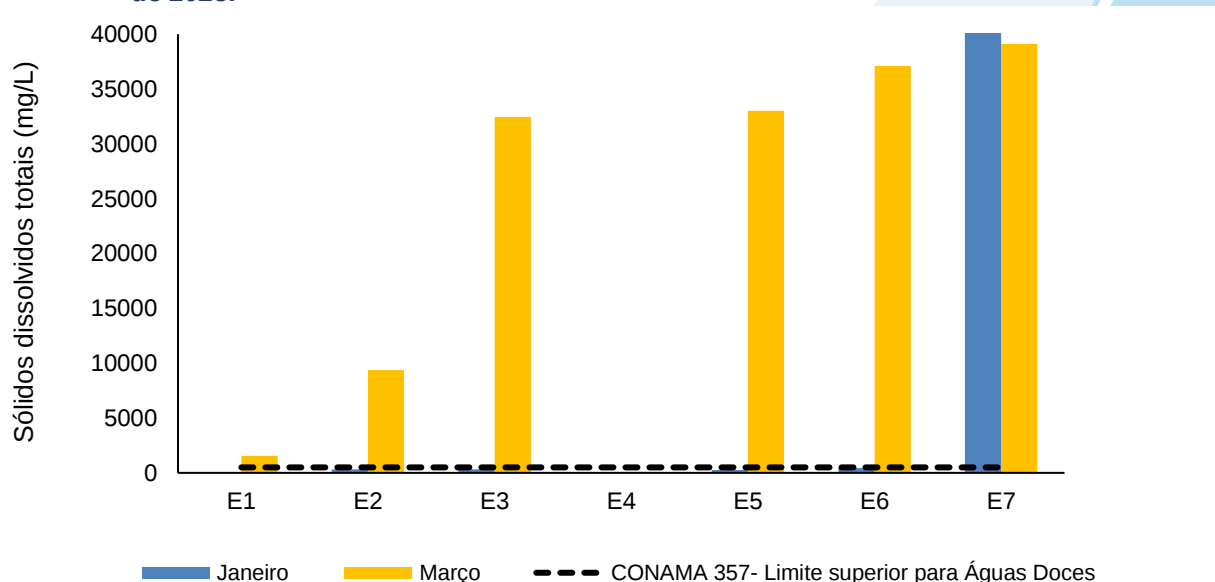
Nas duas campanhas (janeiro e março de 2025), os resultados de sólidos dissolvidos totais seguiram um padrão semelhante aos de sólidos totais, sendo o menor valor registrado nas águas do rio Iriry (31,5 mg/L em janeiro e 95,5 mg/L em março) e a maior concentração observada na foz do rio das Ostras, (43.099,0 mg/L em janeiro e 39.109 mg/L em março), o que é explicado pela influência da maré, que é mais forte na região estuarina e diminui conforme adentra o continente.

Na campanha de janeiro de 2025, todas as águas classificadas como doce (E1 a E6) apresentaram resultados de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L) (Figura 6-6). Na campanha de março de 2025, a única amostra categorizada como água doce, E4, no rio Iriry, também

apresentou resultados em consonância com o limite preconizado na normativa supracitada para Águas Doces Classe 2.

Salienta-se que as demais amostras, as quais foram classificadas como salobras e salinas, não puderam ter seus resultados comparados com a legislação, uma vez que não existem limites de referência para águas salobras e salinas na Resolução CONAMA nº 357/2005 para sólidos dissolvidos totais. Entretanto, na campanha de março de 2025, nota-se uma alta concentração crescente desse parâmetro, no sentido do continente para o mar, conforme a localização dos pontos (Figura 5-1), no afluente do rio Iriry (E1), no rio Jundiá (E2), no rio das Ostras após o encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3), no canal das Corujas (E5), no rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas (E6) e na foz do rio das Ostras (E7). Nesse último ponto a alta concentração de SDT foi observada nas duas campanhas. Esse cenário corrobora os resultados obtidos para condutividade (Figura 6-4), uma vez que seu aumento é decorrente da presença de sólidos dissolvidos na água (CETESB, 2018). Ademais, 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.

Figura 6-6. Resultados de sólidos dissolvidos totais das campanhas realizadas em janeiro e março 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).

Em relação à campanha de janeiro de 2025, 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, 16,0 UNT. Já na campanha de março de 2025, as águas analisadas na foz do rio das Ostras (E7) apresentaram o menor valor de turbidez, 8,5 UNT, e as águas do afluente do rio Iriry (E1) registraram o maior valor desse parâmetro, 93,50 UNT.

Comparando os dados do presente estudo com os das campanhas de setembro e novembro de 2024, nota-se que os maiores valores de turbidez têm sido registrados no afluente do rio Iriry (E1), que exibiu 66,9 UNT em set./2024 e 93,5 em mar./2025 e no próprio rio Iriry (E4), que registrou 91,1 UNT em nov./2024 e 57,9 UNT em mar./2025.

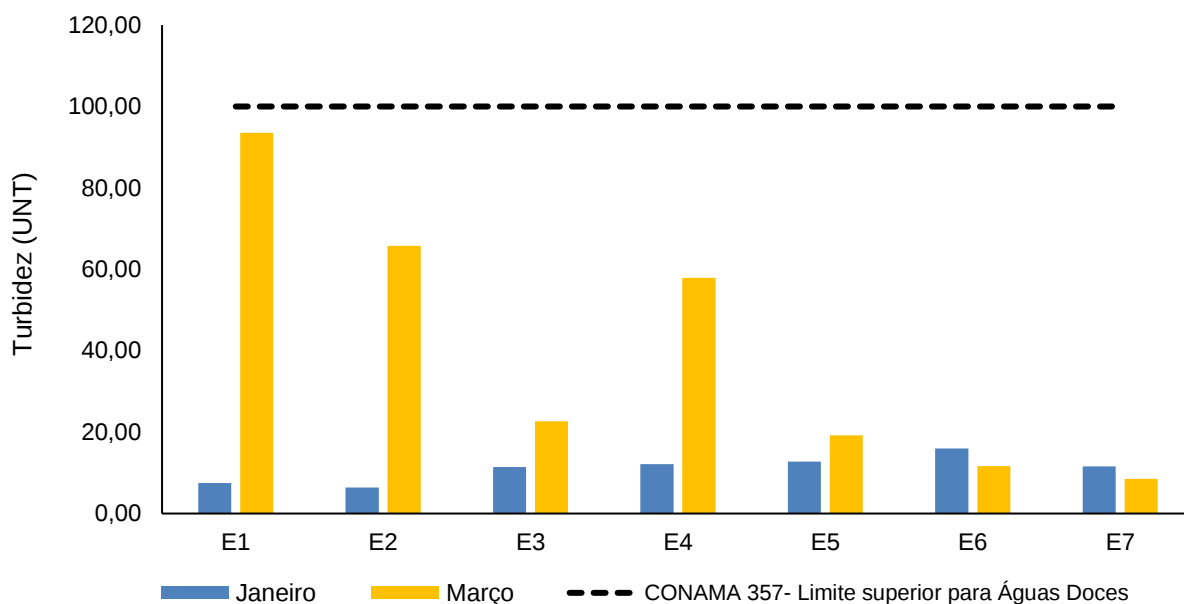
Acredita-se que os altos níveis de turbidez supracitados, que estão acima dos dados históricos do segundo ano de monitoramento, podem ter uma relação com o aumento dos processos erosivos no rio Iriry. De acordo com Gomes (2009), a presença da Rodovia Engenheiro Luiz Gonzaga Quirino Tannus, que atravessa o rio Iriry e o rio Jundiá, na qual foram feitos aterros para a construção da rodovia, favoreceu uma alteração na região, aumentando a declividade e expondo o material que antes estava protegido das ações de fatores climáticos. Dessa forma, com a ocorrência de precipitações intensas, observam-se processos erosivos ao longo da rodovia mencionada. A água carrega partículas para as áreas mais baixas; logo, um dos problemas ambientais do rio Iriry está associado ao processo de assoreamento, causado pela remoção da mata ciliar e pelas partículas transportadas pela chuva (GOMES, 2009) (Figura 6-1). Adicionalmente, o uso e a ocupação do solo nas proximidades das estações amostrais E1 (afluente do rio Iriry), E4 (rio Iriry) e E2 (rio Jundiá) também podem estar relacionados aos altos níveis de turbidez observados. O pico de turbidez de E1, em março de 2025, exposto na Figura 6-7 coincide com um pico de nitrogênio total (Figura 6-12) no mesmo período, parâmetro que

compreende as formas orgânicas e inorgânicas (amônia, nitrito e nitrato) do nitrogênio. Considerando que esses resultados acompanham altos valores de DBO em E1 (Figura 6-10) e baixas concentrações de oxigênio dissolvido (Figura 6-9), sugere-se um cenário de eutrofização nesse corpo hídrico. Logo, o aumento da turbidez observada pode ter relação com a eutrofização, o escoamento de águas pluviais, levando nutrientes, antes armazenados no solo, para o rio, além de processos erosivos.

Como elucidado acima, a rodovia atravessa também o rio Jundiá (E2), que também exibiu um resultado alto de turbidez na última campanha (março de 2025) (Figura 6-7), revelando o impacto dos processos erosivos. Somado a isso, nas proximidades no rio Jundiá, de acordo com o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro - CREA-RJ (2024), há um megaempreendimento que contempla a construção de um complexo residencial e comercial em um novo bairro, Harmonia, o que impacta ainda mais no carreamento de materiais para o rio, aumentando a turbidez.

No que se refere à comparação dos resultados com a Resolução CONAMA nº357/2005, nota-se que todas as amostras classificadas como águas doces, nas duas campanhas (janeiro e março de 2025), atenderam ao limite para Águas Doces Classe 2 (100 UNT). Ressalta-se que para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 não há valores de referência descritos na normativa supracitadas.

Figura 6-7. Resultados de turbidez das campanhas realizadas em janeiro e março 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).

Na campanha de janeiro de 2025, 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) na foz do rio das Ostras. 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 desequadraram 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).

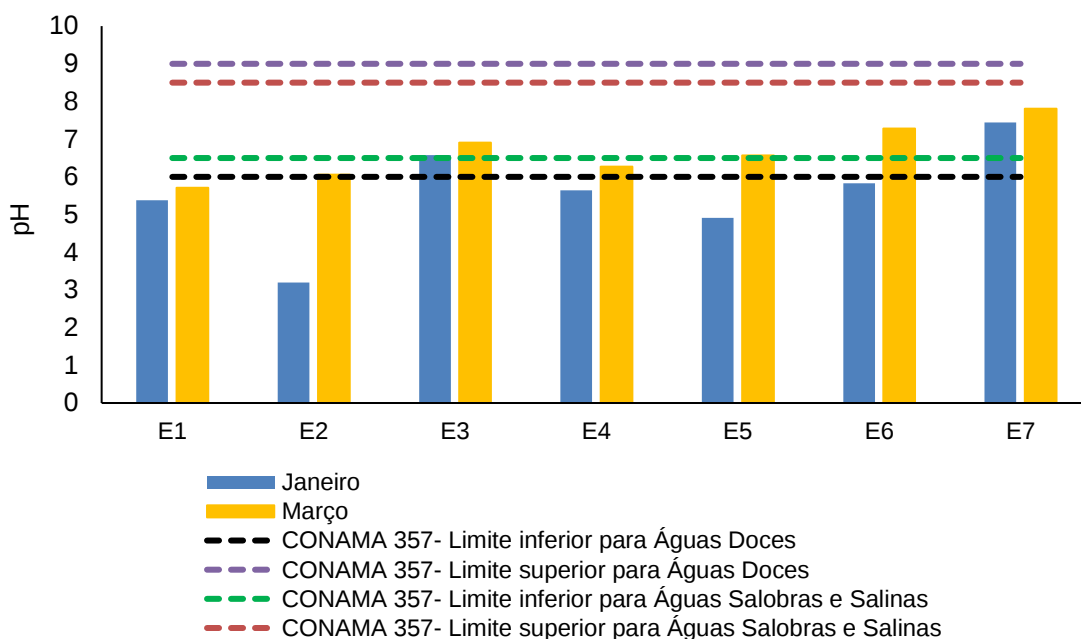
Já na amostragem realizada em março de 2025, o menor valor de pH foi mensurado no afluente do rio Iriry (E1 – 5,71) e o maior foi registrado na foz do rio das Ostras (E7 – 7,81). Nessa campanha, as amostras dos pontos E3 (6,91), E5 (6,57), E6 (7,28) e E7

(7,81), localizados no rio das Ostras (E3, E6 e E7) e no canal das Corujas (E5), apresentaram resultados em consonância com os valores de referência para Águas Salobras e Salinas Classe 1 (pH entre 6,5 e 8,5), assim como as águas do rio Iriry (E4 – 6,27) para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6 e 9). Logo, nessa campanha apenas as amostras do afluente do rio Iriry (E1 – 5,71) e do rio Jundiá (E2 – 6,06), apresentaram resultados abaixo do limite inferior da normativa supracitada para Águas Salobras e Salinas Classe 1 (pH entre 6,5 e 8,5) (Figura 6-8).

Comparando as campanhas do presente estudo (janeiro e março de 2025) com as duas últimas (setembro e novembro de 2024), nota-se que, de maneira geral, os valores mais baixos de pH foram vistos no rio Jundiá (E2), com exceção de março de 2025, em que o afluente do rio Iriry exibiu o menor valor (5,71), seguido do rio Jundiá, com 6,06. Esse cenário 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 de acordo com Omer (2020), pode corroer e dissolver metais pesados, como cádmio, chumbo e cromo, que aumentam sua toxicidade quando dissolvidos, além de ser fatal para os animais e plantas aquáticas, haja vista que poucos animais suportam um pH abaixo de 3, resultado similar ao observado na amostra do rio Jundiá em janeiro de 2025 (3,20). Em contrapartida, os maiores valores nas quatro campanhas (set. e nov./2024 e jan. e mar./2025) foram registrados na foz do rio das Ostras (E7), o que pode ser explicado pela sua localização, contando com uma influência direta do mar, cujo pH é naturalmente mais alcalino.

Ademais, estudos realizados em estuários, como o de D'Aquino (2010), abordam a relação entre pH e salinidade, mostrando que a diminuição da salinidade contribui para diminuição do pH. Portanto, a diferença de pH observada entre as campanhas de janeiro e março podem estar atreladas às contribuições de água marinha, uma vez que a campanha que registrou os menores valores de pH foi a de janeiro, a qual apresentou o maior acúmulo pluviométrico nos 15 dias que antecederam a coleta, diminuindo a influência salina.

Figura 6-8. Resultados de pH das campanhas realizadas em janeiro e março 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).

A concentração de oxigênio dissolvido, em janeiro de 2025, apresentou variação de 0,97 mg/L nas águas analisadas em E4, no rio Iriry, a 5,76 mg/L no ponto E7, localizado na foz do 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). Já na campanha de março de 2025, o menor valor de pH foi registrado na amostra do afluente do rio Iriry (E1 - 1,15 mg/L), enquanto o maior foi mensurado na foz do rio das Ostras (E7 – 6,30 mg/L). Com exceção da amostra da foz do rio das Ostras (E7 – 6,3 mg/L), todas as amostras apresentaram concentração abaixo do valor de referência da Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L), Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L).

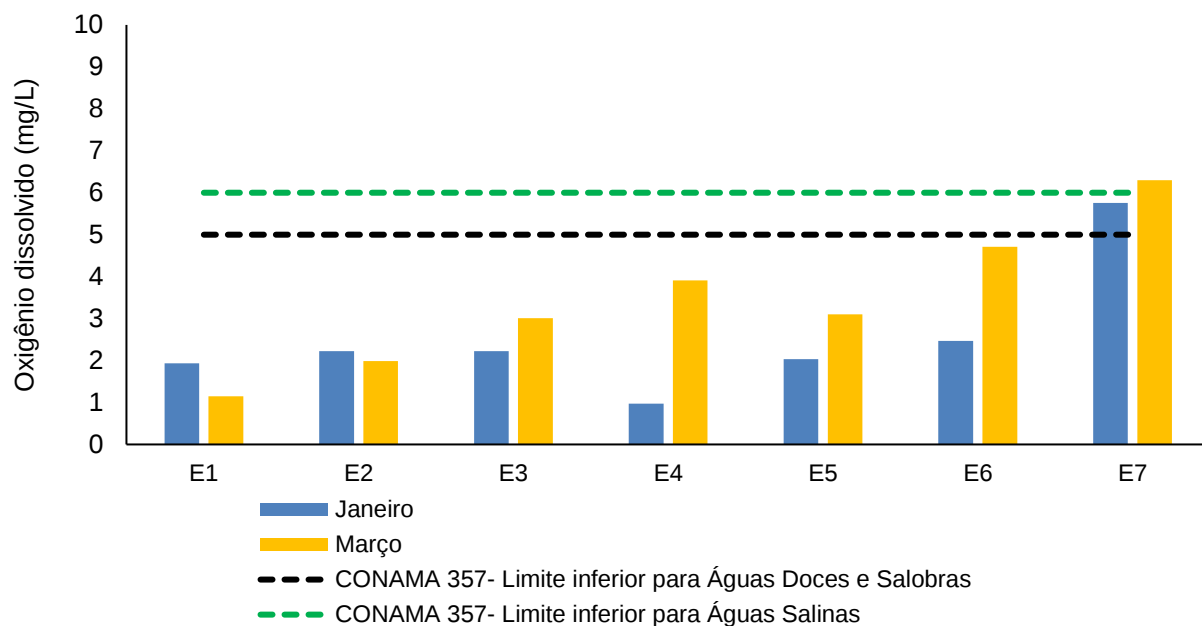
Comparando as campanhas do presente estudo (janeiro e março de 2025) com as duas últimas (setembro e novembro de 2024), nota-se que, em set./2024 e jan./2025, as concentrações mais baixas de OD foram registradas no rio Iriry (E4), 1,21 mg/L e 0,97 mg/L, respectivamente. Em novembro de 2024, o menor valor foi visto no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3 – 1,14 mg/L) e em março de 2025, a menor concentração foi registrada no afluente do rio Iriry (E1 - 1,15 mg/L).

De maneira geral, 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. Ademais, os resultados também revelam a necessidade de ações urgentes para a melhoria da qualidade hídrica, considerando que, com exceção da foz do rio das Ostras (E7), todos os outros pontos amostrais apresentaram, em uma das duas campanhas, concentrações de OD na faixa de 2 mg/L e valores 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).

Destaca-se também que um estudo realizado por Regina e colaboradores (2021) na bacia hidrográfica do Rio das Ostras contém um ponto de coleta próximo à estação E2 deste estudo ambiental, localizada no rio Jundiá. Os autores indicam que as águas dessa localidade recebem o lançamento de águas residuais sem tratamento, uma vez que é uma área afetada por invasões e processos de favelização, onde o descarte de efluentes é feito diretamente no rio. Esses fatores podem estar relacionados aos resultados de oxigênio dissolvido (OD) observados nas águas de E2.

Ainda nesse contexto, observa-se a ocorrência de macrófitas aquáticas nas águas analisadas no rio Jundiá (E2) e no rio Iriry (E4), 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 das campanhas realizadas janeiro e março de 2025.



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).

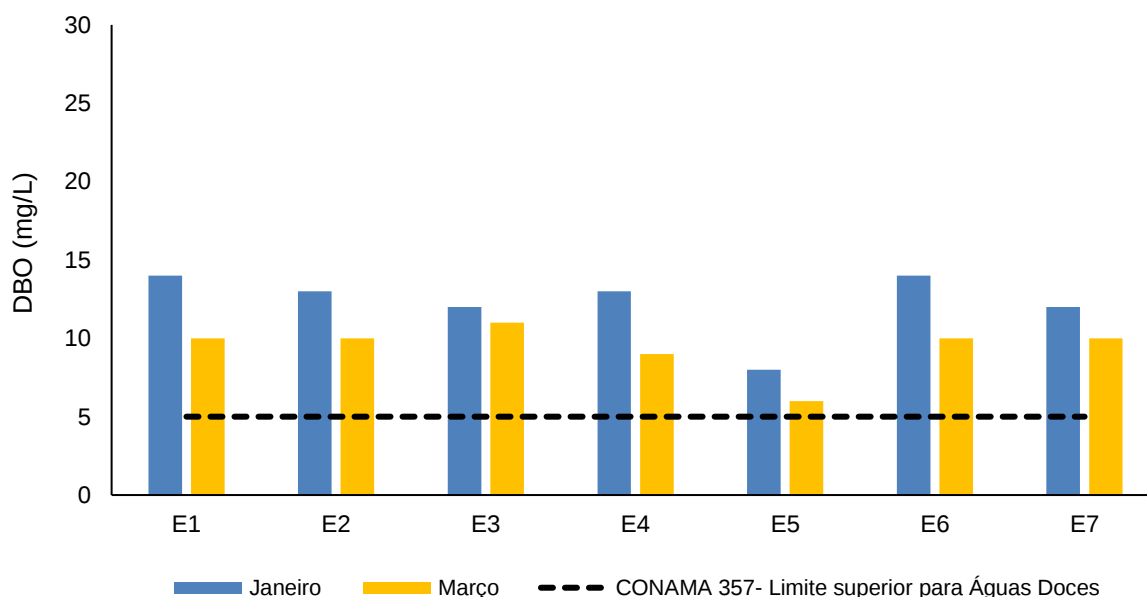
No que se refere à DBO, na campanha de janeiro de 2025, foram identificados valores entre 8,0 mg/L, na amostra do ponto E5, localizado no canal das Corujas, a 14,0 mg/L, nas águas analisadas nos pontos E1 e E6, localizados no afluente do rio Iriry e no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, respectivamente. 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 na foz do rio das Ostras.

Na campanha de março de 2025, os resultados de DBO variaram entre 6,0 mg/L no canal das Corujas (E5) e 11,0 mg/L no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios

Iriry e Jundiá (E3). As águas analisadas no rio Iriry (E4 – 9,0 mg/L) apresentaram resultado acima do estabelecido na CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (5 mg/L). Ressalta-se que não há limite estabelecido pela legislação de referência para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1, dessa forma, não foi possível comparar as demais amostras com a legislação de referência.

Os resultados encontrados reforçam a relação inversamente proporcional entre DBO e OD, uma vez que a maioria das amostras apresentaram baixos valores de OD (Figura 6-9) e elevadas concentrações de DBO (Figura 6-10). Ademais, esse cenário também indica o aporte de efluentes sem tratamento, ou parcialmente tratados, nas estações monitoradas. No entanto, ainda que os resultados de DBO desse quadrimestre (8º) tenham sido altos, ao compará-los com o do quadrimestre anterior, nota-se alguma melhoria na qualidade das águas, uma vez que os maiores valores de DBO, no 7º quadrimestre, foram 47 mg/L (set./2024) e 38 mg/L (nov./2024) no canal das Corujas (E5), e no presente quadrimestre os maiores valores registrados foram 14 mg/L (E1 – afluentes do rio Iriry e E6 – rio das Ostras) e 11 mg/L (E3 – rio das Ostras).

Figura 6-10. Resultados de DBO das campanhas realizadas em janeiro e março 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

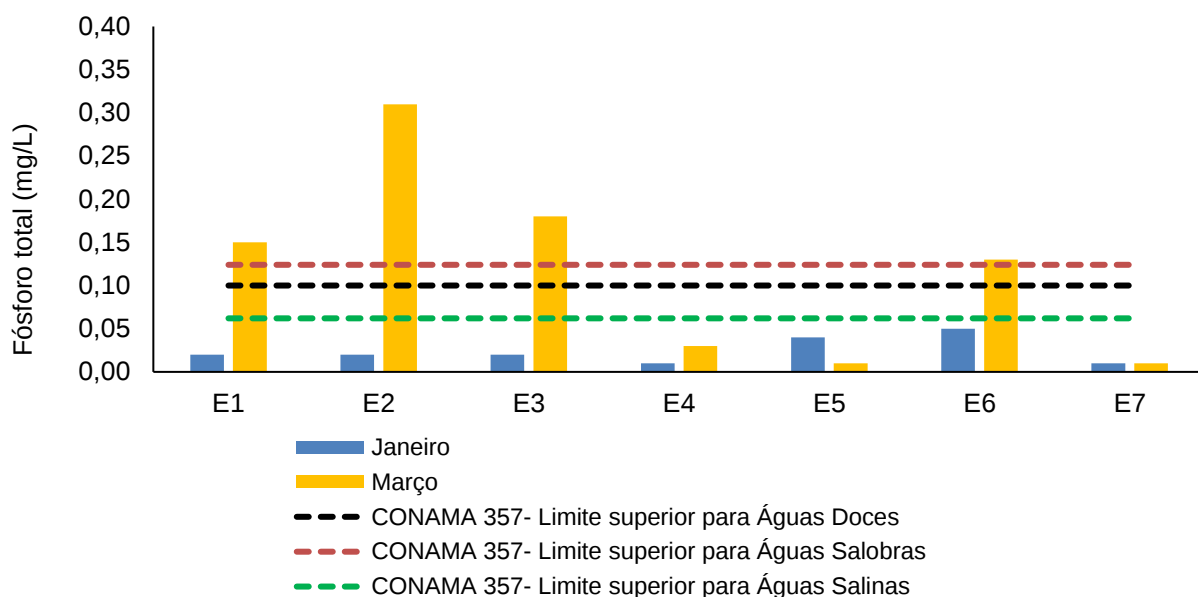
ambiente. As principais fontes desse elemento são matéria orgânica fecal e detergentes; além disso, alguns efluentes industriais, fertilizantes e pesticidas podem gerar aporte de fósforo. O fósforo, assim como o nitrogênio, é um dos principais nutrientes que limitam a produtividade primária em corpos aquáticos continentais, sendo o aporte excessivo de fósforo capaz de acarretar a eutrofização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

Quanto ao fósforo total, na campanha de janeiro de 2025, a variação desse parâmetro foi de $<0,01$ mg/L, na amostra do ponto E7, localizado na foz do rio das Ostras, a 0,05, nas águas analisadas do ponto 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 6-11).

Já na campanha de março de 2025, os resultados variaram de $<0,01$ mg/L no canal das Corujas (E5) e na foz do rio das Ostras (E7) a 0,31 mg/L no rio Jundiá (E2). Somente as amostras do rio Iriry (E4), do canal das Corujas (E5) e da foz do rio das Ostras (E7) apresentaram conformidade com os limites preconizados na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (0,1 mg/L) (E4) e Águas Salinas Classe 1 (0,062 mg/L) (E5 e E7). As demais amostras ultrapassaram os valores estabelecidos na normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1 (0,124 mg/L) (E1 e E2) e Águas Salinas Classe 1 (0,062 mg/L) (E3 e E6).

Com base nos resultados apresentados, é evidente que as águas das diferentes estações amostrais estão recebendo uma carga de nutrientes que pode estar associada ao lançamento de esgoto *in natura* nos corpos hídricos. A eutrofização das águas, resultante do enriquecimento de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, leva ao 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; DE MORAES, 2009; COSTA *et al.*, 2021).

Figura 6-11. Resultados de fósforo total das campanhas realizadas em janeiro e março 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).

Na campanha de janeiro de 2025, não foram detectadas concentrações de fosfato em todas as amostras. Já na campanha de março do mesmo ano, todas as amostras analisadas apresentaram resultados $<0,06$ mg/L, limite de quantificação do método analítico. Diante do exposto, não foi elaborado um gráfico, uma vez que não houve variação nos resultados.

Esse cenário é indicativo de alguma melhoria na qualidade das águas analisadas e está sendo registrado desde a campanha de novembro de 2024, na qual também não foram detectadas concentrações desse nutriente.

6.1.13 Nitrogênio total

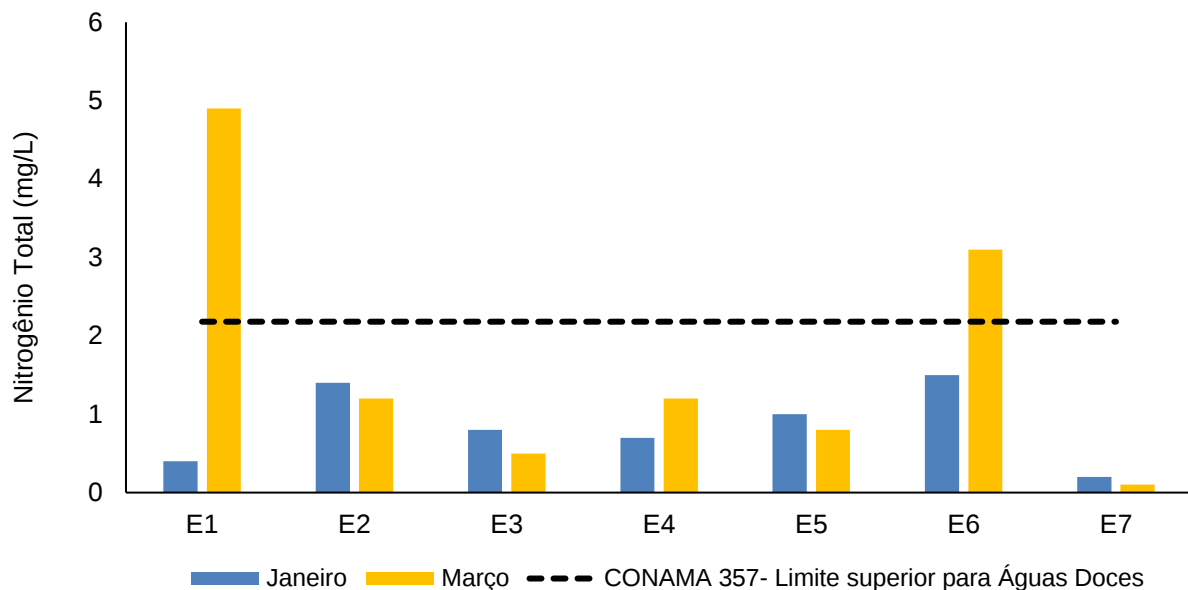
As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal 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).

Os resultados de nitrogênio total, na campanha de janeiro de 2025, apresentaram variação de 0,20 mg/L na foz do rio das Ostras (E7) a 1,50 mg/L em E6, ponto situado no rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas. No que tange à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, 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).

Na campanha de março de 2025, os resultados variaram de 0,1 mg/L na foz do rio das Ostras (E7) a 4,9 mg/L nas águas do afluente do rio Iriry (E1). As águas do rio Iriry (E4 – 1,20 mg/L) apresentaram resultado em conformidade com o limite balizado na normativa supracitada para Águas Doces Classe 2 (2,18 mg/L).

Vale frisar que na legislação de referência não há limites estabelecidos para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1. Todavia, as amostras do afluente do rio Iriry (E1 – 4,9 mg/L) e do rio das Ostras, logo a jusante do canal das Corujas (E6 – 3,1 mg/L) apresentaram resultados elevados desse nutriente. Somado a isso, esses mesmos pontos apresentaram baixas concentrações de OD (Figura 6-9) e alta DBO (Figura 6-10). Esse cenário sugere a ocorrência de processos de eutrofização, que comprometem a qualidade das águas e representam riscos para a saúde pública.

Figura 6-12. Resultados de nitrogênio total das campanhas realizadas em janeiro e março de 2025.



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.

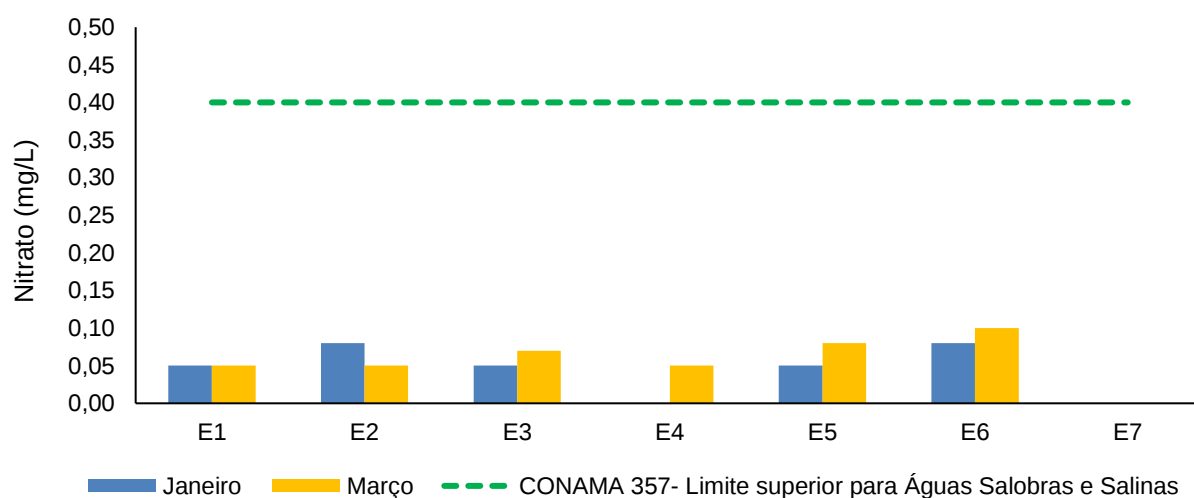
Na campanha de janeiro de 2025, os resultados de nitrato variaram de <0,05 mg/L nas águas analisadas em E1 (afluente do rio Iriry), E3 (rio das Ostras, após o encontro dos rios Iriry e Jundiá) e E5 (canal das Corujas), a 0,08 mg/L nas águas analisadas em E2 (rio Jundiá) e E6 (rio das Ostras, a jusante 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 de Águas Doces Classe 2 (10 mg/L) e Águas Salinas Classe 1 (0,4 mg/L) (Figura 6-13).

Na campanha de março de 2025, os resultados variaram de <0,05 mg/L no afluente do rio Iriry (E1), nele próprio (E4) e no rio Jundiá (E2) a 0,10 mg/L no rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas (E6). Quando equiparadas aos limites descritos na normativa supracitada, nota-se que todas as amostras apresentaram concentrações em conformidade com os limites para Águas Doces Classe 2 (10,00 mg/L) e Águas Salobras e Salinas Classe 1 (0,40 mg/L) (Figura 6-13).

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 6-13. Resultados de nitrato da campanha realizada em janeiro e março 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, 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).

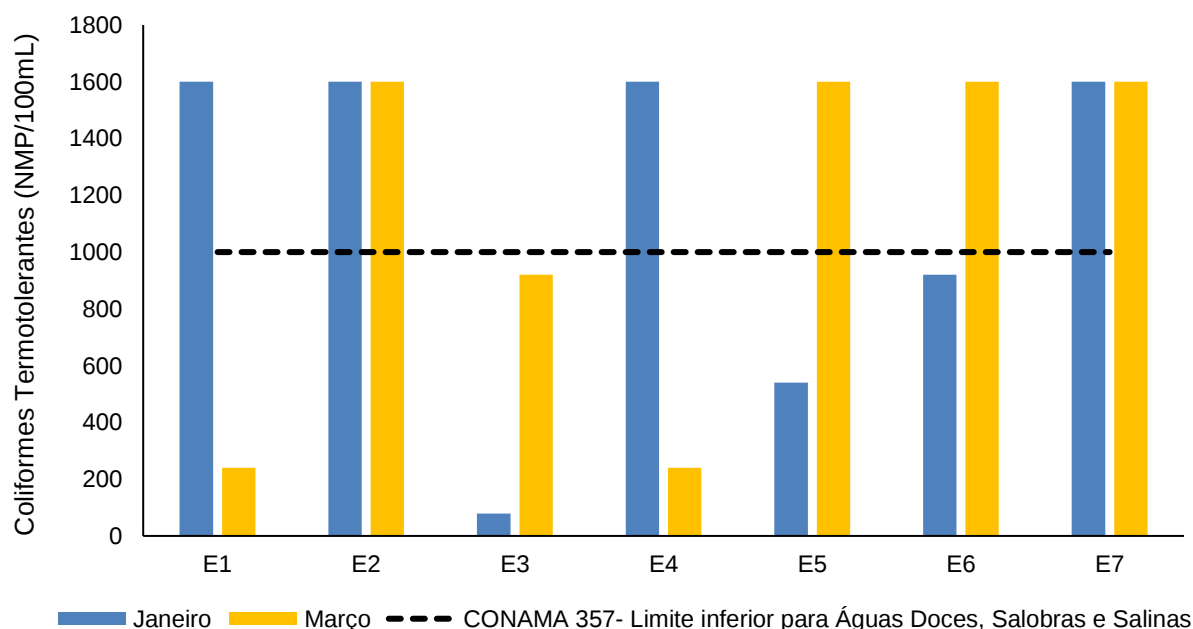
No que se refere a essa variável microbiológica, na campanha de janeiro de 2025, nota-se uma variação de 79 NMP/100mL nas águas analisadas no ponto E3, localizado no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá, a >1.600 NMP/100mL nas

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 6-14). Diante dos resultados obtidos para coliformes termotolerantes, nota-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.

Na campanha de março de 2025, os resultados de coliformes termotolerantes variaram de 240 NMP/100mL no afluente do rio Iriry (E1) e nele próprio (E4), a >1.600 NMP/100mL nas águas do rio Jundiá (E2), do canal das Corujas (E5), do rio das Ostras logo a jusante do canal das Corujas (E6) e na foz do rio das Ostras (E7). Ao comparar os resultados dessa campanha com a normativa de referência supracitada, nota-se que E2, E5, E6 e E7 ultrapassaram os limites preconizados para Águas Salobras (E2) e Salinas (E5, E6 e E7) Classe 1 (1.000 NMP/100mL).

Os resultados registrados de coliformes termotolerantes indicam a degradação dos corpos hídricos monitorados por conta de lançamento de efluentes não tratados no sistema.

Figura 6-14. Resultados de coliformes termotolerantes das campanhas realizadas em janeiro e março de 2025.



7 Diagnóstico das campanhas de janeiro e março

Diante do exposto, observou-se que nas duas campanhas realizadas não houve estratificação halina entre as massas d'água da superfície e do fundo, o que é confirmado com os dados de salinidade e condutividade. É possível evidenciar um aumento desse parâmetro, de E1 a E7, ou seja, do afluente do rio Iriry até a foz do rio das Ostras, que pode ser visto de maneira mais evidente na campanha de março de 2025. 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 a 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, nas campanhas de janeiro e março de 2025, os valores mais elevados reportados para salinidade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e pH ocorreram na amostra de E7, ponto situado no encontro da foz do rio com o mar. Devido a 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, comparando os dados do presente estudo com os das campanhas de setembro e novembro de 2024, os altos valores de turbidez no afluente do rio Iriry (E1: 66,9 UNT em set./2024 e 93,5 UNT em mar./2025) e no próprio rio Iriry (E4: 91,1 UNT em nov./2024 e 57,9 UNT em mar./2025), que estão acima dos dados históricos do segundo ano de monitoramento, têm chamado atenção para região. Esses resultados podem ter uma relação com o aumento dos processos erosivos no rio Iriry, decorrente da construção da Rodovia Engenheiro Luiz Gonzaga Quirino Tannus, que atravessa o rio Iriry e o rio Jundiá, a qual gerou uma alteração na região, aumentando a declividade e expondo o material que antes estava protegido das ações de fatores climáticos (GOMES, 2009). Portanto, um dos problemas ambientais do rio Iriry está associado ao processo de assoreamento, causado pela remoção da mata ciliar e pelas partículas transportadas pela chuva (GOMES, 2009). Ademais, o uso e a ocupação do solo nas proximidades das

estações E1 (afluente do rio Iriry), E4 (rio Iriry) e E2 (rio Jundiá) também podem estar relacionados aos altos níveis de turbidez observados. Nas proximidades no rio Jundiá, de acordo com o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro - CREA-RJ (2024), há um megaempreendimento que contempla a construção de um complexo residencial e comercial em um novo bairro, Harmonia, o que impacta ainda mais no carreamento de materiais para o rio, aumentando a turbidez.

Um outro fator que requer bastante atenção, considerando que é um dos parâmetros mais importantes para diagnosticar a qualidade da água em rios, sendo um excelente indicativo de poluição (OMER, 2020), e que vem apresentando um histórico de baixas concentrações de acordo as campanhas anteriores, é o oxigênio dissolvido. 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.

De maneira geral, as baixas concentrações de OD e os altos níveis de DBO e coliformes termotolerantes encontrados reforçam a carga elevada de matéria orgânica, proveniente de efluentes sem tratamento, nas águas dos diferentes corpos hídricos monitorados. Ademais, os resultados também revelam a necessidade de ações urgentes para a melhoria da qualidade hídrica, considerando que, com exceção da foz do rio das Ostras (E7), todos os outros pontos amostrais apresentaram, em uma das duas campanhas, concentrações de OD na faixa de 2 mg/L e valores 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).

Com relação aos nutrientes, os altos valores de fósforo e nitrogênio total (Figura 6-11 e Figura 6-12) em alguns pontos amostrais, somado ao cenário supracitado, são indicativos de eutrofização nos corpos hídricos monitorados. Em regiões como as dos pontos E6, localizado no rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas, e E7, na foz do rio das Ostras, existem locais que reconhecidamente realizam descarte inadequado, como Boca da Barra, Nova Esperança, Costa Azul, Liberdade, entre outros, lançando seus resíduos 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 e com todo cenário de degradação observado.

Já nas regiões menos urbanizadas, como na dos rios Iriry e Jundiá (estações E1, E2 e E4), é possível que, de maneira geral, os valores encontrados tenham 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).

Diante desses resultados, é evidente a necessidade de ações que visem a redução dos impactos das atividades antrópicas como, por exemplo, o lançamento de esgoto *in natura* nos corpos hídricos. Além disso, é importante destacar a possibilidade de mais algumas estações monitoradas estarem passando por processos de eutrofização, devido aos níveis de nutrientes detectados, o que representa um risco para a saúde ambiental e humana.

7.1 Análise dos Componentes Principais (PCA)

Para analisar, estatisticamente, a influência da concentração dos parâmetros avaliados em cada ponto amostral, foi realizada a Análise dos Componentes Principais (PCA).

Para comprovar a adequação da PCA realizada, foi utilizado o teste de esfericidade de Bartlett e o teste estatístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O teste de Bartlett avalia a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é semelhante à matriz de identidade. Nesse teste, o resultado igual ou menor a 0,05 indica que os dados utilizados produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial utilizado é adequado para a realização da análise de dados. Já o teste de KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso o modelo é considerado apropriado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1 (OLINTO, 2007; PRADO *et al.* 2016).

Diante dos resultados apresentados na Tabela 7-1, constata-se que o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valores significativos ($p < 0,05$). E o teste de KMO também exibiu um valor considerado aceitável (0,551), conforme a literatura (WU *et al.* 2010; AL-MUTAIRI *et al.* 2014). Salienta-se que os parâmetros nitrato e fosfato foram retirados da análise por apresentarem variância consideravelmente baixa.

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

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,551
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	362
Graus de liberdade	66
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 55% e 12% da variação dos dados, totalizando 67%, que podem ser vistos na Figura 7-1.

É possível notar que a distribuição dos pontos E7 (foz do rio das Ostras), nas duas campanhas e E6 e E3 (localizados no rio das Ostras), na campanha de março, foi mais influenciada pelos altos valores de salinidade (Figura 6-3), condutividade (Figura 6-4), sólidos totais (Figura 6-5), sólidos dissolvidos totais (Figura 6-6) e pH (Figura 6-8). Em

ambas as campanhas, as águas da foz do rio das Ostras foram classificadas como salinas e na última campanha, E6 e E3 também receberam tal classificação.

A distribuição das amostras analisadas no canal das Corujas (E5) e na foz do rio das Ostras (E7), na campanha de março, foi influenciada pelos altos resultados observados em coliformes termotolerantes (>1.600 NMP/mL), indicando o lançamento de efluentes sanitários parcialmente tratados ou sem tratamento, nesses corpos hídricos.

Em relação aos nutrientes, as concentrações mais altas de fósforo e nitrogênio total foram registradas, em janeiro, no rio das Ostras, a jusante do canal das Corujas (E6) e em março, no afluente do rio Iriry (E1) e no rio Jundiá (E2). Em janeiro, a amostra do ponto E6 apresentou a maior concentração de fósforo e nitrogênio total da campanha, com 0,05 mg/L e 1,5 mg/L respectivamente. Em março, a amostra do rio Jundiá (E2) registrou a maior concentração de fósforo total (0,31 mg/L) e a do afluente do rio Iriry (E1) também exibiu um valor alto para o parâmetro (0,15 mg/L). Já para nitrogênio total, em março, a maior concentração foi observada no afluente do rio Iriry (E1), com 4,9 mg/L, e o rio Jundiá (E2) também registrou uma alta concentração, com 1,2 mg/L. A presença elevada desses nutrientes nas águas dos corpos hídricos monitorados favorecem o processo de eutrofização, que pode impactar a biota, a qualidade hídrica e a saúde humana (QUADRA *et al.* 2019).

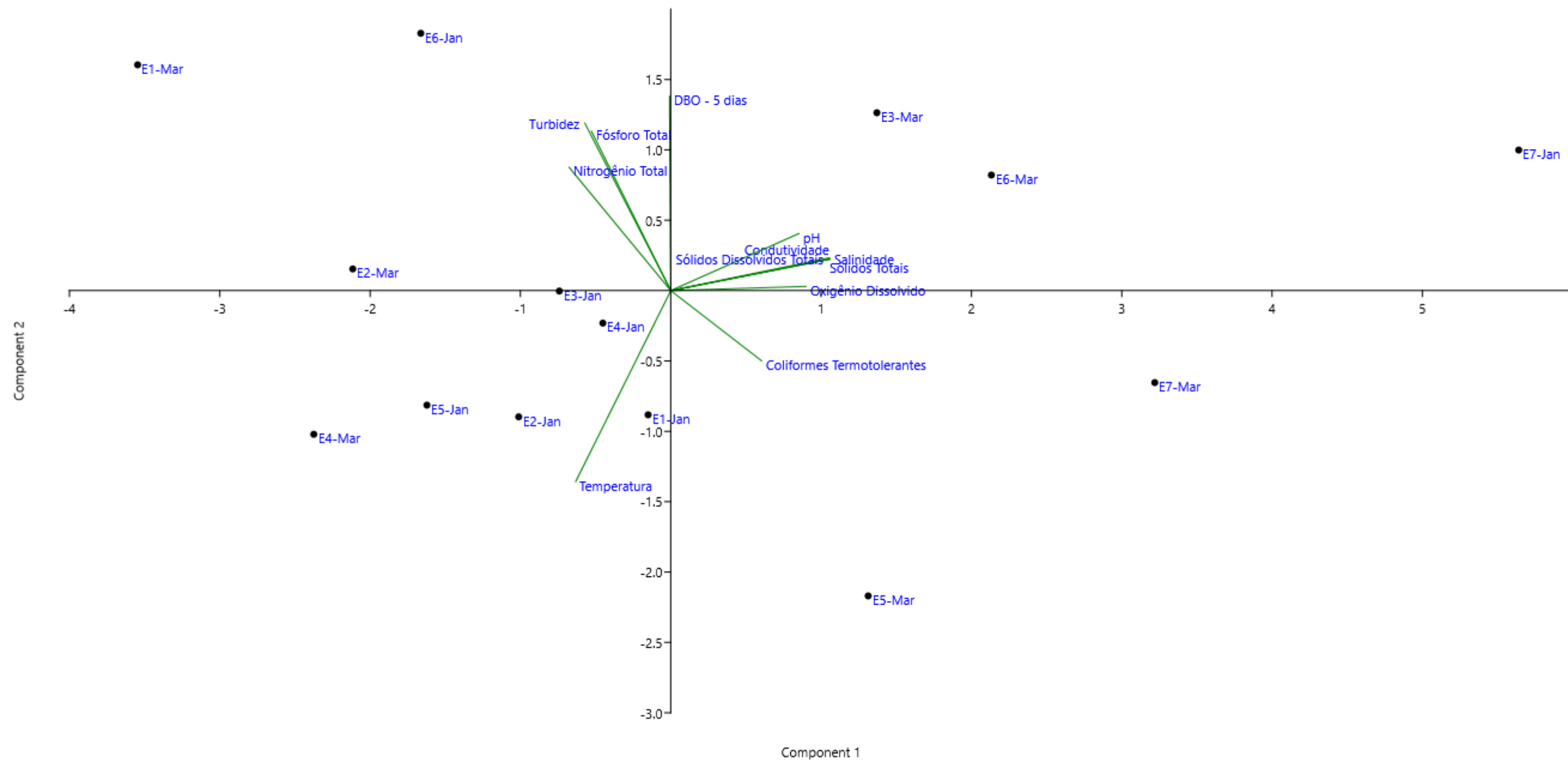
Os pontos supracitados também estão relacionados aos altos valores de turbidez. O maior registro de turbidez, em janeiro de 2025, foi visto na amostra de E6, no rio das Ostras (16 UNT). Já os 2 maiores registros de turbidez, em março de 2025, foram registrados no afluente do rio Iriry (E1), com 93,5 UNT e no rio Jundiá (E2), com 65,8 UNT. O uso e a ocupação do solo nas proximidades das estações E1 (afluente do rio Iriry) e E2 (rio Jundiá) podem estar relacionados aos altos níveis de turbidez observados.

O pico de turbidez de E1, em março (Figura 6-7) coincide com um pico de nitrogênio total (Figura 6-12) no mesmo período, parâmetro que compreende as formas orgânicas e inorgânicas (amônia, nitrito e nitrato) do nitrogênio. Considerando que esses resultados acompanham altos valores de DBO em E1 (Figura 6-10) e baixas concentrações de oxigênio dissolvido (Figura 6-9), sugere-se um cenário de eutrofização nesse corpo hídrico. Logo, o aumento da turbidez observada pode ter relação com a eutrofização, além de processos erosivos no entorno.

O rio Jundiá (E2), que também exibiu um resultado alto de turbidez na última campanha (março de 2025) (Figura 6-7), registrou um pico de fósforo total no mesmo período (Figura 6-11), e da mesma forma que E1, apresentou baixas concentrações de

OD (Figura 6-9) e alta DBO (Figura 6-10), sugerindo um cenário de eutrofização no corpo hídrico. Como citado anteriormente, empreendimentos realizados nas proximidades da região também podem favorecer os altos níveis de turbidez observados (CREA-RJ, 2024).

Figura 7-1. Resultado da análise dos componentes principais das campanhas realizadas em janeiro e março de 2025.



7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Em relação ao IQA, é importante ressaltar que, para fins comparativos, esse índice foi calculado de duas formas. A primeira, presente na Tabela 7-2, realizada para as duas campanhas do oitavo quadrimestre considerou, para a avaliação do IQA_{CETESB}, os seguintes parâmetros: coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio total, OD, pH, sólidos totais, temperatura e turbidez. Já a Tabela 7-3 apresenta o cálculo do IQA_{NSF} para as campanhas de janeiro e março de 2025, abrangendo as variáveis ambientais: coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, nitrato, OD, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez.

Diante dos resultados apresentados na Tabela 7-2, na campanha de janeiro de 2025, nota-se uma variação do IQA_{CETESB} de 35,54 na amostra do rio Jundiá (E2), a 59,46 nas águas da foz do rio das Ostras (E7). Com base nos valores do IQA_{CETESB} da amostragem supracitada, observa-se que apenas a amostra do rio Jundiá (E2) apresentou uma classificação de IQA_{CETESB} ruim, as amostras do afluente do rio Iriry (E1), dele próprio (E4), do canal das Corujas (E5) e do rio das Ostras, a jusante do canal das Corujas (E6) apresentaram uma classificação de IQA_{CETESB} regular e as amostras do rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3) e da foz (E7) foram classificadas como boas (Tabela 7-2). À vista disso, a maioria das amostras foram consideradas apropriadas para o tratamento convencional visando o abastecimento público, com exceção das águas analisadas no rio Jundiá (E2).

Na campanha de março de 2025, o valor mais baixo do IQA_{CETESB} foi observado no ponto situado no afluente do rio Iriry (E1 – 35,18) e o maior valor foi registrado na foz do rio das Ostras (E7 – 61,49) (Tabela 7-2). Verifica-se um aumento do valor do IQA_{CETESB} em quase todas as amostras, com exceção de E1 (afluente do rio Iriry) e E3 (rio das Ostras), que exibiram um decréscimo em torno de 10 pontos, passando de 45,98 (E1) e 57,00 (E3) na campanha de janeiro, para 35,18 (E1) e 47,96 (E3) em março. Contudo, ainda que os dois valores de IQA_{CETESB} supracitados tenham decaído, houve uma melhora no cenário geral das estações analisadas. Nessa campanha, 3 amostras foram classificadas como boas (E4 – rio Iriry; E6 – rio das Ostras e E7 – foz do rio das Ostras, 3 como regulares (E2 – rio Jundiá; E3 – rio das Ostras e E5 – canal das Corujas) e apenas uma foi categorizada como ruim (E1 – afluente do rio Iriry). Portanto, a maioria das amostras foram consideradas apropriadas para o tratamento convencional visando o

abastecimento público, com exceção da amostra do afluente do rio Iriry (E1), como expõe a Tabela 7-2.

Na Tabela 7-3, o IQ_{NSF} da campanha de janeiro de 2025 apresentou uma variação de 36,74 na amostra do rio Jundiá (E2) a 59,35 nas águas da foz do rio das Ostras (E7). Na amostragem realizada em março de 2025, a variação foi de 37,86 no afluente do rio Iriry (E1) a 60,48 na foz do rio das Ostras (E7). Ao analisar a classificação do IQ_{NSF} das duas campanhas de monitoramento do oitavo quadrimestre, observou-se que as amostras do afluente do rio Iriry (E1), do rio Jundiá (E2) e do canal das Corujas (E5) apresentaram categorização ruim e as amostras da foz do rio das Ostras (E7) exibiram uma classificação média. Já a amostra do rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3) partiu de uma classificação média em janeiro (57,48) para ruim em março (49,70). As águas do rio Iriry (E4) e do rio das Ostras (E6), partiram de ruim em janeiro para média em março. Considerando o IQ_{NSF} nas duas campanhas realizadas, a maioria das amostras apresentaram classificação ruim, sendo consideradas águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.

Adicionalmente, é importante salientar que, de maneira geral, considerando as duas campanhas (janeiro e março de 2025), foram observadas diferenças notáveis em relação à categorização do IQA calculado na Tabela 7-2 e na Tabela 7-3. Apesar da pequena diferença entre os valores calculados, o IQ_{NSF} apresenta maior restrição nas categorias que indicam a qualidade da água, com intervalos de valores mais baixos, o que explica a diferença observada.

Outro aspecto que merece atenção é que os valores elevados de DBO, fósforo total, nitrogênio total e coliformes termotolerantes, bem como as baixas concentrações de OD, refletiram nos resultados obtidos nas águas analisadas em E1 (afluente do rio Iriry) e E2 (rio Jundiá), o que ficou evidenciado pelos valores e classificações de IQA (Tabela 7-2 e Tabela 7-3) nas duas campanhas realizadas.

Em janeiro de 2025, as águas do rio Jundiá (E2) apresentaram uma concentração de OD baixíssima (2,22 mg/L) e de coliformes termotolerantes altíssima (1.600 NMP/100mL), sendo que esses parâmetros têm os maiores pesos, tanto no IQ_{CETESB} quanto no IQ_{NSF} . Logo, esse cenário contribuiu consideravelmente para que o rio Jundiá apresentasse o menor valor de IQA (35,54 no cálculo CETESB e 36,74 no cálculo NSF) e a pior classificação (ruim) no referente período.

Já em março de 2025, as águas do afluente do rio Iriry (E1) registraram a menor concentração de OD da campanha, 1,15 mg/L, e apesar de terem exibido um valor baixo de coliformes termotolerantes (240 NMP/100mL), registraram também o menor valor de pH do período (5,71), parâmetro de terceiro maior peso nos dois cálculos de IQA (CETESB e NSF) e uma alta concentração de nitrogênio total (4,9 mg/L). Esses resultados refletiram nos valores e classificações do IQA, fazendo com que esse ponto amostral fosse o pior do referente período, com 35,18 no IQA_{CETESB} e 37,86 no IQA_{NSF}, sendo classificado como ruim. Cabe ressaltar que a concentração de nitrogênio total (4,9 mg/L) registrada na última campanha (março de 2025) no afluente do rio Iriry (E1) é um indicativo de contaminação recente, haja vista que na penúltima campanha (janeiro de 2025), a concentração desse nutriente foi de 0,4 mg/L.

Diante do supracitado, e considerando que o impacto pode ser levado às estações próximas, os pontos amostrais do afluente do rio Iriry (E1) e do rio Jundiá (E2) requerem atenção, pois o ponto E3 situa-se a justamente a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá.

De acordo com os boletins disponibilizados no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os dados pretéritos do IQA obtidos das análises realizadas entre 2013 até 2022 apresentaram como resultado sete avaliações de classificações ruins e duas como médias (INEA, 2022). Tendo como base o monitoramento realizado pelo órgão ambiental e os resultados do presente estudo ambiental, apenas a estação amostral E7, localizada na foz do rio das Ostras, se aproxima do ponto de coleta descrito nos relatórios consolidados do INEA da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras. Nas campanhas de janeiro e março de 2025, o IQA_{NSF} da amostra de E7 foi categorizado como médio, mantendo o padrão observado nas duas campanhas anteriores (set. e nov./2024). Isso representa uma melhoria na qualidade hídrica dessas águas, em comparação aos dados do INEA, e serve como um ponto de atenção nas próximas campanhas, permitindo avaliar se as águas desse corpo hídrico continuarão apresentando esse padrão.

Em um panorama geral, em se tratando dos pontos de amostragem do rio das Ostras (E3, E6 e E7) na última campanha, eles obtiveram os maiores resultados em relação à salinidade, condutividade, sólidos totais e sólidos dissolvidos totais. Ressalta-se que o ponto E5 (canal das Corujas) acompanhou altas concentrações nos parâmetros citados. Portanto, as águas analisadas na campanha de março de 2025 apresentaram uma ação significativa das marés, demonstrando a entrada da cunha salina, já que considerando a direção do mar para o continente, as amostras dos pontos E7 (foz do rio

das Ostras), E6 (rio das Ostras, a jusante do canal das Corujas), E5 (canal das Corujas) e E3 (rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá) foram classificadas como salinas, as do afluente do rio Iriry (E1) e rio Jundiá (E2) como salobras, e a do rio Iriry (4) como doce. Em janeiro de 2025, também se nota a influência da maré, mas de uma forma diferente da observada em março de 2025, já que apenas a foz do rio das Ostras (E7) foi categorizada como salina e as demais amostras como doces.

Destaca-se que a variação de salinidade tem impacto sobre os demais parâmetros, como pH, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais e turbidez, o que foi evidenciado especialmente na campanha de março, na qual as amostras foram majoritariamente classificadas como salinas, destoando das três campanhas anteriores. Esses fatores podem mascarar ou apresentar resultados não condizentes com as categorias preconizadas pelo Índice de Qualidade da Água (IQA), o que reforça a necessidade da continuidade do monitoramento ambiental para indicar se o IQA é a melhor metodologia para avaliar a bacia hidrográfica analisada, tendo em vista a influência da salinidade.

Tabela 7-2. Resultados de IQA_{CETESB} em cada estação amostral das campanhas realizadas em janeiro e março de 2025, considerando as variáveis: DBO, OD, sólidos totais, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, pH, temperatura, fósforo total e turbidez.

Estação	Localização	IQA Jan/25	IQA Mar/25	Média
E1	Afluente do rio Iriry	45,98	35,18	40,58
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	35,54	37,61	36,58
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	57,00	47,96	52,48
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	41,93	59,74	50,83
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	44,79	49,95	47,37
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	46,98	53,70	50,34
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	59,46	61,49	60,47
Intervalo de Valores de IQA	79 < IQA ≤ 100 51 < IQA ≤ 79	36 < IQA ≤ 51	19 < IQA ≤ 36	IQA ≤ 19
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas	Águas apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

Tabela 7-3. Resultados de IQA_{NSF} em cada estação amostral das campanhas realizadas em janeiro e março de 2025, considerando as variáveis: DBO, OD, sólidos dissolvidos totais, coliformes termotolerantes, nitrato, pH, temperatura, fosfato e turbidez.

Estação	Localização	IQA Jan/25	IQA Mar/25	Média
E1	Afluente do rio Iriry	45,82	37,86	41,84
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	36,74	40,75	38,74
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	57,48	49,70	53,59
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	41,66	59,26	50,46
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	45,84	49,48	47,66
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	48,26	55,93	52,09
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	59,35	60,48	59,91
Intervalo de Valores de IQA	$100 \geq IQA \geq 90$ $90 > IQA \geq 70$	$70 > IQA \geq 50$	$50 > IQA \geq 25$	$25 > IQA \geq 0$
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas	Águas apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

8 Observações gerais

Diante dos resultados expostos no presente relatório, bem como nos dois anos de monitoramento realizado, evidencia-se que a qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio das Ostras tem como principal influência a ação de micromarés atuantes na região. Ademais, os valores registrados das distintas variáveis ambientais mensuradas indicam os 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 na qualidade das águas.

Destaca-se que foram observadas altas concentrações de coliformes termotolerantes, em pelo menos uma das campanhas, em praticamente todos os pontos amostrais, com exceção do rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3), que em janeiro e março de 2025, apresentou valores abaixo do estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (1.000 NMP/100mL). De maneira geral, os resultados observados indicam o lançamento de águas residuais no sistema, corroborando com o cenário de degradação da qualidade hídrica.

Além disso, um outro fator que está apresentando um padrão nas últimas campanhas de monitoramento realizadas, é o registro de OD com concentrações menores que 2 mg/L em algumas amostras, o que pode levar a uma condição de hipoxia, que coloca 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 em todas as amostras. 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.

Além disso, foram detectados valores elevados de nutrientes, especialmente nas águas do afluente do rio Iriry (E1) e rio Jundiá (E2). Portanto, acredita-se que a ocorrência de fósforo total e nitrogênio total nessas águas pode estar favorecendo processos de eutrofização artificial, que impactam a qualidade hídrica e colocam em risco a saúde ambiental e humana. Os resultados encontrados nessas amostras (E1 e E2) também refletiram no IQA, pois, tanto no IQA_{CETESB} quanto no IQA_{NSF}, os piores valores e classificações foram registrados no afluente do rio Iriry (E1) e no rio Jundiá (E2).

Salienta-se que as atividades agrícolas que acontecem nas proximidades do rio Iriry podem ter contribuído, através do uso de fertilizantes, para a maior concentração de

nitrogênio total observada na região do seu afluente (E1), o qual apresentou um pico na campanha de março (4,9 mg/L). Esse quadro serve como um ponto de atenção a ser verificado na campanha seguinte, para entender se esse cenário foi decorrente de um aporte pontual ou de uma contaminação contínua. Cabe destacar que as condições de degradação hídrica do ponto E1 (afluente do rio Iriry) já vinham sendo vistas nas campanhas de setembro e novembro de 2024, nas quais foram registradas concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 2 mg/L e alta DBO, como a mensurada em setembro de 2024 (45 mg/L).

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 de resultados 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. 2024.

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.

AMORIM, Sara Regina de. Avaliação do crescimento da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* L. em diferentes concentrações de nitrogênio. Rio Claro: 2009. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2009..

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.

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

BARROSO, Glenda Camila.; MOLISANI, Mauricio Mussi. Pequenos estuários alimentados por pequenas bacias hidrográficas: estudo de caso dos estuários dos rios Macaé e das Ostras (RJ). In: Ferreira, Maria Inês Paes *et al.* **Engenharia & Ciências Ambientais: contribuições à gestão ecossistêmica**. Essentia Editora, 2019. p. 116–141. DOI: <https://doi.org/10.19180/978-85-99968-58-1.6>. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/livros/issue/view/978-85-99968-58>. Acesso em 05 jan. 2024.

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.

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

CANIVETE, 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.

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.

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

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

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

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Apêndice D - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. São Paulo: CETESB, 2014. 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 D - Índices de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2017. 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 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; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/fle/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2024.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Ato convocatório nº 09/2022**. Termo de referência para contratação de empresa para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos na bacia do rio das Ostras com a elaboração de um estudo com capacidade de diagnosticar a bacia ao avaliar índice de qualidade da água (IQA) e a salinidade dos corpos hídricos. 2022.

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

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

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

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

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO DE JANEIRO - CREA-RJ. 2024. **Presidente do CREA-RJ visita obras de megaempreendimento em Rio das Ostras**. Disponível em: <https://www.crea-rj.org.br/presidente-do-crea-rj-visita-obras-de-megaempreendimento-em-rio-das-ostras/>. Acesso em: 17 abr. 2025.

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/monitoramentoambiental/qualidade-da-agua/bacias-hidrograficas/indices-e-indicadores/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

D'AQUINO, C. A. **Processos de transporte e retenção de sedimentos finos em estuários dominados por rios**. 2010. 132 f. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Paraná, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/36789?locale-attribute=en&show=full> por rios. Acesso em: 14 maio 2025.

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.

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. Disponível em: <https://bg.copernicus.org/articles/7/1669/2010/>. Acesso em 02 abr. 2024

ESTEVEES, 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.

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

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - INEA. **Índice de Qualidade da Água NSF (IQANSF)**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wpcontent/uploads/2019/12/IQANSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>. Acesso em 31 mai. 2023

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

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

JARDIM, Márcia Elizabeth Trindade **Planejamento ambiental e a Gestão de recursos hídricos: um estudo na bacia hidrográfica do Rio das Ostras, município de Rio das**

Ostras/RJ. 2020. 128f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

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/XV_I_forum_de_pesquisa.206.pdf. Acesso em: 16 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 WRATIC 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. Tese (Doutorado em Ciência da Informação). Faculdade de Estudos Sociais Aplicados, Universidade de Brasília, Brasília, 2001. Disponível em: <http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/4920>. Acesso em: 20 ago. 2024.

NGUYEN, Thanh Giao; HUYNH, Thi Hong Nien. 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.

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

OLINTO, Maria Teresa Anselmo. In: KAC, Gilberto *et al.* orgs. **Epidemiologia nutricional.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz/Editora Atheneu, p. 213-25, 2007. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788575413203>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/rrw5w>. Acesso em 15 jan. 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, p.407-413, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016147040>. Acesso em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7X3f79MpyfKs5FMv3pWwQbT/?lang=pt#>. Disponível em: 15 fev. 2024. Acesso em 15 já. 2024.

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

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

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

QUADRA, Gabrielle Rabelo *et al.* Water pollution: one of the main Limnology challenges in the Anthropocene. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 21, p1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X5118>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/Y3mBFSJBBNhHVJwNxPGgrMK/abstract/?lang=en>. Acesso em 12 fev. 2024.

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: Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade da Bacia do Rio das Ostras Relatório Parcial XI Revisão 01 02/2025

Pág.

70/73

<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, 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/abcshts.v43i2.995>. Disponível em: <https://www.portalnepas.org.br/abcshts/article/view/995/807>. Acesso em: 15 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.

THOMAZ, Danilo; CENTENO, Luana Nunes; CECCONELLO, Samanta Tolentino. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água do Rio Comandaí, 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.

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

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. **Est. meteorológica 5° LERIPÉ LAMET-UEN - IRIODA12**. Wunderground, 2025. Disponível em: <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IRIODA12/table/2025-03-16/2025-03-16/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.

ZHAO, B.; CHENG, D. Y.; TAN, P.; AN, Q.; GUO, J. S. Characterization of an aerobic denitrifier *Pseudomonas stutzeri* strain XL-2 to achieve efficient nitrate removal. **Bioresource technology**, v. 250, p. 564-573, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.038>. Acesso em: 10 nov. 2024.

Anexos

ANEXO 1- Certificado de Acreditação INMETRO

ANEXO 2- Certificado CCL INEA

ANEXO 3- Registro fotográfico

ANEXO 4- Cadeias de custódia

ANEXO 5- Laudos analíticos

ANEXO 6- Memória de cálculo IQA