

Relatório Técnico Parcial XV

Revisão 01
Referência: Julho de 2025

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger*	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* viviane@oceanus.bio.br	CREA/RS n° 195090
Silvia Lisboa de Araujo**	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos projetos@oceanus.bio.br	CRBio n° 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br	CRQ/RJ n° 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br	CRBio n° 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br	CRBio n° 78165/02-D
Aíres Vanessa Cavalcante dos Santos	Bióloga Analista de Projetos Ambientais projetos11@oceanus.bio.br	CRBio n° 131476/02-D
Debora Costa	Coordenadora de Amostragem deboracosta@oceanus.bio.br	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-
Daniel da Silva Ferreira	Técnico de Campo	-

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).
**Principal contato de comunicação.

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

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio- Lagos São João
00	09/06/2025	Emissão original	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	
01	02/07/2025	Revisão conforme solicitação do CILSJ	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	

Índice Geral

1	Introdução.....	6
2	Objetivo geral	7
3	Objetivos específicos.....	7
4	Área de estudo	8
4.1	Rio Iriry.....	11
4.2	Rio Jundiá	12
4.3	Canal das Corujas.....	13
4.4	Rio das Ostras.....	14
5	Metodologia	17
5.1	Pontos amostrais.....	17
5.2	Atividades de campo	19
5.2.1	Amostragem de águas superficiais.....	19
5.3	Atividades de laboratório	20
5.3.1	Parâmetros físicos, químicos e biológicos	20
5.3.2	Ensaio laboratoriais	21
5.4	Análise dos Resultados	22
5.4.1	Obtenção de dados secundários	22
5.4.2	Índice de Qualidade de Água (IQA)	23
5.4.3	Análises estatísticas	31
6	Resultados e discussão	32
6.1	Análise físico-química e biológica.....	32
6.1.1	Precipitação.....	32
6.1.2	Temperatura.....	34
6.1.3	Salinidade.....	35
6.1.4	Condutividade	37
6.1.5	Sólidos totais	38
6.1.6	Sólidos dissolvidos totais.....	39
6.1.7	Turbidez	40
6.1.8	pH.....	43
6.1.9	Oxigênio dissolvido.....	44
6.1.10	DBO	47
6.1.11	Fósforo total	48
6.1.12	Fosfato.....	50
6.1.13	Nitrogênio total	51
6.1.14	Nitrato	53
6.1.15	Coliformes termotolerantes	54
7	Diagnóstico da atual campanha.....	56

7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	59
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	63
8	Observações gerais.....	67
	Referências.....	69
	Anexos.....	81

1 Introdução

A água superficial é de extrema importância, já que é um componente crucial para a formação do ambiente, para a saúde ambiental e humana, bem como para vários processos domésticos e industriais (MIRZAEI et al., 2016; EJIGU, 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, 2021).

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

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

Nesse contexto, o monitoramento da qualidade das águas da bacia do Rio das Ostras permitirá diagnosticar a qualidade da água na região e propor medidas para a operação e uso sustentável dos recursos hídricos. Além disso, o monitoramento ambiental realizado proporcionará uma melhor compreensão da influência da salinidade na bacia hidrográfica, um aspecto crucial, uma vez que, segundo a literatura, a influência da maré nessa região se estende até 6 km a montante da foz (CBH MACAÉ OSTRAS, 2012).

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

2 Objetivo geral

O presente Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade na Bacia do Rio das Ostras tem como objetivo geral analisar, monitorar e diagnosticar a qualidade da água com disposição para agregar informações aos bancos de dados da Região Hidrográfica VIII-Macaé e das Ostras.

3 Objetivos específicos

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

4 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio das Ostras faz parte da Região Hidrográfica VIII (RH VIII), possui 157 Km² de área, em que 92,5% pertencem ao município de Rio das Ostras e 7,5% ao município de Casimiro de Abreu (RIO DAS OSTRAS, 2017). A bacia (Figura 4-1) está localizada entre as coordenadas paralelas 22°20' e 22°35' Sul e os meridianos 41°45' e 42°05' Oeste, abrangendo a região conhecida como as baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, localizando-se na faixa costeira central-norte do Estado. Além disso, a bacia do rio das Ostras faz fronteira com a Região Hidrográfica Lagos São João (CBH MACAÉ OSTRAS, 2024a) e apresenta suas nascentes no complexo de serras isoladas, situadas na região de Cantagalo (JARDIM, 2020). É caracterizada por ter influência de marés sobre os rios, com entrada salina até o trecho em que o canal das Corujas deságua no rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). Ao longo da bacia são observadas pastagens, alagados e uma área de manguezal protegida por regulamentações estaduais e federais (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, são observadas duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm) e épocas mais secas de maio a setembro (médias mensais inferiores a 50 mm). Esse regime climático tem um impacto direto nas características hidrodinâmicas dos rios da região, constituindo elementos de análise importantes para o entendimento do regime fluvial nos diferentes tipos de rios na região hidrográfica (CBH MACAÉ OSTRAS, 2012).

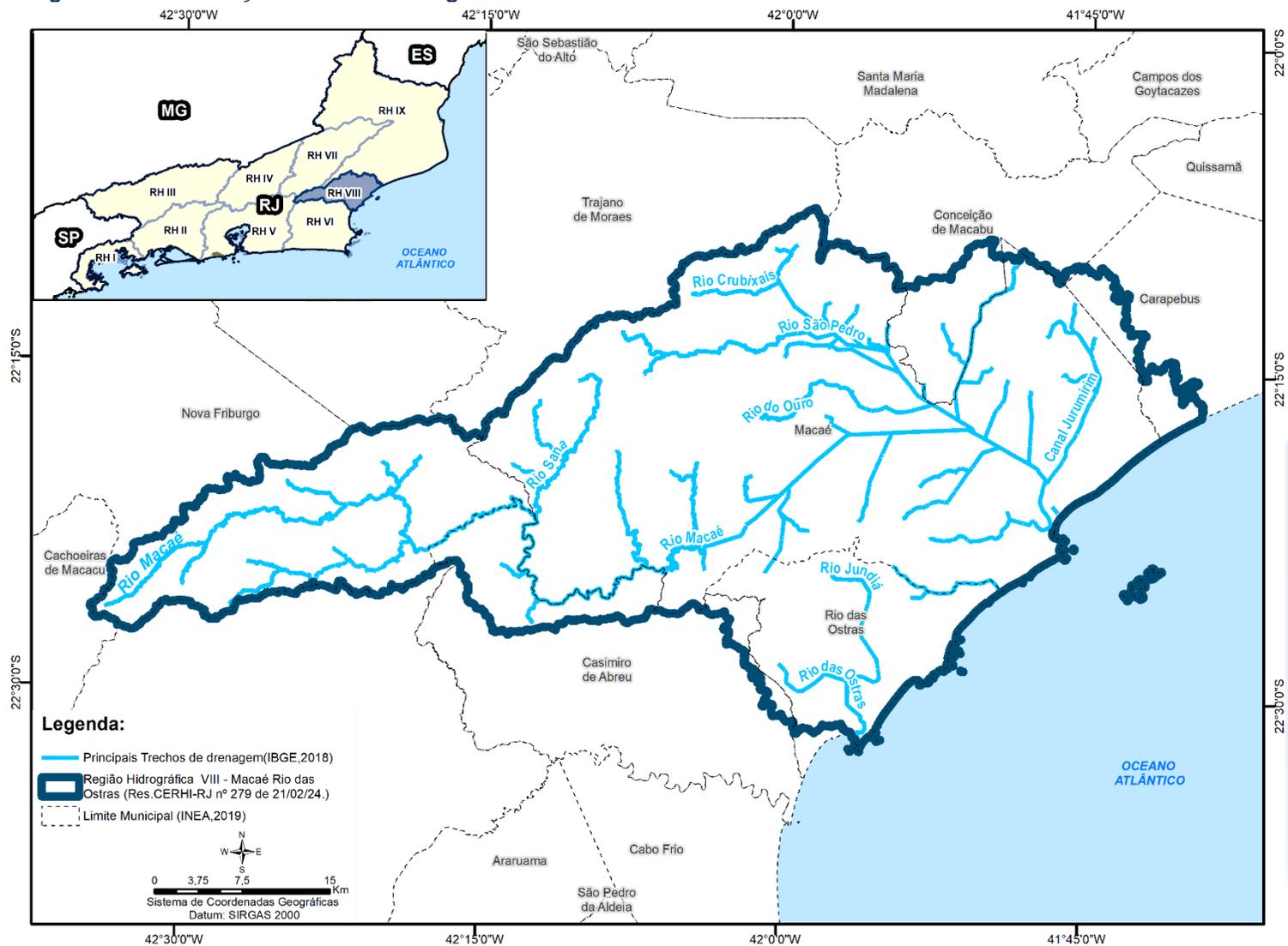
De acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), a RH Macaé e das Ostras apresenta clima tropical úmido (Aw) nas porções dos médios e baixos cursos dos seus rios, e clima tropical de altitude com verões quentes (Cwa) na porção dos altos cursos do rio Macaé e de seus afluentes pela margem esquerda. Estudos pretéritos realizados na região demonstram uma temperatura média anual de 23,2 C na parte baixa da RH e 18,1°C na parte alta da RH (CBH MACAÉ OSTRAS, 2024a).

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

O rio das Ostras é um corpo hídrico meandrante, formado pela confluência dos rios Iriry (porção oeste) e Jundiá (porção leste) e percorre, aproximadamente, no sentido

noroeste-sudeste, 30 km até sua foz, na Boca da Barra. Em sua foz, há intensa modificação do curso original, uma vez que passa por trecho com alto grau de urbanização, com a presença de áreas de várzea e mangue aterradas e grandes trechos retificados (GOMES,2009).

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



Fonte: Própria autoria.

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. Ponto de coleta realizada no afluente do rio Iriry.



Fonte: Arquivo Oceanus.

4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá (Figura 4-3) nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude. Ele apresenta 16,5 km de comprimento e um pouco mais de 4 m de largura. Com características distintas do rio Iriry, o rio Jundiá apresenta leito pedregoso e águas claras (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). No entanto, esse rio apresenta as margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão. Em torno desse rio existem problemas associados à ocupação irregular, despejo irregular de esgoto e lixo. Em determinados trechos do rio, a vegetação foi removida para atividades de pecuária e agricultura (GOMES, 2009). Ademais, Cantagalo tem sofrido impacto da pressão imobiliária que tem gerado ocupação desordenada em seu território (JARDIM, 2020), o que também pode causar impactos sobre a qualidade das águas desse

corpo hídrico. Além dos fatores supracitados, ocorrem frequentemente ocupações irregulares nas margens desse rio, contribuindo para processos de assoreamento (JARDIM, 2020).

Figura 4-3. Ponto de coleta realizada no rio Jundiá.



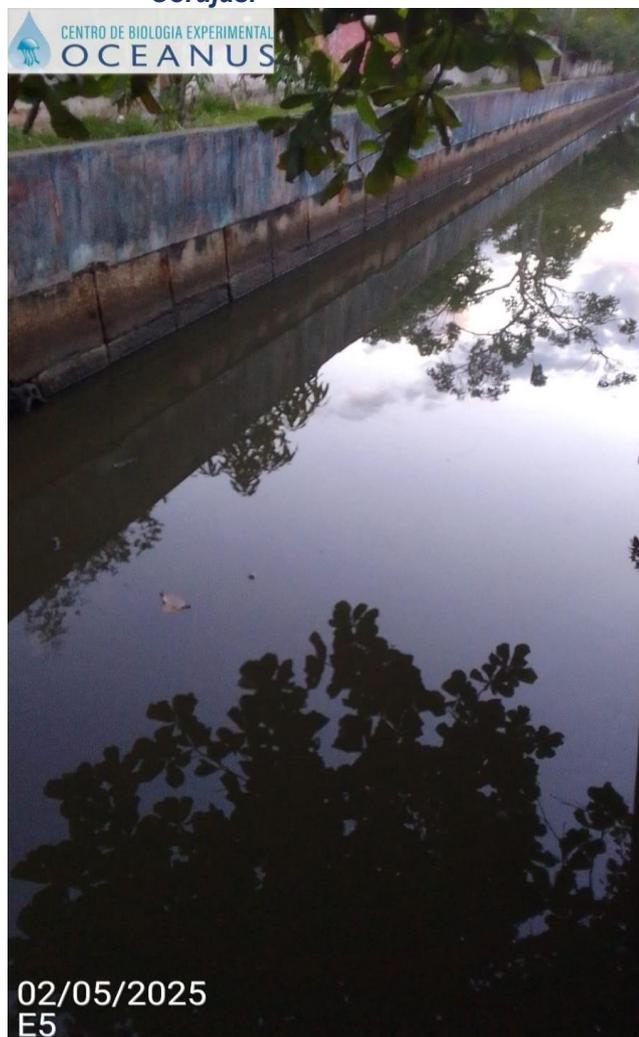
Fonte: Arquivo Oceanus.

4.3 Canal das Corujas

O canal das Corujas (Figura 4-4) é originalmente uma planície embrejada, com parte parcialmente aterrada, onde no centro foi aberto um canal artificial para desaguar no rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). O canal apresenta 5 m de largura e pequena profundidade, com baixa energia. O canal se caracteriza como área deposicional de areias e argilas, e, principalmente, material antrópico de diversos matizes, o que acarreta seu assoreamento. Com elevada degradação, o canal apresenta histórico de ocorrência de extravasamentos, o que gera riscos à população da região. Problemas com odores,

poluição e enchentes são verificados pela população que mora em torno desse canal (PRIOSTE, 2007).

Figura 4-4. Ponto de coleta realizada no canal das Corujas.



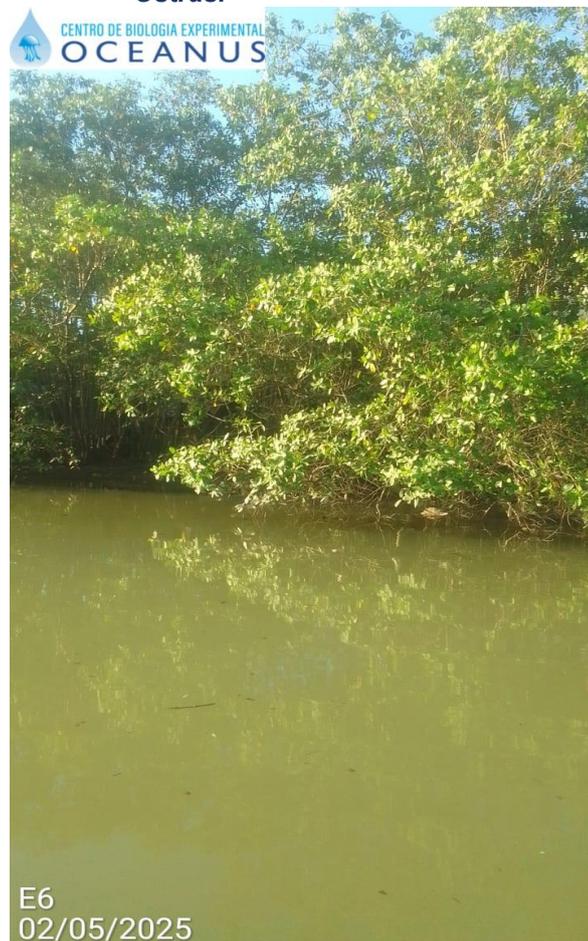
Fonte: Arquivo Oceanus.

4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras nasce da confluência entre os rios Iriry e Jundiá, possui 77 km² de área de drenagem e percorre cerca de 30 km no sentido noroeste-sudeste até a sua foz, junto à Boca da Barra (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004; CILSJ, 2022). O curso hídrico possui influência antrópica, principalmente na sua foz, que possui margens estreitas (10 m) e profundidade de 30 cm na maré baixa (Figura 4-5). Por apresentar baixa declividade do terreno, os cursos d'água da bacia do rio das Ostras sofrem a influência do regime de marés, em que esses efeitos de remanso podem chegar a 6 km a partir da foz (CBH MACAÉ OSTRAS, 2012; 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).

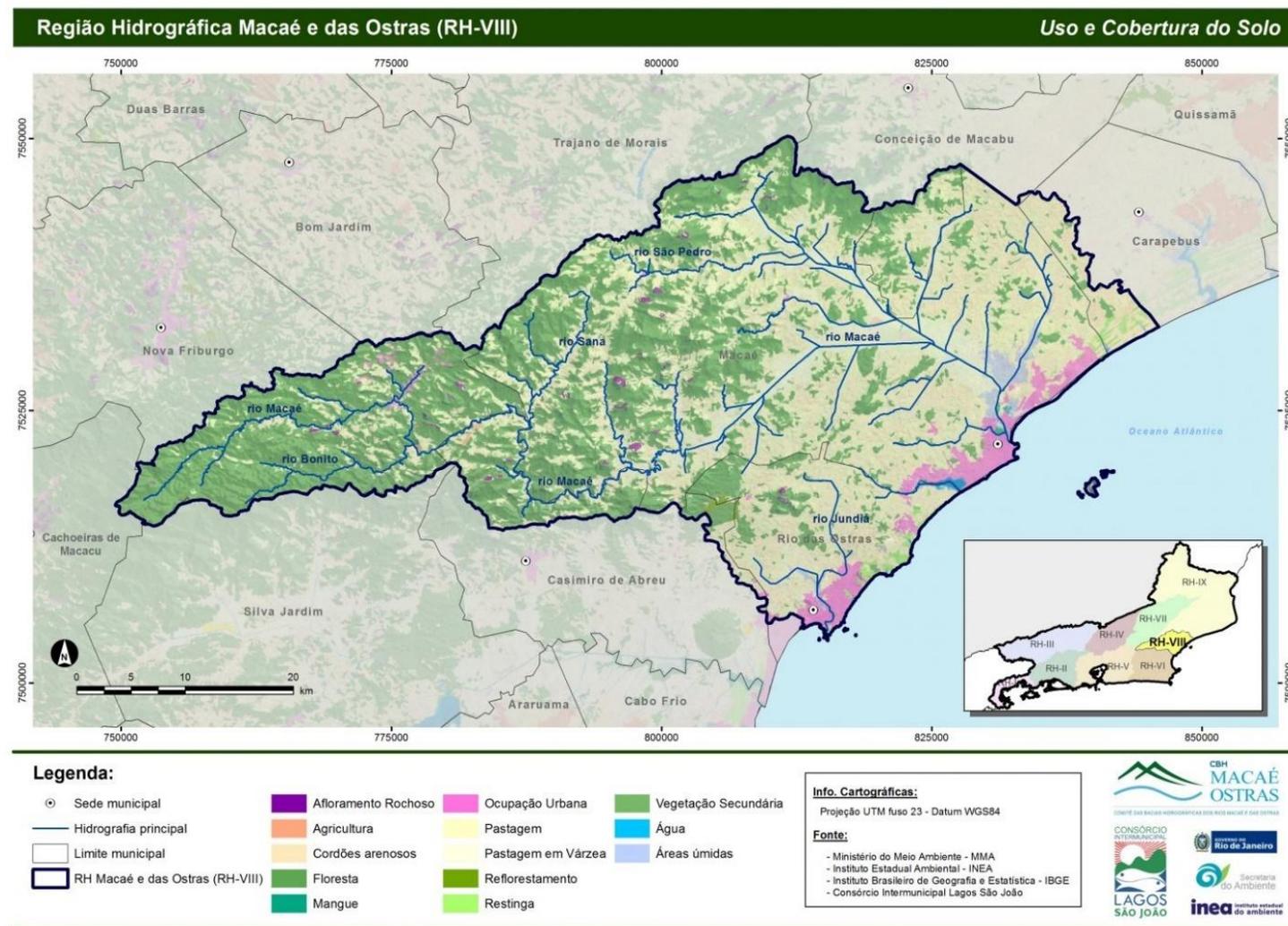
Figura 4-5. Ponto de coleta realizada no rio das Ostras.



Fonte: Arquivo Oceanus.

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

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



Fonte: CBH Macaé Ostras (2024b).

5 METODOLOGIA

5.1 Pontos amostrais

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

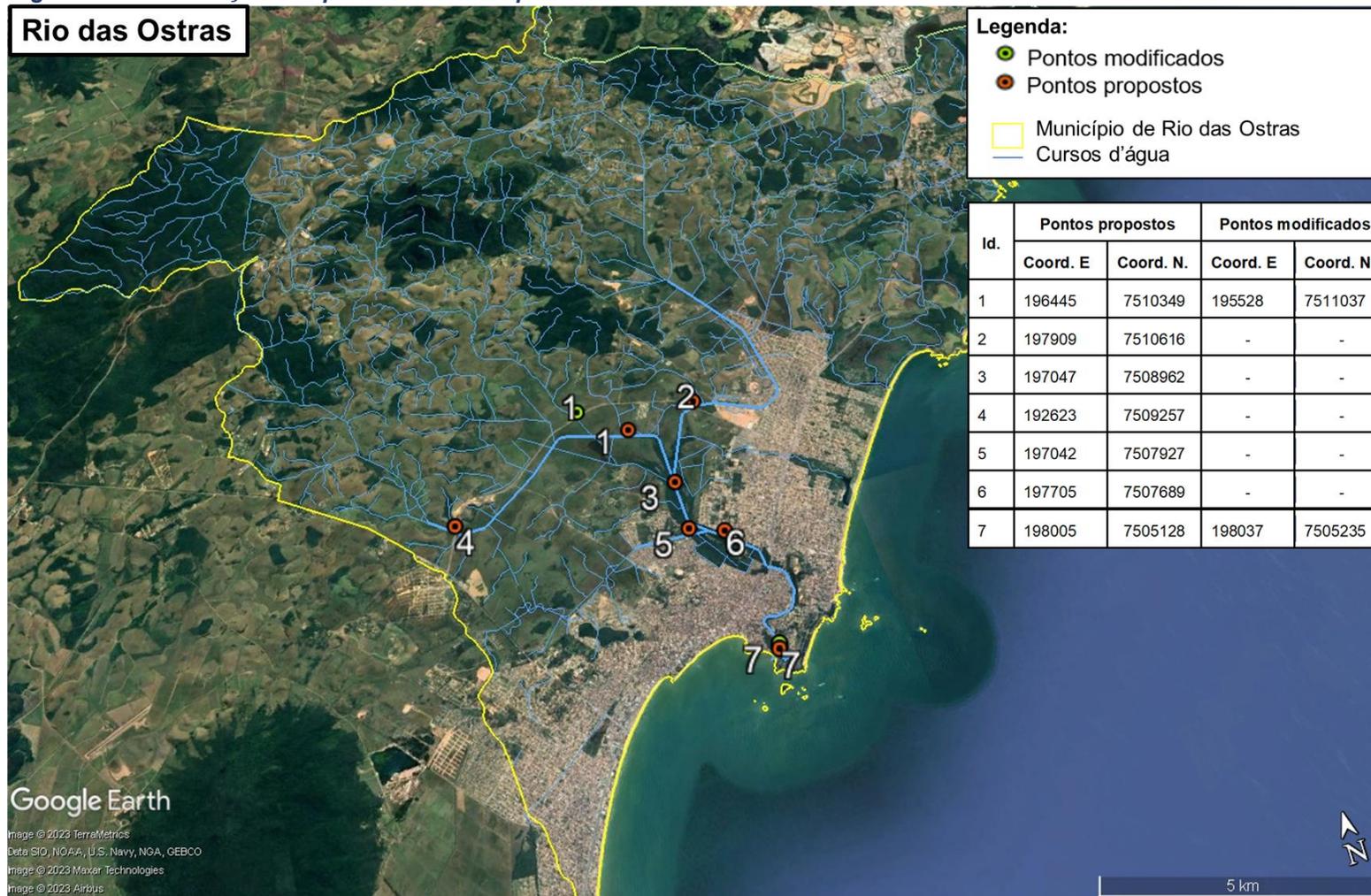
Ressalta-se que, durante o primeiro e segundo ano de monitoramento, 2 pontos foram realocados com anuência da fiscalização. Os pontos realocados são: Ponto 1, alocado para o afluyente do rio Iriry devido à falta de acessibilidade na localização original; e Ponto 7, também realocado por falta de acessibilidade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

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

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM) – Zona 24		Largura (m)	Profundidade em Maio/25 (m)
		E	S		
E1*	Afluyente do rio Iriry	195528.00	7511037.00	8	0,60
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909.00	7510616.00	5	1,40
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá	197047.00	7508962.00	20	2,0
E4	Rio Iriry, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623.00	7509257.00	12	1,10
E5	Canal das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042.00	7507927.00	30	0,30
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas	197705.00	7507689.00	25	1,2
E7*	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,25

Legenda: *Pontos E1 e E7 foram realocados.

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



Fonte: Google Earth.

5.2 Atividades de campo

5.2.1 Amostragem de águas superficiais

A campanha foi realizada no dia 02/05/2025, 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 n° 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações destinadas a cada local onde foram realizadas as amostragens, em observância às Normas Regulamentadoras – NR 6 (Equipamento de Proteção Individual – EPI) e NR 17 (Ergonomia).

A localização dos pontos foi realizada a partir das informações fornecidas pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João, e o registro fotográfico de cada localidade pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com o uso de um balde inox 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 inox 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 foram consideradas de classe 2 as águas doces que não tiverem aprovado seus respectivos enquadramentos.

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

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

5.3.2 Ensaio laboratoriais

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

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

Quadro 5-3. Metodologias de referência empregadas nas análises por parâmetro.

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

5.4 Análise dos Resultados

5.4.1 Obtenção de dados secundários

Os resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água avaliados por este Programa de Monitoramento dos Corpos Hídricos foram comparados com as normativas estabelecidas nas Resoluções CONAMA n° 357/2005, de acordo com a classe 2 para águas doces e classe 1 para águas salobras e salinas (CONAMA, 2005). Devido a influência da maré nos pontos coletados, os parâmetros também foram analisados considerando a salinidade obtida na amostra no momento da coleta.

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

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

Os dados foram analisados de maneira integrada, levando em consideração o uso e ocupação do solo no entorno dos pontos amostrais e a precipitação durante os períodos de coleta. Os dados oficiais de precipitação utilizados foram os disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação de Macaé (A608) e pelo *Weather Underground* da estação 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 a coleta de janeiro, incluindo o dia da amostragem. Também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) que foi mais bem detalhado no item 5.4.2.

5.4.2 Índice de Qualidade de Água (IQA)

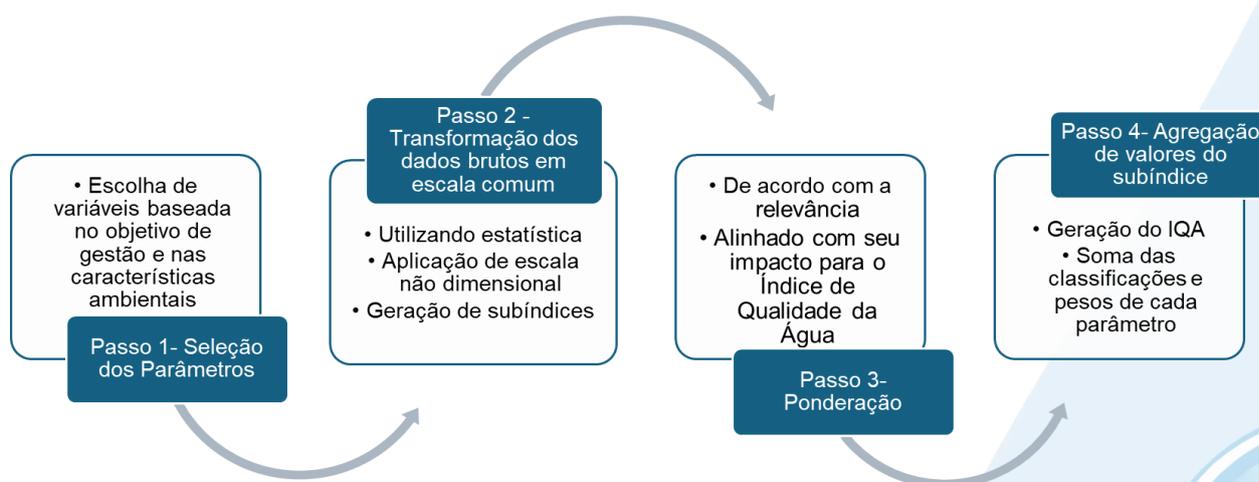
A gestão da qualidade hídrica necessita de análises de vários dados de qualidade da água que muitas vezes podem ser complexos de avaliar e sintetizar (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). Nesse sentido, uma série de ferramentas foram elaboradas como forma de avaliar de forma holística os dados de qualidade da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

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

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

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

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



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

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

Quadro 5-4. Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA_{NSF} e respectivos pesos.

Parâmetro de Qualidade da Água	Peso (W)
Oxigênio dissolvido (OD)	0,17
Coliformes termotolerantes	0,16
Potencial hidrogeniônico - pH	0,11
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,11
Temperatura da água	0,10
Nitratos	0,10
Fosfato total*	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos	0,07

Legenda: *Para o referido projeto foi utilizado o parâmetro fosfato.

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida, conforme Figura 5-4. Para cada variável, foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração a uma nota (qi), pontuada de zero a 100.

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

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

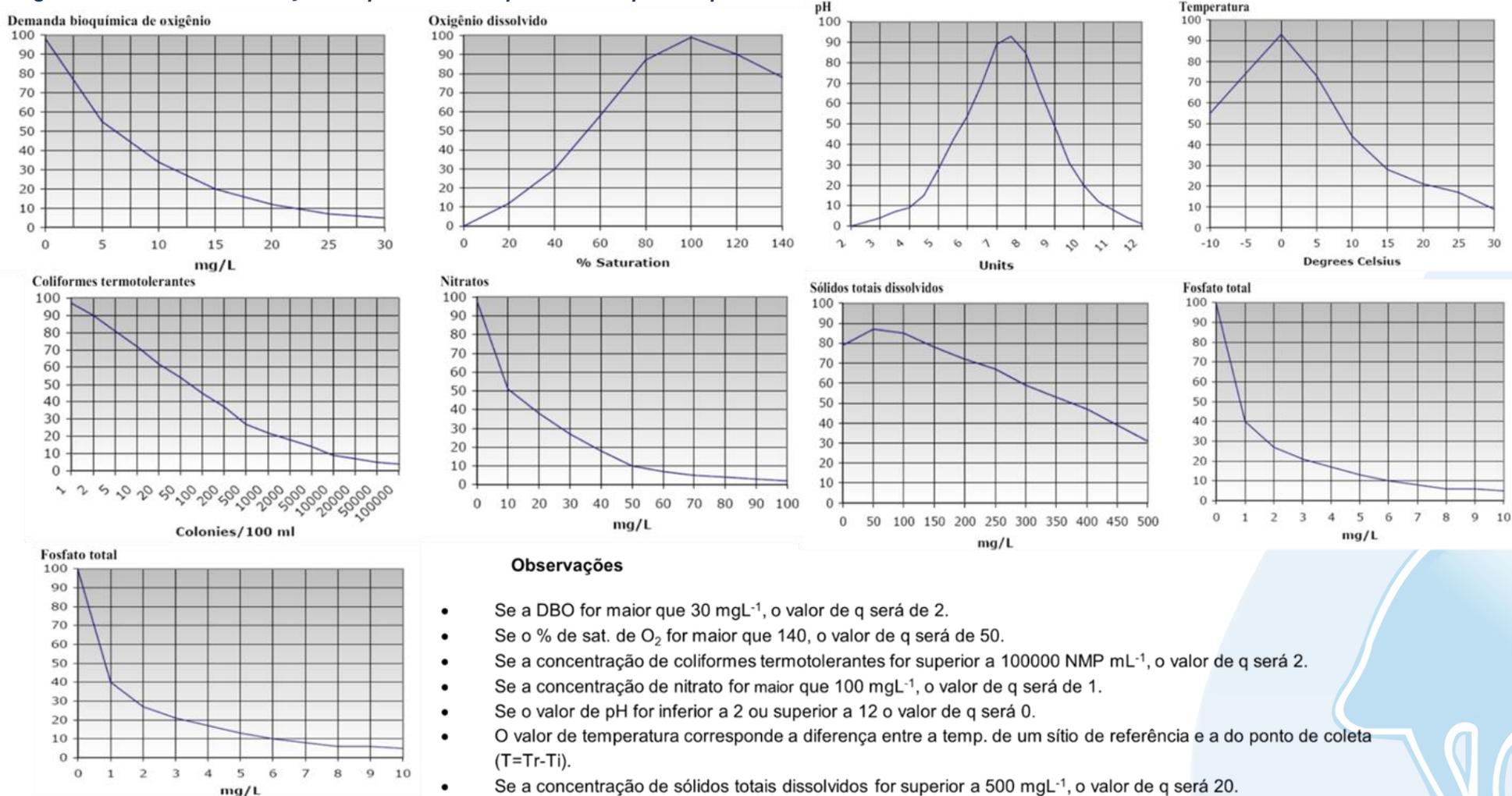
Sendo:

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

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

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

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



Fonte: INEA (2019).

O Quadro 5-5 apresenta as categorias e faixas de qualidade de água para os resultados obtidos pelo cálculo do IQA. A memória de cálculo é apresentada no ANEXO 6.

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

Categoria de Resultados	IQA	Significado
Excelente	$100 \geq IQA \geq 90$	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).

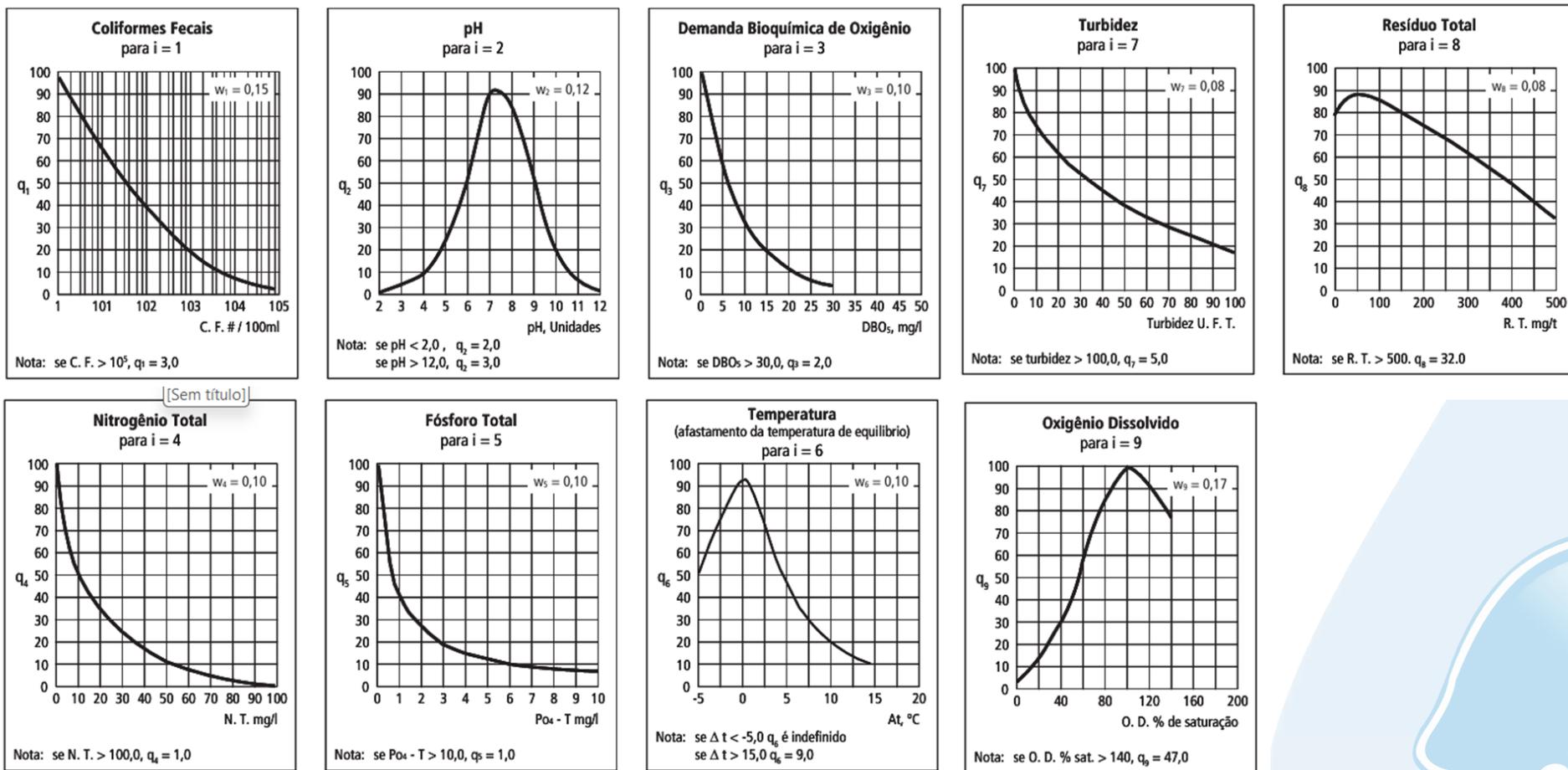
Os parâmetros previamente mencionados do IQA_{CETESB} e seus respectivos pesos estão apresentados no Quadro 5-6 e a Figura 5-5 apresenta a curva de variação de qualidade da água de cada parâmetro. Ressalta-se que a fórmula utilizada para o cálculo do IQA_{CETESB} é a mesma do IQA_{NSF}, a distinção ocorre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

Fonte: CETESB (2017).

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

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

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

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

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

5.4.3 Análises estatísticas

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

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

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

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

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

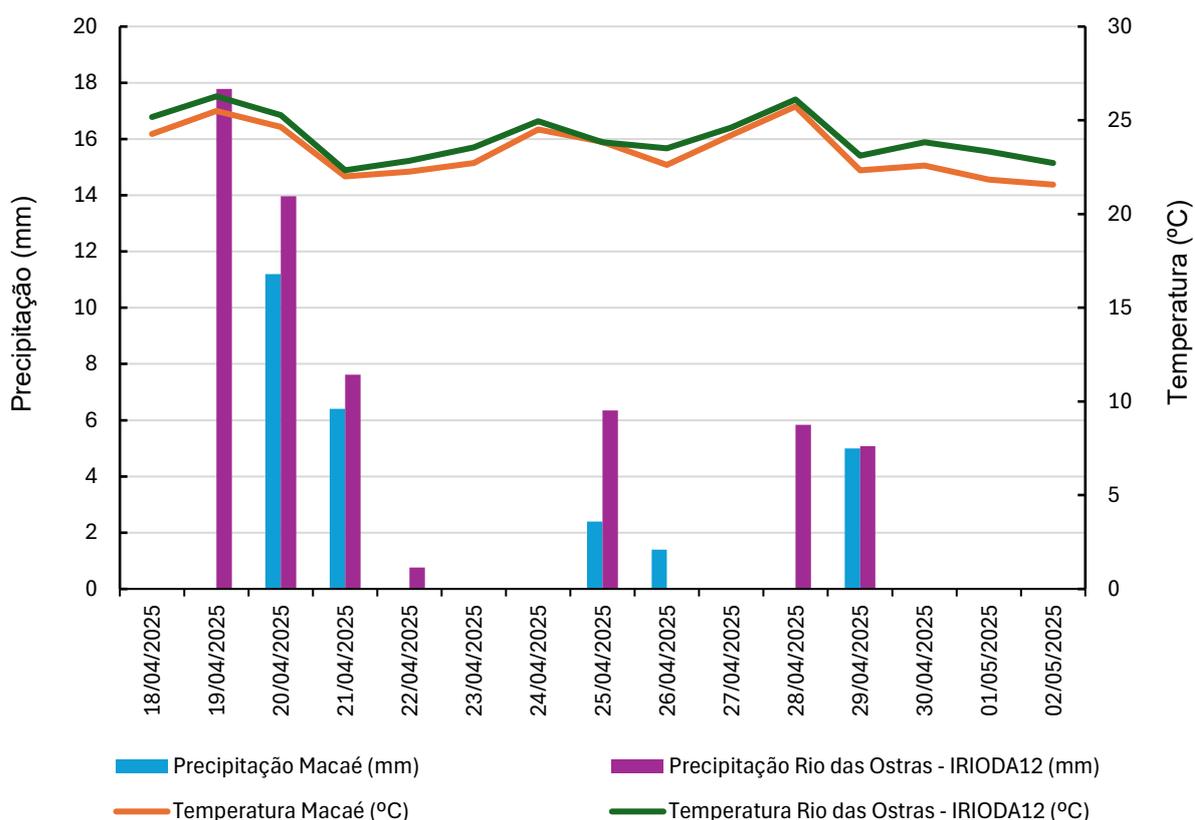
6 Resultados e discussão

6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos quinze dias que antecederam a coleta apontaram temperatura média de 23,4 °C na estação de Macaé e 24,1 °C (IRIODA12) na estação de Rio das Ostras; e precipitação acumulada de 26,4 mm em Macaé e 57,4 mm (IRIODA12) em Rio das Ostras, indicando valores de chuva forte (25 a 50mm) e chuva extrema (>50mm), respectivamente, de acordo com a literatura que descreve a classificação pluviométrica do INMET (SILVA; FRANCA, 2021).

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores à campanha realizada em maio de 2025.



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

Tabela 6-1. Resultados dos parâmetros analisados na campanha realizada em maio de 2025 e limites estipulados pela Resolução CONAMA 357/2005.

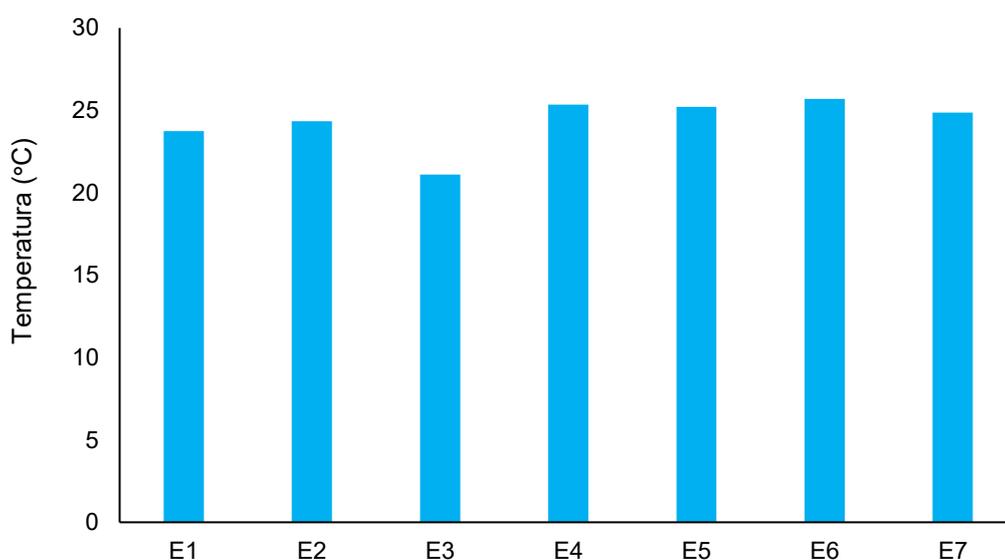
Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	
E1	02/05/2025	Sup	0,07	124,0	126,0	62	10,9	5,98	23,74	1,12	10,0	0,02	<0,06	0,4	<0,05	49,0	
		Fun	0,07	125,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2		Sup	0,33	604,0	322,0	302	9,7	5,70	24,34	2,91	10,0	0,03	0,08	3,2	0,09	4,5	
		Fun	0,33	605,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3		Sup	19,02	29732,0	20822,0	20812,4	11,2	5,93	21,10	1,91	7,0	< 0,01	<0,06	1,0	0,23	13,0	
		Fun	19,25	29981,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E4		Sup	0,08	158,0	156,0	79	30,1	6,51	25,35	2,78	10,0	0,01	0,08	1,0	0,62	240,0	
		Fun	0,09	163,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5		Sup	0,96	1737,0	889,0	868,5	19,2	6,28	25,21	1,28	8,0	0,39	0,88	7,5	0,44	>1600,0	
		Fun	0,97	1739,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E6		Sup	30,01	42121,0	29495,0	29484,7	3,3	6,57	25,70	4,71	10,0	0,06	<0,06	1,8	<0,05	1600,0	
		Fun	30,27	42847,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E7		Sup	32,45	44550,0	31199,0	31185,0	7,7	7,38	24,85	6,80	5,0	< 0,01	<0,06	0,4	0,09	920,0	
		Fun	32,24	44340,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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				

6.1.2 Temperatura

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

Os valores de temperatura da água apresentaram variação entre 21,10 °C (E3 – rio das Ostras, a jusante da confluência dos rios Iriry e Jundiá) e 25,70 °C (E6 – rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas). A temperatura apresentou pouca variação entre os diferentes pontos de coleta, com exceção da estação E3, que se destacou por registrar a menor temperatura entre as demais. Esse valor foi cerca de 3 °C inferior à temperatura registrada na segunda estação mais fria (E1 – afluente do rio Iriry) (Figura 6-2).

Figura 6-2. Resultados de temperatura da campanha realizada em maio de 2025.



6.1.3 Salinidade

Em ambientes marinhos, os sais correspondem à maior parte dos elementos dissolvidos na água do mar, logo, a salinidade representa a quantificação do total de substâncias dissolvidas na água do mar. Sua escala se dá em grama por quilograma (g/kg) ou partes por mil (ppt ou ‰). A salinidade influencia na classificação das águas analisadas em: doce (salinidade <0,5‰), salobra (salinidade entre 0,5 e 30‰) e salina (salinidade >30‰), e como consequência, nos limites dos diferentes parâmetros monitorados preconizados na Resolução CONAMA nº 357/2005. De acordo com Esteves (2011), a salinidade das águas interiores, que compreende as águas fluviais, pode apresentar grande amplitude de valores (desde 0,5‰ até resultados maiores que 35‰). Esse parâmetro ambiental tem influência direta sobre outros, como por exemplo, a condutividade, que é um indicativo da quantidade de sais existentes nas águas monitoradas (CETESB, 2018).

A salinidade, na presente campanha, apresentou uma variação entre 0,07‰ nas águas analisadas em E1 (superfície e fundo), no afluente do rio Iriry a 32,45‰ (superfície) e 32,24‰ (fundo) na amostra de E7, ponto situado 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 afluente do rio Iriry e nele próprio (E1 e E4). Diante dos resultados apresentados na Tabela 6-1, no Quadro 6-1 e na Figura 6-3, não há grandes diferenças na salinidade registrada na superfície e no fundo dos distintos pontos amostrais.

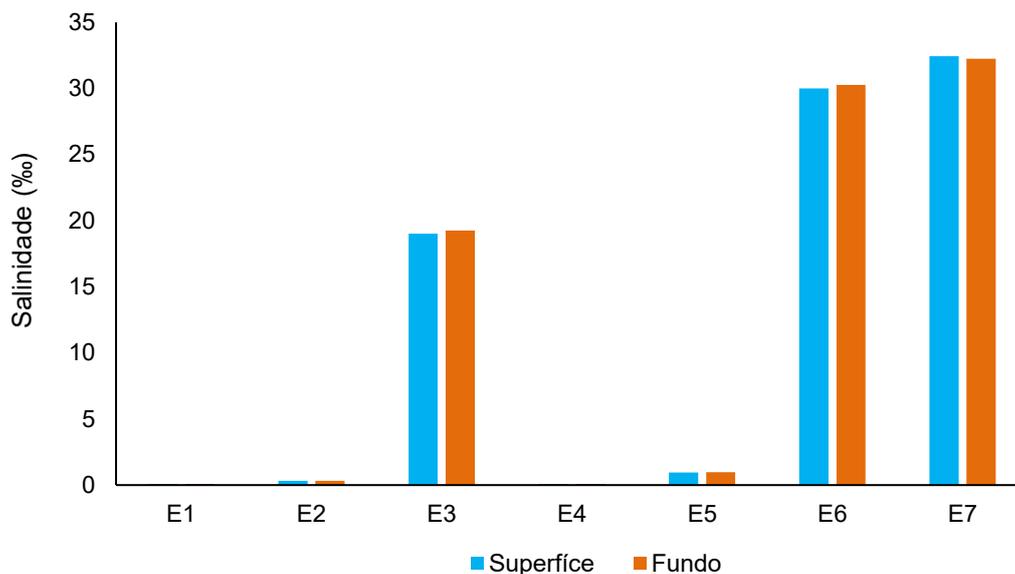
Com base nos valores de salinidade, nota-se que as águas analisadas nas estações E1 (0,07‰ superfície e fundo), no afluente do rio Iriry, E2 (0,33‰ superfície e fundo), no rio Jundiá, e E4 (0,08‰ e 0,09‰ superfície e fundo respectivamente), situada no rio Iriry, foram classificadas como águas doces, sendo seus resultados equiparados aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Já as águas analisadas em E3 (19,02‰ e 19,25‰ superfície e fundo respectivamente), E5 (0,96‰ e 0,97‰ superfície e fundo respectivamente), apresentaram valores que as categorizam como águas salobras. As estações E6 (30,01‰ e 30,27‰ superfície e fundo respectivamente) e E7 (32,45‰ e 32,24‰ superfície e fundo respectivamente), foram categorizadas como águas salinas. Diante disso, os resultados dessas estações foram comparados com os limites balizados na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salobras e Salinas Classe 1.

Na presente campanha observa-se a influência da cunha salina, considerando as classificações supracitadas, as quais categorizam quatro das sete amostras, como salobras (E3 e E5) ou salinas (E6 e E7), o que pode estar relacionado à precipitação. Baixa pluviosidade acumulada contribui para uma maior influência da cunha salina, enquanto um maior acúmulo pluviométrico implica em um maior volume de águas doces e, conseqüentemente, uma maior diluição do efeito da intrusão salina. A presente campanha exibiu alta pluviosidade acumulada nos 15 dias que antecederam a coleta, incluindo o dia de amostragem, já que a estação do Rio das Ostras (IRIODA12) registrou 57,40mm nesse período, o que contribuiu para uma suavização do efeito da maré adentrando o continente, mas ainda assim a maioria das amostras apresentaram categorizações de águas salobras (E3 e E5) ou salinas (E6 e E7). Ao comparar os resultados da atual campanha com os obtidos na campanha de janeiro/2025, em que as estações do Rio das Ostras registraram um acúmulo pluviométrico acima de 70mm, vê-se uma diluição ainda maior dos efeitos da cunha salina, resultando em sete amostras categorizadas como águas doces (E1 a E6) e apenas uma salina (E7). Por outro lado, analisando a penúltima campanha (março/2025), em que a pluviosidade acumulada registrada foi de 22,86 mm na estação IRIODA12, constata-se uma forte influência da maré, resultando em quatro amostras de águas salinas (E3, E5, E6 e E7), duas de águas salobras (E1 e E2) e apenas uma, E4, ponto situado no rio Iriry, de águas doces. No quadro abaixo (Quadro 6-1) é possível visualizar melhor as salinidades nas campanhas de janeiro (maior pluviosidade), março (menor pluviosidade) e maio.

Quadro 6-1. Classificação das amostras quanto à salinidade nas campanhas de janeiro, março e maio de 2025.

Pontos amostrais			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Salinidade (‰)	Janeiro	Superfície	0,04	0,30	0,30	0,03	0,25	0,44	33,21
		Fundo	0,05	0,31	0,34	0,03	0,22	0,45	33,74
	Março	Superfície	1,64	7,70	30,03	0,09	30,60	34,17	37,01
		Fundo	1,60	9,23	30,21	0,09	30,58	34,39	36,94
	Maio	Superfície	0,07	0,33	19,02	0,08	0,96	30,01	32,45
		Fundo	0,07	0,33	19,25	0,09	0,97	30,27	32,24
Classificação	Janeiro		doce	doce	doce	doce	doce	doce	salina
	Março		salobra	salobra	salina	doce	salina	salina	salina
	Maio		doce	doce	salobra	doce	salobra	salina	salina

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



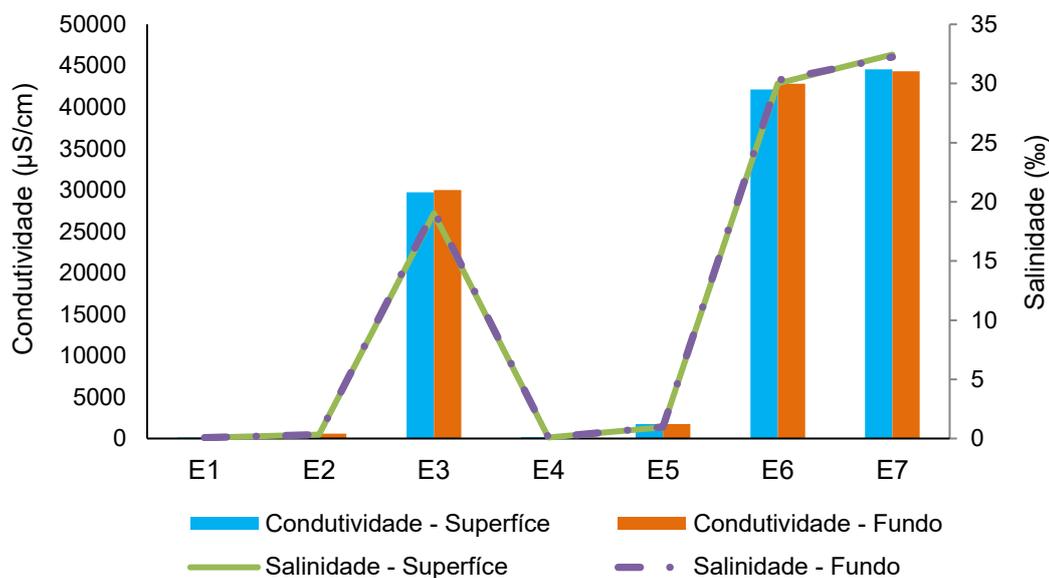
6.1.4 Condutividade

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 também apresentou uma variação espacial. Os valores registrados apresentaram variação de 124 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (superfície e fundo, respectivamente) nas águas do afluente do rio Iriry (E1) a 44.550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 44.340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (superfície e fundo) na foz do rio das Ostras (E7). Um padrão semelhante de resultados foi observado nos valores de salinidade (Figura 6-3), confirmando a relação entre essas duas variáveis, já que a condutividade é um indicativo da quantidade de sais presentes na coluna d'água (CETESB, 2018). Ademais, os resultados de condutividade obtidos nas águas das estações E3, E6 e E7, situadas no rio das Ostras, estão relacionados com as altas concentrações de sólidos totais e sólidos dissolvidos totais reportadas nessas amostras.

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

Figura 6-4. Resultados de condutividade e salinidade na superfície e no fundo na campanha realizada em maio de 2025.



6.1.5 Sólidos totais

A série de sólidos na água corresponde a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação em uma temperatura específica ao longo de um espaço de tempo. Esses processos determinam as diferentes frações de sólidos na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. É importante monitorar os sólidos, pois altas concentrações podem impactar a vida aquática (CETESB, 2016), afetando, por exemplo, o crescimento e sobrevivência de determinadas espécies de peixes (DICKERSON; VINYARD, 2011). São importantes no monitoramento da qualidade da água, tendo em vista que elevadas concentrações de sólidos na água podem acarretar danos à biota em decorrência de sua sedimentação, destruindo organismos ou danificando os leitos de desovas de peixes. Os sólidos também podem reter bactérias e resíduos orgânicos, favorecendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2014).

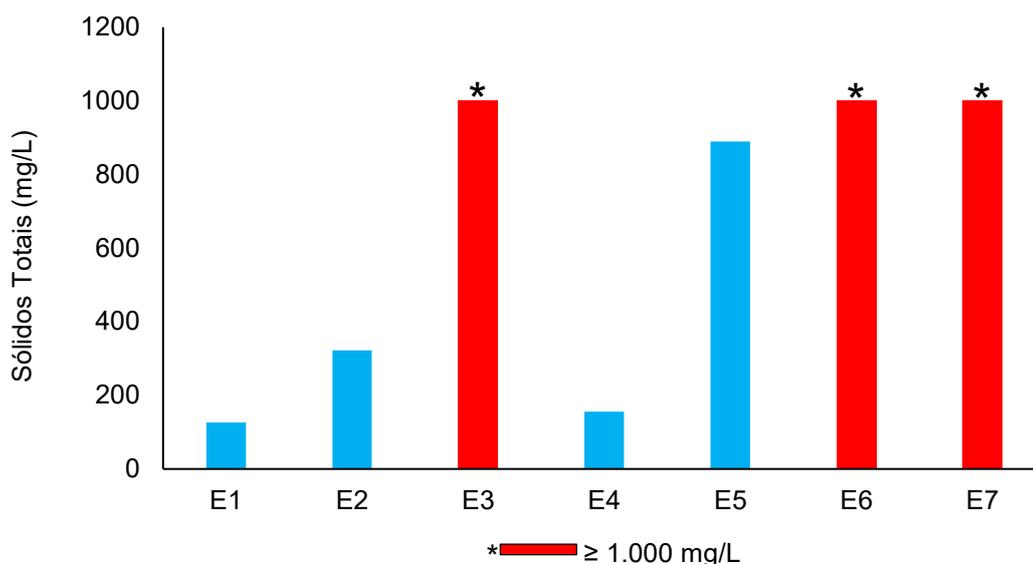
Como esperado, os resultados de sólidos totais apresentaram um padrão similar aos resultados de condutividade e salinidade. A variação desse parâmetro foi de 126 mg/L nas águas do afluente do rio Iriry (E1) a 31.199 mg/L na estação amostral da foz do rio das Ostras (E7) (Figura 6-5).

Salienta-se que, por conta dos valores elevados de sólidos totais nas amostras dos pontos E3 (20.822 mg/L), E6 (29.495 mg/L) e E7 (31.199 mg/L), situados no rio das Ostras e, a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados, todos os valores iguais ou

maiores que 1.000 mg/L foram representados, no gráfico, por uma coluna vermelha com um asterisco (*) acima (≥ 1.000 mg/L).

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

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



6.1.6 Sólidos dissolvidos totais

Os sólidos presentes na água são os resíduos que permanecem após diferentes processos, como evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e tempo determinados. Segundo a literatura, as principais fontes de sólidos dissolvidos em corpos d'água estão associados ao lançamento de esgoto sem tratamento e ao escoamento agrícola (DEY; VIJAY, 2021). Além disso, a alteração da qualidade das águas por esse parâmetro pode impactar nas suas características organolépticas e como consequência na sua disponibilidade para o abastecimento público (ADJOVU et al., 2023).

Os resultados de sólidos dissolvidos totais seguiram um padrão semelhante aos de sólidos totais, sendo o menor valor registrado nas águas analisadas em E1 (62 mg/L), no afluente do rio Iriry, e a maior concentração observada na amostra de E7 (31.185 mg/L), no rio das Ostras, a montante da sua foz.

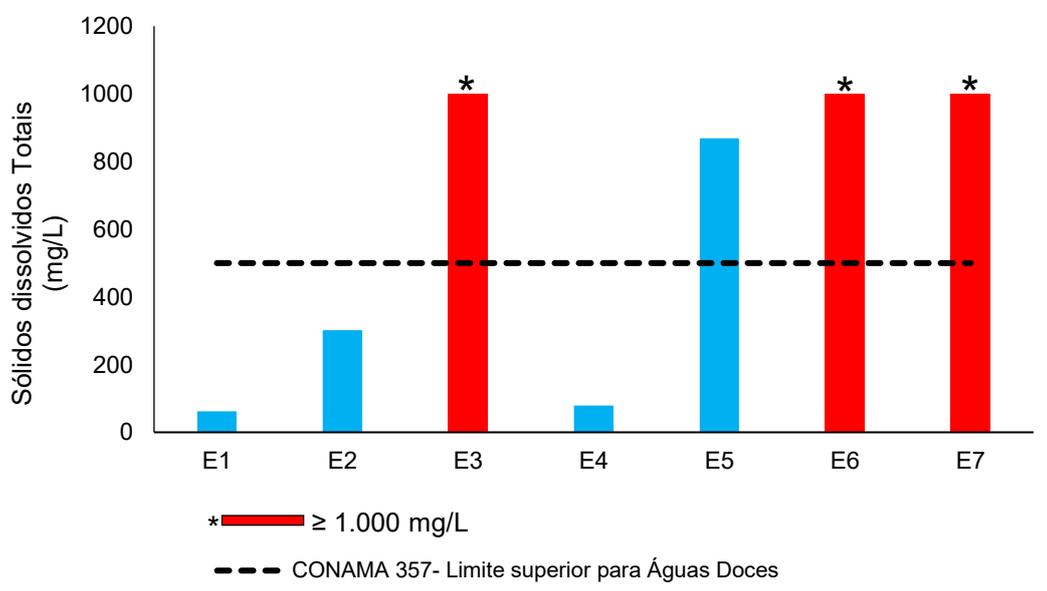
Destaca-se que todas as amostras categorizadas como águas doces (E1 – afluente do rio Iriry, E2 - rio Jundiá e E4 – rio Iriry) apresentaram valores que estão em

conformidade com o valor máximo preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L) (Figura 6-6).

Não há limite de referência para águas salobras e salinas na Resolução CONAMA nº 357/2005 para sólidos dissolvidos totais, impossibilitando a comparação dos pontos E3 (rio das Ostras), E5 (canal das Corujas), E6 (rio das Ostras) e E7 (foz do rio das Ostras) com a normativa supracitada. Entretanto, nota-se uma alta concentração desse parâmetro nas estações amostrais supracitadas, corroborando os resultados obtidos de condutividade. Diante disso, sugere-se que além das atividades antrópicas, outros fatores ambientais, como a ação de ventos e marés, possam ter favorecido a movimentação de massas e propiciado o incremento de sólidos dissolvidos no sistema.

Salienta-se que, por conta do valor elevado de sólidos dissolvidos totais nas amostras dos pontos E3 (20.812,4 mg/L), E6 (29.484,7 mg/L) e E7 (31.185 mg/L) e, a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados, ele foi representado, no gráfico, por uma coluna vermelha com um asterisco (*) acima (≥ 1.000 mg/L).

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



6.1.7 Turbidez

A turbidez pode ser definida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão. Logo, em águas turvas, a luz apresentará uma maior dificuldade de passagem. Esse parâmetro é

medido em UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez). As principais influências sobre a turbidez da água são a presença de matérias sólidas em suspensão, como silte e argila, por exemplo, matéria orgânica e inorgânica e organismos microscópicos (por exemplo: zooplâncton, fitoplâncton). Por reduzir a penetração da luz, prejudica o processo de fotossíntese, afetando o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

Ao analisar os resultados de turbidez, observa-se que as águas analisadas no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas (E6) apresentaram o menor resultado dessa variável ambiental, registrando 3,3 UNT, enquanto as águas do ponto E4, no rio Iriry, apresentaram o maior valor de turbidez, registrando 30,1 UNT (Figura 6-7). Portanto, todas as amostras classificadas como águas doces estiveram em conformidade com o limite preconizado na Resolução CONAMA nº357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT). Ressalta-se que para Águas Salobras e Salinas Classe 1 não há valores de referência descritos na normativa supracitada.

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

Em relação aos resultados da campanha anterior (março/2025), quase todas as amostras apresentaram resultados menores de turbidez, com exceção do ponto E5, no qual as águas analisadas mantiveram 19,2 UNT. Esse cenário sugere alguma melhoria na qualidade das águas amostradas. Ao observar os resultados de sólidos totais, vê-se que, de maneira geral, as amostras apresentaram redução na concentração desse parâmetro e, considerando que ele também contabiliza os sólidos em suspensão, isso pode ter contribuído para redução dos resultados de turbidez nessa campanha. Além disso, a partir da análise dos registros fotográficos do ponto E2, situado no rio Jundiá, na penúltima campanha (março/2025) e na atual (Figura 6-8), nota-se que houve uma diminuição considerável de macrófitas, favorecendo a penetração da luz nesse rio. Dessa forma, sugere-se que a redução de turbidez observada, que foi de 65,8 UNT para 9,7 UNT, seja decorrente de tal fato.

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

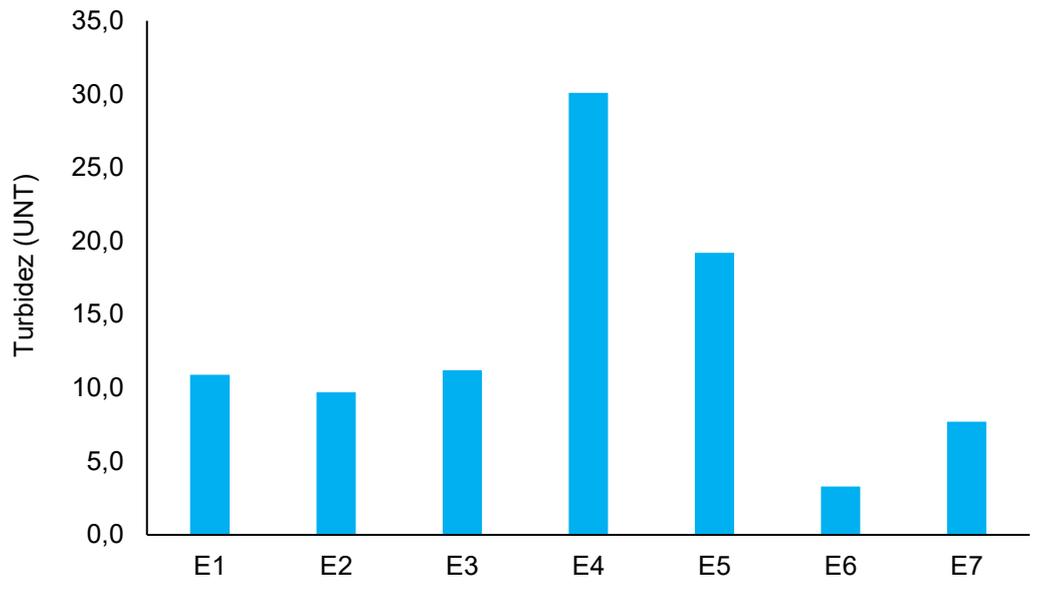
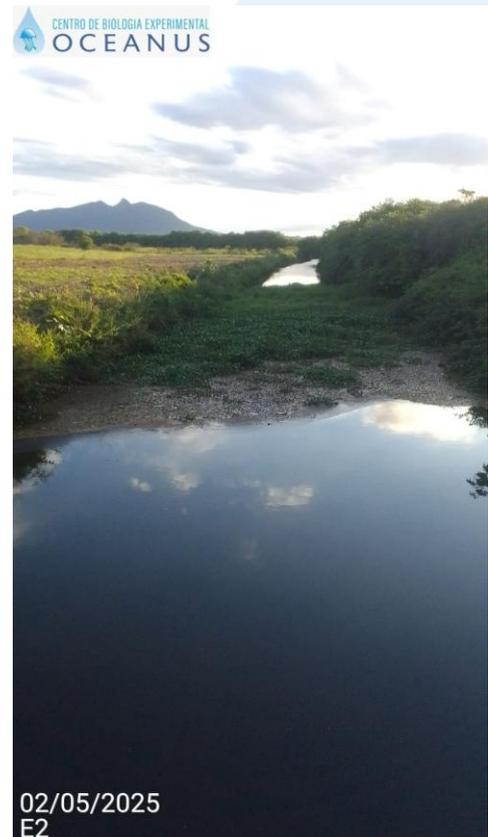


Figura 6-8. Macrófitas no rio Jundiá (E2) em março e maio de 2025.



6.1.8 pH

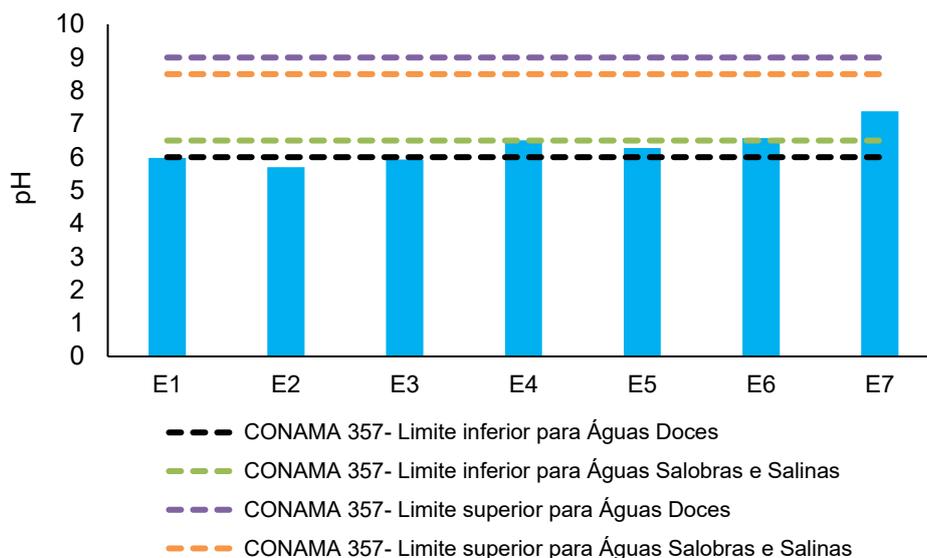
O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da atividade dos íons hidrônio (H^+) dentro de uma solução, sendo esse parâmetro essencial para o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos, tendo em vista seu papel como regulador de diversas atividades bioquímicas de organismos. Diversos fatores podem alterar o pH de ecossistemas aquáticos, desde a composição geológica da bacia, descarga de efluentes industriais e de mineração, composição do lixiviado, até a presença de atividade agropecuária (VON-SPERLING, 2017).

Para esse parâmetro foi observada variação entre 5,70 (E2) nas águas analisadas no rio Jundiá, a montante de seu deságue no rio das Ostras, e 7,38 (E7) no rio das Ostras, a montante da sua foz. Nessa campanha apenas as amostras dos pontos E4 (6,51), no rio Iriry, E6 (6,57) e E7 (7,38), 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 (E4) (pH entre 6 e 9) e Águas Salinas Classe 1 (E6 e E7) (pH entre 6,5 e 8,5). Todas as demais amostras desenquadraram em comparação com a normativa supracitada, apresentando valores de pH abaixo do limite inferior preconizado para Águas Doces Classe 2 (E1 – 5,98 e E2 – 5,70) e para Águas Salobras e Salinas Classe 1 (E3 – 5,93 e E5 – 6,28) (Figura 6-9).

Comparando os dados dessa campanha com os das duas últimas realizadas (janeiro e março de 2025) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), nota-se que, ainda que a maioria das amostras tenha desenquadrado em relação à normativa de referência, os resultados apresentaram notáveis aumentos quando comparados aos valores de pH da campanha de jan./25. Em relação a março, apenas o rio Iriry (E4) e seu afluente (E1) apresentaram resultados melhores. Em janeiro, o afluente do rio Iriry (E1) apresentou um pH de 5,38, em março, 5,71 e na atual campanha, 5,98. Já o rio Iriry (E4) exibiu em janeiro um pH de 5,64, em março, 6,27 e no presente monitoramento, 6,51, estando em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6 e 9). Para os pontos E2 (rio Jundiá), E3 (rio das Ostras), E5 (canal das Corujas), E6 (rio das Ostras) e E7 (foz do rio das Ostras), ao comparar os resultados da atual campanha com os de março/2025, vê-se uma diminuição de pH (E2 - de 6,06 para 5,70; E3 - de 6,91 para 5,93, E5 – de 6,57 para 6,28; E6 – de 7,28 para 6,57 e E7 – de 7,81 para 7,38). Os resultados observados podem estar atrelados às contribuições de água doce e marinha, uma vez que uma contribuição maior de água doce tende a diminuir

o pH, por apresentar menor salinidade (D'AQUINO, 2010), e o rio Jundiá (E2) passou de águas salobras em março, para águas doces em maio, o rio das Ostras no ponto E3 e o canal das Corujas (E5), passaram de águas salinas para águas salobras, e os pontos E6 e E7, apesar de terem apresentado águas salinas nas duas campanhas, exibiram maior salinidade em março.

Figura 6-9. Resultados de pH da campanha realizada em maio de 2025.



Quadro 6-2. Variação dos resultados de pH nas campanhas de jan., mar. e maio de 2025.

Pontos amostrais		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
pH	Janeiro	5,38	3,20	6,58	5,64	4,91	5,83	7,44
	Março	5,71	6,06	6,91	6,27	6,57	7,28	7,81
	Maio	5,98	5,70	5,93	6,51	6,28	6,57	7,38

6.1.9 Oxigênio dissolvido

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

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

Com relação aos resultados detectados de OD, observou-se que os valores desse parâmetro apresentaram variação de 1,12 mg/L nas águas analisadas em E1, no afluente do rio Iriry, a 6,80 mg/L no ponto E7, localizado na foz do rio das Ostras. De acordo com os valores registrados, quase todas as amostras apresentaram concentrações abaixo do respectivo valor indicado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L) (E1, E2 e E4), Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L) (E3 e E5) e Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L) (E6), com exceção das águas analisadas na foz do rio das Ostras (E7) que estiveram acima do limite estabelecido na normativa de referência para Águas Salinas Classe 1 (Figura 6-10).

Os resultados encontrados reforçam a carga elevada de matéria orgânica nas águas nos diferentes corpos hídricos monitorados e revelam a necessidade de ações urgentes para a melhoria da qualidade hídrica, considerando que cinco dos sete pontos de monitoramento apresentaram OD na faixa de 1 a 3 mg/L. Dentre estes, é possível destacar ainda valores extremamente baixos, como o afluente do rio Iriry (E1) chegando a 1,12 mg/L, o canal das Corujas (E5) a 1,28 mg/L e o rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3) chegando a 1,91 mg/L. Cabe destacar que resultados de OD inferiores a 2 mg/L caracterizam uma condição de hipoxia, que pode culminar na morte de peixes e gerar um desequilíbrio de forma generalizada na comunidade aquática (CETESB, 2023).

Ademais nota-se que a questão da baixa oxigenação das águas amostradas é histórica, uma vez que dados desse mesmo projeto de janeiro e março de 2023 já exibiam concentrações de OD baixíssimas nas estações analisadas. Em janeiro de 2023 os resultados de OD variaram entre menor que o limite de quantificação do método analítico (<0,1 mg/L) no rio Iriry (E4) e 3,87 mg/L no rio das Ostras (E7), já em março de 2023 a variação observada foi de 1,4 mg/L na estação E1 a 6,0 mg/L em E7 (CBH MACAÉ OSTRAS, 2023). Ao comparar os dados atuais com os de coletas mais recentes, como as de janeiro e março de 2025, vê-se que a situação de degradação das águas analisadas perdura ao longo dos anos, uma vez que, em janeiro, a variação de OD observada foi de 0,97 mg/L no rio Iriry (E4) a 5,76 mg/L na foz do rio das Ostras (E7) e em março os resultados variaram entre 1,15 mg/L no afluente do rio Iriry (E1) e 6,30 mg/L na foz do rio das Ostras (E7). Considerando que as coletas são realizadas em maré de sizígia, os resultados mais altos de OD em E7, quando comparados aos demais pontos amostrais,

provavelmente são decorrentes da localização deste ponto em uma área de entrada estuarina. Essa região possui uma maior circulação das águas, o que gera correnteza, contribuindo com a aeração natural das águas amostradas. De acordo com o estudo de Von-Ahn e Pereira Filho (2015), realizado no estuário do rio Itajaí-Açu/SC, correntezas geram uma maior oxigenação nas águas. Além disso, o trabalho de Quinelato et al. (2021) no estuário do rio Caraíva/BA, corrobora a hipótese sugerida, já que os autores observaram maiores valores de OD durante a maré alta.

A região do entorno do afluente do rio Iriry (E1), do canal das Corujas (E5) e do rio das Ostras, logo a jusante da confluência dos rios Iriry e Jundiá (E3), pode ter relação com os baixos níveis de OD registrados (1,12 mg/L, 1,28 mg/L e 1,91 mg/L respectivamente), os únicos abaixo de 2 mg/L.

A região do entorno do rio Iriry é uma zona rural e nas proximidades dessa região, na qual se encontram dois pontos amostrais do presente monitoramento (E1 – rio Iriry e E4 – afluente do rio Iriry), há um aterro sanitário municipal. Esse aterro foi interdito em 2019 pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) devido a um vazamento de chorume e outras irregularidades que geraram contaminação do lençol freático (JARDIM, 2020; NOTÍCIAS MACAÉ, 2019). Conforme o estabelecido no edital publicado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Rio das Ostras (2024) e detalhado por Lanza et al. (2010), a produção de chorume no aterro continua acontecendo por um período de 10 anos após seu encerramento e por isso deve ser monitorado. Diante desse cenário, sugere-se um aporte de matéria orgânica advinda tanto de uma possível contaminação por chorume, que pode ter alcançado as águas analisadas, quanto de atividades agropecuárias da região, gerando uma alta DBO (conforme será abordado mais adiante) e consequentemente, baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

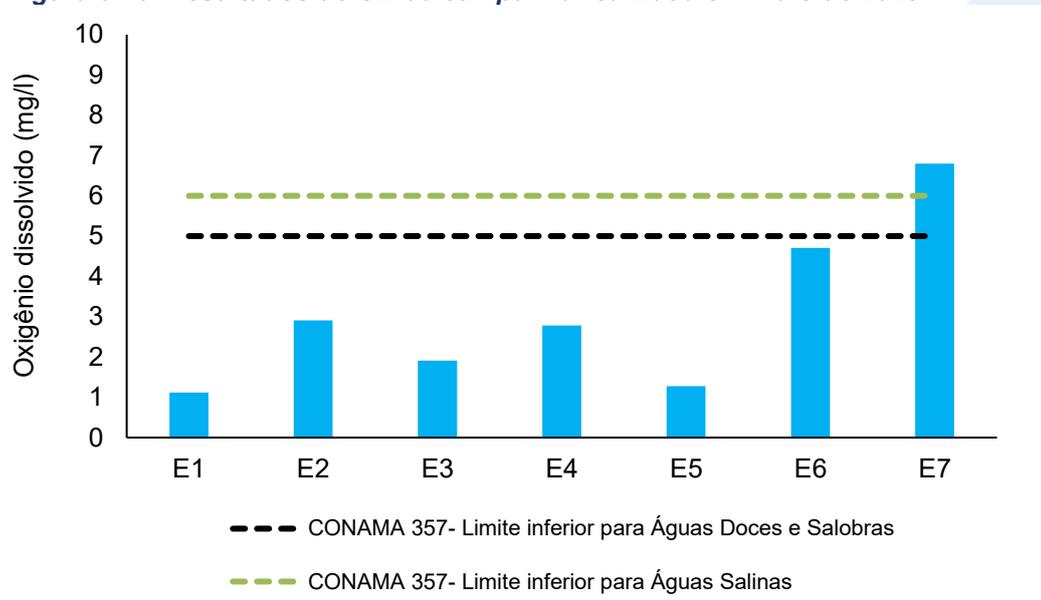
Em relação ao canal das Corujas (E5), estação amostral que exibiu o segundo menor resultado de oxigênio dissolvido (1,28 mg/L), trabalhos como o de Jardim (2020) afirmam que este canal é um dos principais causadores da poluição das águas do rio das Ostras, fato corroborado com os resultados do presente monitoramento.

O ponto E3, no rio das Ostras, situado logo após o encontro dos rios Iriry (E4), que recebe influência do seu afluente (E1), e Jundiá (E2), exibiu a terceira menor concentração de OD da atual campanha, registrando 1,91 mg/L. Além das condições ruins supracitadas sobre as águas região do entorno do rio Iriry (E4) e de seu afluente (E1), um estudo realizado por Regina e colaboradores (2021) na bacia hidrográfica do rio das Ostras, que contém um ponto de coleta próximo à estação E2 do presente monitoramento ambiental,

indicou que o rio Jundiá recebe o lançamento de águas residuais sem tratamento, pois é uma área afetada por invasões e processos de favelização, com o descarte de efluentes diretamente no rio. Diante disso, supõe-se que as condições de degradação das águas dos rios Jundiá (E2), Iriry (E4) e de seu afluente (E1) podem estar sendo levadas para E3 (rio das Ostras).

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

Figura 6-10. Resultados de OD da campanha realizada em maio de 2025.



6.1.10 DBO

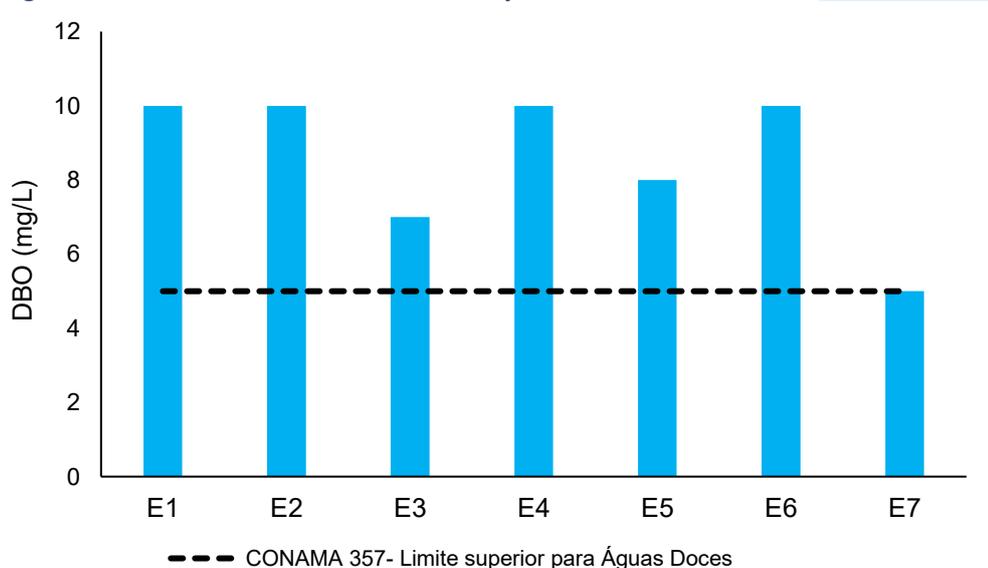
A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na degradação de compostos orgânicos. Sob a ótica da qualidade da água, a DBO é uma importante variável indicadora de poluição por resíduos orgânicos, uma vez que quanto maior a DBO (i.e., mais compostos orgânicos a serem degradados), menor será a disponibilidade de oxigênio para seres vivos como peixes, organismos zooplanctônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2014).

No que se refere à DBO, foram identificados valores entre 5 mg/L, na amostra do ponto E7, situado na foz do rio das Ostras, a 10 mg/L, nas águas analisadas nos pontos

E1, E2, E4 e E6, localizados no afluente do rio Iriry (E1) e nele próprio (E4), no rio Jundiá (E2) e no rio das Ostras, a jusante do canal das Corujas (E5) (Figura 6-11). Os resultados encontrados reforçam a relação inversamente proporcional entre DBO e OD, uma vez que a maioria das amostras apresentaram baixos valores de OD e elevadas concentrações de DBO.

Todas as amostras classificadas como águas doces (E1, afluente do rio Iriry - 10 mg/L; E2, rio Jundiá - 10 mg/L e E4, rio Iriry - 10 mg/L) apresentaram valores acima do limite máximo estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (5 mg/L). Vale salientar que não há limite estabelecido na legislação de referência para Águas Salobras Classe 1 e Salinas Classe 1, não sendo possível comparar os resultados das demais estações amostrais. Além disso, os valores elevados de DBO e as baixas concentrações de OD sugerem o aporte de efluentes sem tratamento (CETESB, 2018) nas águas analisadas nas distintas estações amostrais.

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



6.1.11 Fósforo total

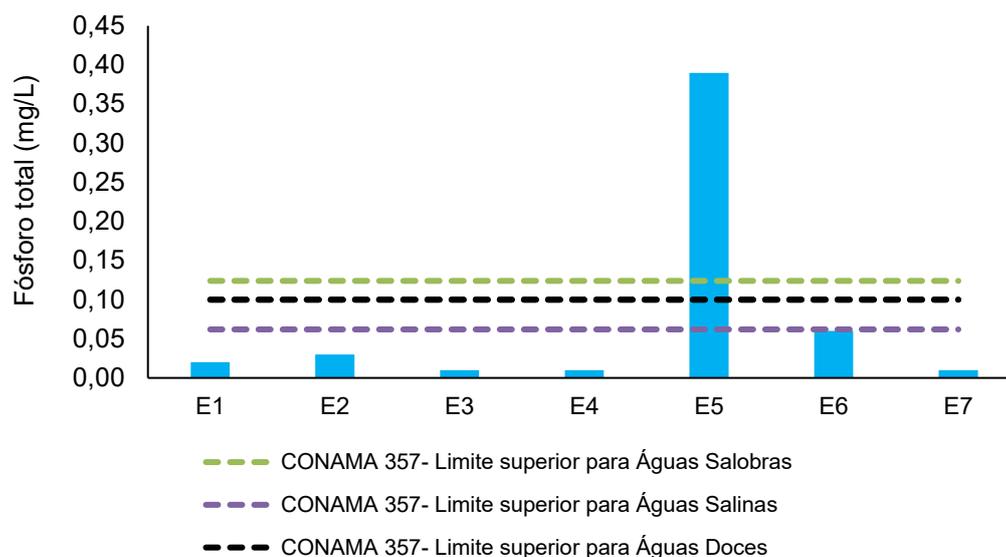
O fósforo é um nutriente que ocorre naturalmente nas águas, entretanto, altas concentrações de fósforo podem indicar aporte de esgoto e matéria orgânica para o ambiente. As principais fontes desse elemento são matéria orgânica fecal e detergentes;

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

Quanto ao fósforo total, a variação desse parâmetro foi de $<0,01$ mg/L, nas amostras dos pontos E3 (rio das Ostras) e E7 (foz do rio das Ostras) a 0,39 mg/L, nas águas analisadas em E5 (canal das Corujas). Quase 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, E2 e E4), Águas Salobras Classe 1 (0,124 mg/L) (E3) e Águas Salinas Classe 1 (0,062 mg/L) (E6 e E7), com exceção da amostra do canal da Coruja (E5), a qual exibiu 0,39 mg/L de fósforo total, estando acima do limite estabelecido na normativa de referência para Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-12).

Ao comparar os resultados da atual campanha com os de março de 2025 nota-se que a maioria das amostras exibiu redução na concentração de fósforo total. A exceção registrada foi nas águas do canal da Coruja (E5) que tiveram um aumento considerável, saindo de um resultado $<0,01$ mg/L em março para 0,39 mg/L em maio. Considerando que altas concentrações desse nutriente indicam o aporte de esgoto e matéria orgânica no ambiente, sugere-se que o excesso de fósforo total seja advindo de uma entrada considerável de efluentes não tratados nesse corpo hídrico em razão da localização da estação amostral em área urbanizada e com domicílios que lançam esgoto diretamente no canal (PRIOSTE, 2007).

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



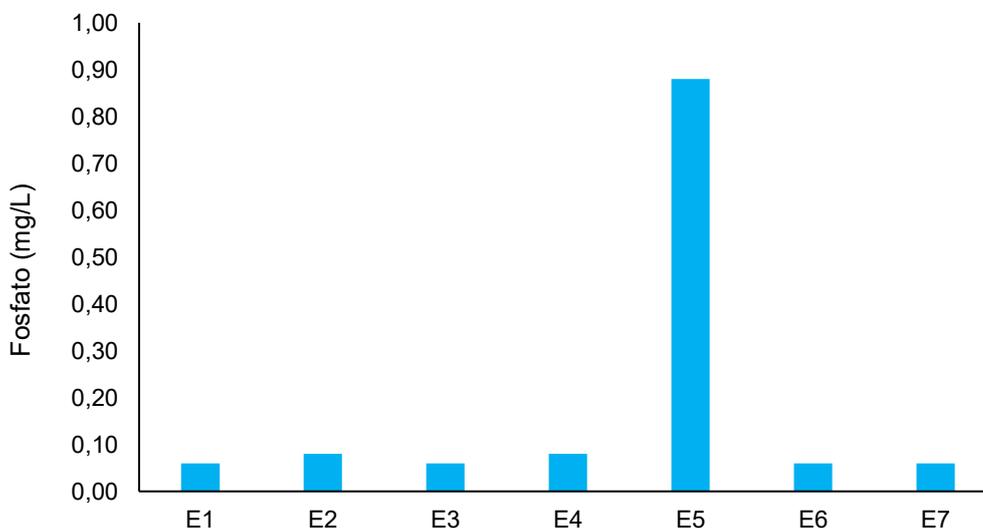
6.1.12 Fosfato

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

Em relação ao fosfato, os resultados variaram de <0,06 mg/L nos pontos E1 (afluente do rio Iriry), E3 (rio das Ostras, após o encontro dos rios Iriry e Jundiá), E6 (rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas) e E7 (foz do rio das Ostras) a 0,88 em E5 (canal das Corujas) (Figura 6-13). Em relação às campanhas anteriores, a campanha atual apresentou um aumento na concentração desse nutriente, haja vista que em janeiro não foram detectadas concentrações de fosfato em todas as amostras e em março todos os resultados foram <0,06 mg/L. Assim como o observado em fósforo total (Figura 6-12), a concentração mais alta também foi registrada no canal das Corujas e, de maneira geral, os resultados são indicativos de contaminação das águas analisadas pelo descarte de efluentes sem tratamento.

É importante mencionar que na Resolução CONAMA nº 357/2005 não há valores de referência para fosfato.

Figura 6-13. Resultados de fosfato da campanha realizada em maio de 2025.



6.1.13 Nitrogênio total

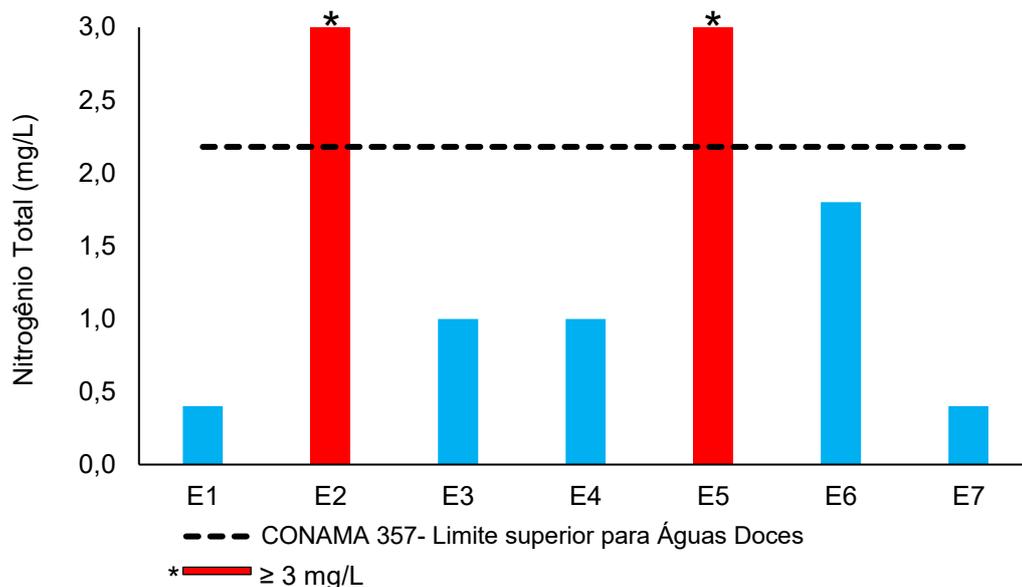
As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal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

Acerca dos valores de nitrogênio total, foi observada uma variação de 0,4 mg/L nas águas do afluente do rio Iriry (E1) e no rio das Ostras, a montante da foz (E7), a 7,5 mg/L no canal das Corujas (E5) (Figura 6-14). Salienta-se que, por conta dos valores elevados de nitrogênio total nas amostras dos pontos E2 (3,2 mg/L) e E5 (7,5 mg/L), situados no rio Jundiá e no canal das Corujas, e a fim de obter-se uma melhor visualização dos resultados, todos os valores iguais ou maiores que 3 mg/L foram representados, no gráfico, por uma coluna vermelha com um asterisco (*) acima (≥ 3 mg/L).

No que tange à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, verifica-se que dentre as amostras classificadas como águas doces (E1, E2 e E4), o afluente do rio Iriry (E1) e ele próprio (E4) apresentaram concentrações em conformidade com o preconizado pela legislação supracitada para Águas Doces Classe 2 em ambientes lóticos (2,18 mg/L), enquanto o rio Jundiá (E2) apresentou resultado de 3,2 mg/L, estando acima da normativa de referência. As demais amostras foram categorizadas como salobras (E3 e E5) e salinas (E6 e E7) e não há limites estabelecidos, na legislação de referência, para Águas Salobras Classe 1 e Salinas Classe 1.

Apesar de não ter limite estabelecido na normativa de referência para águas salobras, o ponto E5, referente ao canal das Corujas, requer muita atenção por ter apresentado um pico de nitrogênio total que destoou de todos os outros e foi o maior observado em comparação às duas últimas campanhas (janeiro e março). O elevado nível de nitrogênio total junto com as concentrações dos demais nutrientes previamente mencionados, como fosfato e fósforo total, sugerem a ocorrência de eutrofização (CETESB, 2018). Cenários de eutrofização impulsionam o crescimento exacerbado de algas e macrófitas aquáticas, como o observado no rio Jundiá (E2), que possui histórico de poluição (ZANETTI, 2024) e também apresentou alta concentração de nitrogênio total (3,2 mg/L). 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 reduzirem os níveis de oxigênio dissolvido (1,28 mg/L no canal das Corujas), provocando a mortalidade de organismos aquáticos (FIGUEIRÊDO et al., 2007; MORAES, 2009; COSTA et al., 2021).

Figura 6-14. Resultados de nitrogênio total da campanha realizada em maio 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.

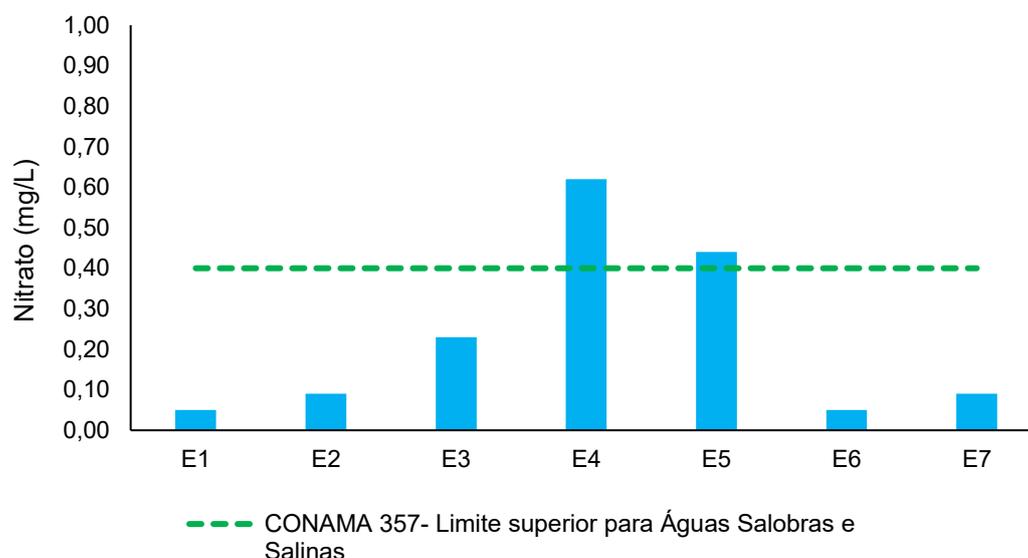
Em relação ao nitrato, a variação de resultados foi de <0,05 mg/L nas águas analisadas em E1 (afluente do rio Iriry) e E6 (rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas) a 0,62 mg/L nas águas analisadas em E4 (rio Iriry).

Quando equiparadas aos limites descritos na Resolução CONAMA nº 357/2005, nota-se que quase todas as amostras apresentaram concentrações em conformidade com os limites para Águas Doces Classe 2 (10,00 mg/L) (E1, E2 e E4) e Águas Salobras (E3) e Salinas (E6 e E7) Classe 1 (0,40 mg/L) (Figura 6-15). A exceção foi a estação amostral

E5, situada no canal das Corujas, que exibiu 0,44 mg/L, ultrapassando ligeiramente o limite de 0,4 mg/L estabelecido na normativa de referência para Águas Salobras Classe 1.

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

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



6.1.15 Coliformes termotolerantes

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

No que se refere a essa variável microbiológica, nota-se uma variação de 4,5 NMP/100mL nas águas analisadas em E2, no rio Jundiá, a >1.600,0 NMP/100mL nas águas analisadas em E5, no canal das Corujas (Figura 6-16).

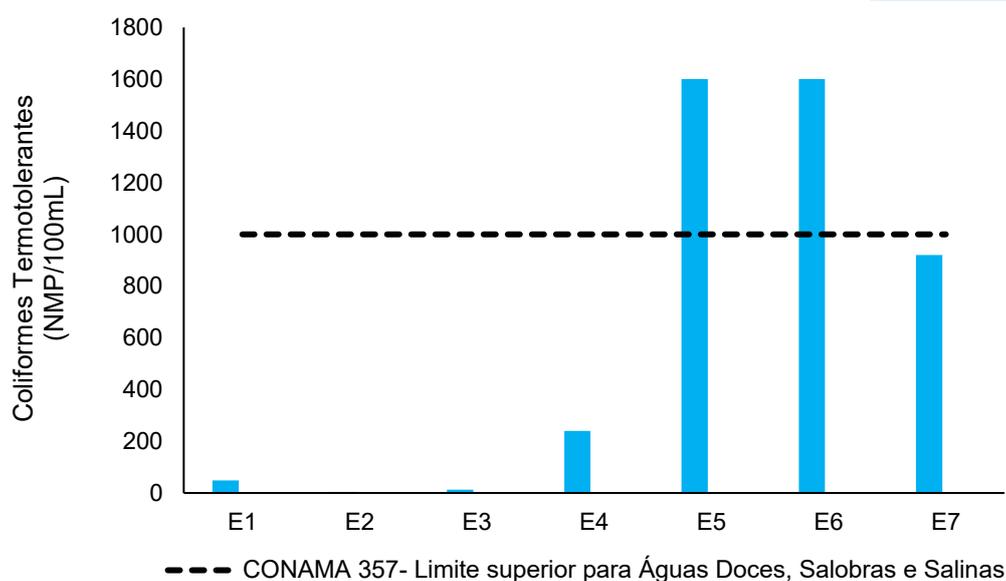
Diante dos resultados obtidos para coliformes termotolerantes, nota-se que apenas as amostras de E5 (canal das Corujas) e E6 (rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas) apresentaram valores acima do estabelecido pela Resolução CONAMA

nº 357/2005 para Águas Salobras (E5) e Salinas Classe 1 (E6) (1.000 NMP/100mL). As demais amostras analisadas exibiram valores em consonância com a normativa de referência.

Os resultados registrados sugerem que a carga de efluentes sanitários não tratados lançada no canal das Corujas (E5) está sendo levada para os pontos E6, situado no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas e E7, localizado na foz do rio das Ostras, os quais também apresentaram resultados elevados para essa variável microbiológica com 1.600,0 NMP/100 mL e 920,0 NMP/100mL respectivamente.

Por outro lado, a diminuição de coliformes observada nas estações localizadas em áreas mais interiores da Bacia do Rio das Ostras (E4, E1, E2 e E3) pode ser decorrente da precipitação, que teria provocado a diluição pontual da carga microbiológica nas águas amostradas.

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



7 Diagnóstico da atual campanha

No que se refere à caracterização da área de estudo quanto à salinidade, é possível evidenciar, de maneira geral, resultados decrescentes partindo da foz ao interior do continente, conforme a localização dos pontos (Figura 5-1). A variação de salinidade encontrada nas diferentes estações amostrais confirma que o estuário do rio das Ostras sofre influência das marés, que adentram as regiões mais interiores do rio por meio do regime de micromarés, e que podem chegar cerca de 6 km para o interior do continente em períodos com menor precipitação e a depender do volume dos rios (BARROSO; MOLISANI, 2019). Quanto a diferença de salinidade observada entre as estações amostrais E5 (canal das Corujas) e E3 (rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá), a qual sofreu uma influência salina bem maior, sugere-se que ela pode estar relacionada à vazão. Segundo Prioste (2007), o canal das Corujas era uma planície embrejada e em seu centro foi aberto um canal artificial. Portanto, tendo em vista que esse canal tem função de drenagem urbana e que nos 15 dias que antecederam a coleta, incluindo o dia de amostragem, o acúmulo pluviométrico foi alto, a vazão pode ter contribuído para uma menor influência salina nesse ponto.

Ademais, foi verificado que os valores mais elevados reportados para salinidade, condutividade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, pH e OD ocorreram na amostra de E7, ponto situado no encontro da foz do rio com o mar. Há uma relação estreita entre tais variáveis, uma vez que a condutividade é diretamente influenciada pela presença de sólidos dissolvidos totais, os quais refletem a concentração de substâncias como íons na água e influencia os resultados de salinidade. O pH, por sua vez, pode afetar a solubilidade e a precipitação de material particulado, íons e sais, influenciando indiretamente 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 (CBH MACAÉ OSTRAS, 2023).

Em relação à turbidez, todos os resultados registrados estiveram muito abaixo do limite preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT) e quase todos foram menores que os registrados na campanha anterior (março/2025). Esse cenário pode ter relação com os resultados de sólidos totais que, de maneira geral, também apresentaram redução quando comparados aos da campanha anterior. Duas estações amostrais que exibiram diminuições expressiva nos valores de turbidez foram E1, situada no afluente do rio Iriry e E2, localizada no rio Jundiá. Em março

a amostra do afluente do rio Iriry (E1) registrou 93,5 UNT e nessa campanha 10,9 UNT. Já o ponto E2, no rio Jundiá, exibiu 65,8 UNT em março e 9,7 em maio (atual campanha). Sugere-se que a redução de turbidez observada no rio Jundiá seja decorrente da redução de macrófitas (Figura 6-8). Dessa forma, os resultados desse monitoramento indicam uma melhoria na qualidade da água em relação aos materiais em suspensão e consequentemente em relação a turbidez.

O oxigênio dissolvido requer bastante atenção por ser um dos parâmetros mais importantes para diagnosticar a qualidade da água em rios, sendo um excelente indicativo de poluição. Esse parâmetro vem apresentando um histórico de baixas concentrações em campanhas anteriores (CBH MACAÉ OSTRAS, 2023; OMER, 2020). A exceção desse cenário é o ponto E7, localizado no rio das Ostras, após a área urbana, que por estar em uma região de foz, sofre influência marinha direta, contribuindo para o aumento de OD.

Os resultados de OD reportados na atual campanha indicam o estado de degradação e a carga elevada de matéria orgânica nas águas dos diferentes corpos hídricos monitorados, considerando que quase todas as estações amostrais apresentaram OD na faixa de 1 a 3 mg/L. Cabe ressaltar que as concentrações mais baixas foram registradas no afluente do rio Iriry (E1 – 1,12 mg/L), no canal das Corujas (E5 – 1,28 mg/L) e no rio das Ostras (E3 – 1,91 mg/L) e a região do entorno desses pontos amostrais podem ter relação com esses resultados.

A região do entorno do rio Iriry é uma zona rural e nas proximidades dessa região há um aterro sanitário municipal que foi interditado em 2019 pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) devido a um vazamento de chorume e outras irregularidades que geraram contaminação do lençol freático (JARDIM, 2020; NOTÍCIAS MACAÉ, 2019). Sugere-se um aporte de matéria orgânica advinda tanto de uma possível contaminação por chorume, que pode ter alcançado as águas analisadas, quanto de atividades agropecuárias da região, culminando nos resultados observados (alta DBO -10 mg/L em E1 e E4 e baixas concentrações de OD -1,12 mg/L no afluente do rio Iriry e 2,78 mg/L no próprio rio Iriry).

O canal das Corujas (E5) é conhecido por ser um dos principais causadores da poluição das águas do rio das Ostras (JARDIM, 2020) e conta com o despejo de efluentes de algumas residências diretamente em suas águas (PRIOESTE, 2007), o que explica o fato dele ter sido o único a exibir, no presente monitoramento, resultados de coliformes termotolerantes maiores que o limite de quantificação do método analítico (>1.600 NMP/100mL) e as maiores concentrações de nutrientes das séries fosfatada e

nitrogenada (0,39 mg/L de fósforo total, 0,88 mg/L de fosfato e 7,5 mg/L de nitrogênio total). Em relação ao nitrato, a concentração registrada foi a segunda maior da campanha, com 0,44 mg/L. Esse cenário indica além da contaminação das águas desse corpo hídrico por efluentes sanitários, um quadro de eutrofização pela concentração excessiva de nutrientes, resultando em alta DBO (8 mg/L) e baixo OD (1,28 mg/L).

A baixa concentração de OD registrada no ponto E3, no rio das Ostras, situado logo após o encontro dos rios Iriry (E4), que recebe influência do seu afluente (E1), e Jundiá (E2), está provavelmente sendo advinda da influência trazidas das águas dos rios a montante (Iriry, seu afluente e Jundiá). Além das condições supracitadas sobre a região do entorno do rio Iriry (E4) e de seu afluente (E1), e dos resultados dessa campanha, há estudos que indicam que o rio Jundiá recebe o lançamento de águas residuais sem tratamento, pois é uma área afetada por ocupações espontâneas, com o descarte de efluentes diretamente no rio, o que corrobora com o resultado de nitrogênio total (3,2 mg/L) mensurado nesse corpo hídrico, que foi o segundo maior desse monitoramento, e com a hipótese levantada sobre os impactos dessas estações amostrais estarem afetando E3 (REGINA, 2021).

Ademais, é possível que os valores de OD, nitrogênio total e nitrato observados na região dos rios Iriry e afluentes (E1- 1,12 mg/L de OD; E4 – 2,78 mg/L de OD e 0,62 mg/L de nitrato) e Jundiá (E2 – 2,91 mg/L de OD e 3,2 mg/L de nitrogênio total) tenham uma relação com as atividades agrárias dessa região, já que, de acordo com o relatório do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras (2013), pastagem e pastagem em várzea representam, respectivamente, 64,67% e 4,92% da área do município e circundam a região monitorada (BARROSO; MOLISANI, 2019, BERNINI et al., 2013; CANIVETE, 2019; CBH MACAÉ OSTRAS, 2013).

É importante frisar que existem ocupações espontâneas entre E6 e E7 (ambos localizados no rio das Ostras), como Liberdade e Nova Esperança (GOMES, 2009), e seus resíduos são provavelmente lançados no rio das Ostras, o que pode ter uma relação com os valores elevados de coliformes termotolerantes nas águas analisadas nas estações previamente mencionadas (Figura 6-16).

Em relação ao pH, apesar de apenas três amostras (E4 - 6,51 - rio Iriry; E6 - 6,57 e E7 - 7,38, ambas provenientes do rio das Ostras) terem apresentado resultados em consonância com a Resolução CONAMA nº 357/3005 para Águas Doces Classe 2 pH (pH entre 6 e 9) e Águas Salinas Classe 1 (E6 e E7) (pH entre 6,5 e 8,5), os resultados de alguns pontos, como E1 e E4, situados no afluente do rio Iriry e nele próprio, têm

melhorado. Os demais pontos, E2 (rio Jundiá), E3 (rio das Ostras), E5 (canal das Corujas), E6 (rio das Ostras) e E7 (foz do rio das Ostras), ao comparar os resultados da atual campanha com os de março/2025 (E2 - de 6,06 para 5,70; E3 - de 6,91 para 5,93, E5 - de 6,57 para 6,28; E6 - de 7,28 para 6,57 e E7 - de 7,81 para 7,38), nota-se uma diminuição de pH que pode estar atrelada à menor contribuição marinha, uma vez que uma contribuição maior de águas salinas tende a aumentar o pH (D'AQUINO, 2010). Além disso, o rio Jundiá (E2) passou de águas salobras em março, para águas doces em maio, o rio das Ostras no ponto E3 e o canal das Corujas (E5), passaram de águas salinas para águas salobras, o que pode ter sido causado em razão do aumento da precipitação nos dias que antecederam a coleta, ou pelo aporte de água doce oriundo das ocupações no entorno dos rios. Já os pontos E6 e E7, apesar de terem apresentado águas salinas nas duas campanhas, exibiram maior salinidade em março, o que também pode ser explicado pelas fortes chuvas que antecederam os dias de coleta em maio.

7.1 Análise dos Componentes Principais (PCA)

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

Para comprovar a adequação da PCA efetuada, foi realizado o teste de esfericidade de Bartlett e o teste estatístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O teste de esfericidade 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 é indicado para a realização da análise de dados. Já o teste de KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso o modelo é considerado adequado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1 (OLINTO, 2007; PRADO et al., 2016). Diante dos resultados apresentados na Tabela 7-1, foi constatado que o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valor significativo ($p < 0,05$), enquanto o teste de KMO também exibiu um valor considerado aceitável (0,500), conforme a literatura (WU et al., 2010; AL-MUTAIRI et al., 2014).

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

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,500
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	148
Graus de liberdade	91
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 48,52% e 25,43% da variação dos dados, totalizando 73,95%, que podem ser observados na Figura 7-1.

Com base na Figura 7-1, a distribuição do ponto E5, localizado no canal das Corujas, foi influenciada pelas altas concentrações dos nutrientes das séries fosfatada e nitrogenada, especialmente pelo fósforo total (0,39 mg/L), fosfato (0,88 mg/L) e nitrogênio total (7,5 mg/L), os quais exibiram os maiores resultados do atual monitoramento nas águas desse corpo hídrico. Salienta-se que, em relação ao nitrato, apesar da influência ter sido menor que a dos demais nutrientes, o canal das Corujas apresentou a segunda maior concentração dessa variável ambiental, com 0,44 mg/L. O excesso desses nutrientes resulta no processo de eutrofização, indica o aporte elevado de carga orgânica nas águas amostradas e evidencia a degradação hídrica (CETESB, 2018).

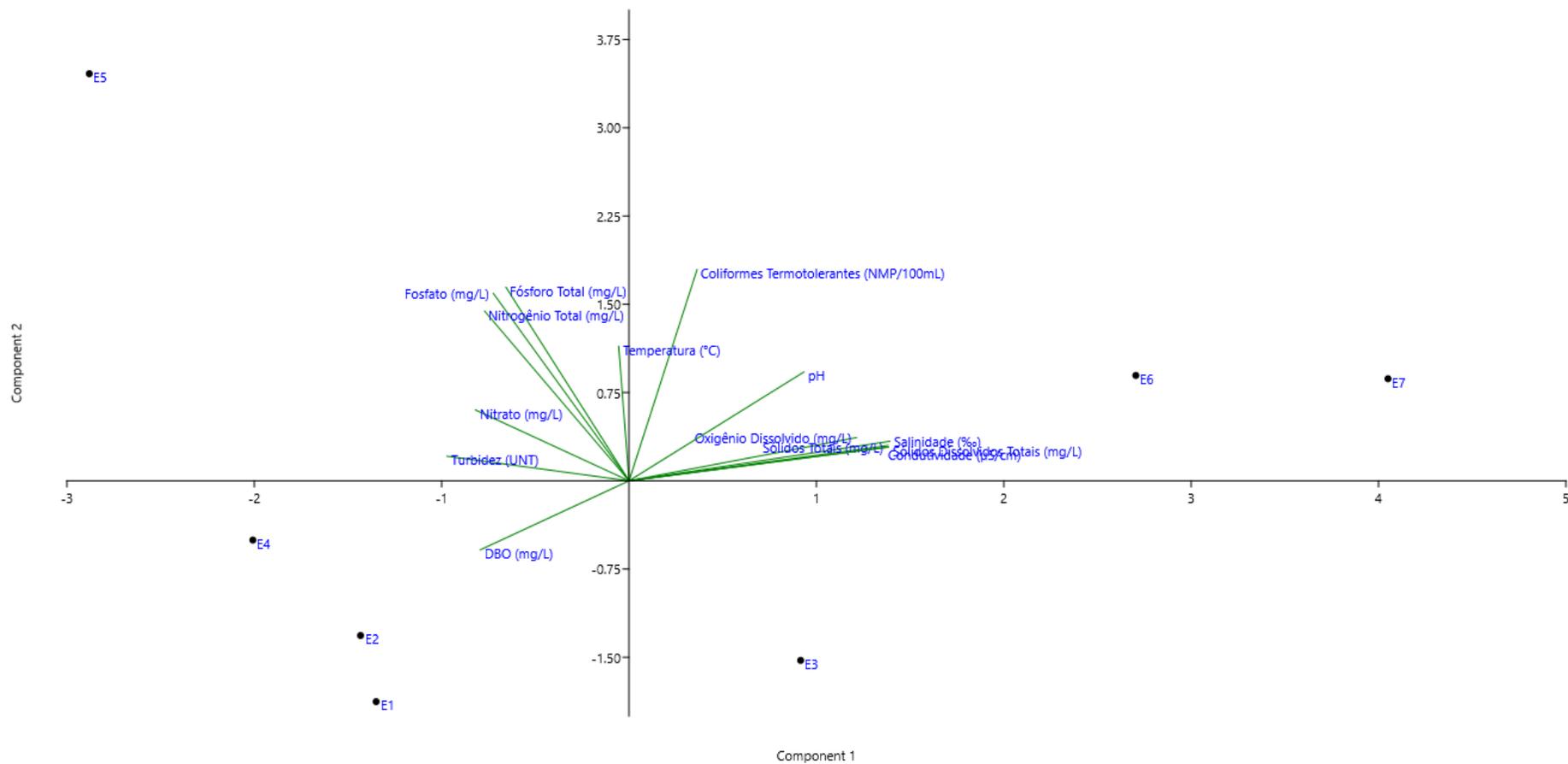
Em contrapartida, nota-se uma influência negativa desses mesmos parâmetros em relação ao ponto E3, localizado no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá. Isso acontece porque as águas de E3 apresentaram resultados menores que o limite de quantificação para fósforo total (<0,01 mg/L), estando em conformidade com o estipulado na Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,124 mg/L) para Águas Salobras Classe 1, e para fosfato (<0,06). Em adição, E3 registrou baixa concentração de nitrogênio total (1,0 mg/L). Para o nitrato o resultado registrado foi de 0,23 mg/L, atendendo ao limite de 0,4 estabelecido na normativa de referência para Águas Salobras Classe 1.

Os pontos E1, E4 e E2 (afluente do rio Iriry, ele próprio e o rio Jundiá) apresentaram proximidade sendo relacionados com vetor de DBO. A distribuição dessas amostras foi influenciada pelas altas concentrações de DBO, com 10 mg/L nos três pontos. Esses resultados indicam o aporte de matéria orgânica nas águas e implicam em uma diminuição do oxigênio dissolvido disponível. Diante disso, nota-se que a distribuição desses pontos também foi influenciada pelas baixas concentrações de OD, que chegou a 1,12 mg/L no afluente do rio Iriry (E1), caracterizando o menor resultado do presente monitoramento,

2,78 mg/L no rio Iriry (E4) e 2,91 mg/L no rio Jundiá (E2). Esse cenário alerta para o risco de hipoxia nas águas analisadas.

É possível notar a influência positiva do pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, salinidade e condutividade em relação aos pontos E6, situado no rio das Ostras, a jusante do canal das Corujas e E7, situado na foz do rio das Ostras. Isso acontece porque as águas analisadas nessas duas estações amostrais foram as únicas classificadas como salinas e os parâmetros físico-químicos têm relação com essa categorização. A salinidade representa a quantificação do total de substâncias dissolvidas na água do mar, então ela está relacionada aos parâmetros sólidos totais e sólidos dissolvidos totais (LIBES, 2009). O mesmo acontece para condutividade, já que ela é um indicativo da quantidade de sais presentes na coluna d'água (CETESB, 2008). Além disso, uma maior contribuição de água marinha tende a aumentar o pH, por apresentar maior salinidade (D'AQUINO, 2010) e os pontos E6 e E7 são os que recebem uma maior influência da intrusão salina. Essa maior influência marinha favorece a circulação de suas águas e conseqüentemente, uma melhor qualidade delas, hipótese corroborada com os resultados de oxigênio dissolvido, que foram maiores nesses pontos (E6 – 4,71 mg/L e E7 – 6,80 mg/L). Portanto, E6 e E7 registraram, naturalmente, concentrações maiores, quando comparados aos demais pontos amostrais, para todos os parâmetros supracitados. Em se tratando das altas concentrações de coliformes termotolerantes registradas nessas estações, sugere-se que sejam advindas de ocupações espontâneas do entorno da região, como Nova Esperança e Liberdade (GOMES, 2009).

Figura 7-1. Resultado da análise dos componentes principais referente as análises realizadas em maio/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 coluna, apresentada na Tabela 7-2, abrange, para a avaliação do IQA_{CETESB}, os seguintes parâmetros: coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio total, OD, pH, sólidos totais, temperatura e turbidez. Já na segunda coluna, para a realização do cálculo do IQA_{NSF}, foram utilizadas as seguintes variáveis ambientais: coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, nitrato, OD, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez. Apesar dos valores terem apresentado pouca diferença entre os métodos analisados, a análise geral dos resultados torna evidente a maior restrição das faixas de classificação do IQA_{NSF}, haja vista que enquanto no IQA_{CETESB} quase todas as amostras, com exceção de E5, foram categorizadas como boas, no IQA_{NSF} essas mesmas amostras foram categorizadas como médias.

No que se refere ao IQA_{CETESB}, o menor valor calculado foi 35,28, no canal das Corujas (E5), e o maior valor foi 61,69, na foz do rio das Ostras (E7) (Tabela 7-2). Para o IQA_{NSF}, o menor resultado também foi observado em E5, no canal das Corujas (34,81), e o maior em E2, no rio Jundiá (62,04), ainda assim, esse valor muito está muito próximo ao encontrado para o ponto E7 (60,70), o que coincide com o resultado encontrado pelo método IQA_{CETESB}. Nos dois cálculos de IQA, as águas do canal das Corujas (E5) foram categorizadas como ruim, o que evidencia a degradação de suas águas devido ao excesso de nutrientes fosfatados e nitrogenados (Figura 6-12, Figura 6-13, Figura 6-14 e Figura 6-15), a alta concentração de coliformes termotolerantes (Figura 6-16), a alta DBO (Figura 6-11) e a baixa disponibilidade de OD (Figura 6-10). Em relação a amostra de melhor resultado, a variação observada entre os dois IQA se deu, provavelmente, por conta da diferença entre os parâmetros utilizados, uma vez que tanto no IQA_{CETESB}, quanto no IQA_{NSF}, as estações amostrais que obtiveram as pontuações mais altas foram as do rio Jundiá (E2) e a da foz do rio das Ostras (E7).

O fato do rio Jundiá (E2) ter apresentado, nos dois IQA, uma das duas melhores pontuações, evidencia as limitações do método e que ele deve servir como uma análise complementar, considerando que essa estação amostral é notadamente conhecida por seu nível de assoreamento e poluição (ZANETTI, 2024). Essas pontuações foram provavelmente decorrentes dos resultados dos parâmetros de maior peso nos cálculos de ambos IQA (OD e coliformes termotolerantes). Embora a disponibilidade de oxigênio

dissolvido tenha sido crítica no decurso de todo monitoramento, maio/25 apresentou a maior concentração do 3º ano, com 2,91 mg/L. Em relação aos coliformes termotolerantes, o menor resultado também foi observado nessa campanha, com 4,5 NMP/100 mL. Cabe ressaltar que os resultados apresentados não devem ser interpretados como indicativos de boa qualidade da água, sendo imprescindível a avaliação integrada dos parâmetros analisados para o diagnóstico adequado da qualidade dos corpos hídricos amostrados. O mesmo pontuado para o rio Jundiá em relação a limitação do método do IQA também se aplica para os demais resultados do IQA_{CETESB}, uma vez que amostras com concentrações de oxigênio dissolvido extremamente baixas, como E1 (afluente do rio Iriry - 1,12 mg/L), E2 (rio Jundiá - 2,91 mg/L), E3 (rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá - 1,91 mg/L), E4 (rio Iriry - 2,78 mg/L) e E6 (rio das Ostras, a jusante do canal das Corujas - 4,71 mg/L), foram categorizadas como boas.

Ao comparar todos os resultados de IQA, de ambos os métodos, obtidos na atual campanha e nas duas anteriores (janeiro e março), há algumas diferenças notáveis. Considerando a campanha de jan./25, as diferenças em torno de 10 pontos foram registradas nas estações E2 (rio Jundiá), E4 (rio Iriry), E5 (canal das Corujas) e E6 (rio das Ostras a montante da foz do canal das Corujas), o que resultou em faixas de categorização distintas. Supõe-se que a diferença observada seja decorrente do aumento da concentração de OD em E2, E4 e E6, e diminuição em E5, além do considerável aumento da concentração de nutrientes no canal das Corujas (Tabela 7-3 e Tabela 7-4). Já tendo como enfoque a campanha de mar./25, as diferenças de pontuação superiores a 10 pontos foram observadas no afluente do rio Iriry (E1), no rio Jundiá (E2) e no canal das Corujas (E5), o que também culminou em faixas de categorização distintas. Sugere-se que essas diferenças sejam advindas da diminuição de coliformes em E1 e E2, e aos mesmos fatores identificados em jan./25 para E5. Salienta-se que o canal das Corujas sempre foi classificado como ruim no IQA_{NSF}, mesmo com pontuações notadamente distintas entre as campanhas.

De acordo com os boletins disponibilizados no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os dados pretéritos do IQA médio anual, obtidos nas análises realizadas entre 2013 até 2024, apresentaram como resultado oito classificações ruins e três médias (INEA, 2024). Tendo como base o monitoramento realizado pelo órgão ambiental e os resultados do presente estudo, apenas a estação amostral E7 se aproxima com o ponto de coleta RO015, descrito nos relatórios consolidados do INEA da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras. Na campanha de maio de 2025, o IQA_{NSF} da amostra de E7 foi

categorizado como médio, assim como nas campanhas de setembro e novembro de 2024 e janeiro e março de 2025, o que mostra que o padrão de melhoria na qualidade das águas está se mantendo, uma vez que nas campanhas de dez./23, fev./24 e abr./24 elas foram classificadas como ruins. Esse padrão de melhoria também é observado no boletim do IQA médio anual da RH VIII Macaé e das Ostras disponibilizado pelo INEA, uma vez que em 2023 a classificação para o ponto RO015 era ruim e em 2024 passou a ser média (INEA, 2024).

Tabela 7-2. Resultados do IQA em cada estação amostral da campanha realizada no mês de maio de 2025. IQA_{CETESB}: verde = boa; vermelho= ruim; IQA_{NSF}: amarelo = média; laranja = ruim.

Estação	Localização	IQA _{CETESB}	IQA _{NSF}
E1	Afluente do rio Iriry	51,18	50,68
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	60,68	62,04
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	51,46	51,81
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	57,18	55,96
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	35,28	34,81
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	55,50	56,17
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	61,69	60,70
Intervalo de Valores de IQA _{CETESB}	79 < IQA ≤ 100 51 < IQA ≤ 79 36 < IQA ≤ 51	19 < IQA ≤ 36	IQA ≤ 19
Intervalo de Valores de IQA _{NSF}	100 ≥ IQA ≥ 90 90 > IQA ≥ 70 70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas	Águas impróprias	

Tabela 7-3. Resultados do IQA_{CETESB} de jan./25, mar./25 e maio/25 com destaque para os valores dos parâmetros que provocaram as maiores diferenças de pontuação observadas.

Estação	Localização	IQA Jan./25		IQA Mar./25		IQA Maio/25	
E1	Afluentes do rio Iriry	45,98	-	35,18	Coliformes termotolerantes 240 NMP/100mL	51,18	Coliformes termotolerantes 49 NMP/100mL
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	35,54	OD 2,22 mg/L	37,61	Coliformes termotolerantes >1.600 NMP/100mL	60,68	OD 2,91 mg/L Coliformes termotolerantes 4,5 NMP/100mL
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	57	-	47,96	-	51,46	-
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	41,93	OD 0,97 mg/L	59,74	-	57,18	OD 2,78 mg/L
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	44,79	OD 2,03 mg/L Nitrogênio total 1,0 mg/L Fósforo total 0,04 mg/L	49,95	OD 3,10 mg/L Nitrogênio total 0,8 mg/L Fósforo total <0,01 mg/L	35,28	OD 1,28 mg/L Nitrogênio total 7,5 mg/L Fósforo total 0,39 mg/L
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	46,98	OD 2,47 mg/L	53,7	-	55,5	OD 4,71 mg/L
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	59,46	-	61,49	-	61,69	-
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 impróprias			

Pesos das variáveis supracitadas no IQA_{CETESB}: OD – 0,17; Coliformes Termotolerantes – 0,15; Nitrogênio total e Fósforo total – 0,10.

Tabela 7-4. Resultados do IQA_{NSF} de jan./25, mar./25 e maio/25 com destaque para os valores dos parâmetros que provocaram as maiores diferenças de pontuação observadas.

Estação	Localização	IQA Jan/25		IQA Mar/25		IQA Maio/25	
E1	Afluente do rio Iriry	45,82	-	37,86	Coliformes termotolerantes 240 NMP/100mL	50,68	Coliformes termotolerantes 49 NMP/100mL
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	36,74	OD 2,22 mg/L	40,75	Coliformes termotolerantes >1.600 NMP/100mL	62,04	OD 2,91 mg/L Coliformes termotolerantes 4,5 NMP/100mL
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	57,48	-	49,7	-	51,81	-
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	41,66	OD 0,97 mg/L	59,26	-	55,96	OD 2,78 mg/L
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	45,84	OD 2,03 mg/L Nitrato <0,05 mg/L Fosfato N.D	49,48	OD 3,10 mg/L Nitrato 0,08 mg/L Fosfato <0,06 mg/L	34,81	OD 1,28 mg/L Nitrato 0,44 mg/L Fosfato 0,88 mg/L
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	48,26	OD 2,47 mg/L	55,93	-	56,17	OD 4,71 mg/L
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	59,35	-	60,48	-	60,7	-
Intervalo de Valores de IQA	100 ≥ IQA ≥ 90 90 > IQA ≥ 70 70 > IQA ≥ 50			50 > IQA ≥ 25 25 > IQA ≥ 0			
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas			Águas impróprias			

Pesos das variáveis supracitadas no IQA_{CETESB}: OD – 0,17; Coliformes Termotolerantes – 0,16; Nitrato e Fosfato – 0,10.

8 Observações gerais

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

Destaca-se que as águas do canal das Corujas foram as que apresentaram a pior qualidade no presente monitoramento, registrando as maiores concentrações de coliformes termotolerantes, fósforo total, fosfato, nitrogênio total, a segunda maior

concentração de nitrato, DBO e o segundo pior resultado de oxigênio dissolvido. Esse cenário torna evidente a situação de degradação das águas desse corpo hídrico, indica o lançamento de águas residuais no sistema e um quadro de eutrofização pelo excesso de nutrientes das séries fosfatadas e nitrogenadas. Os resultados observados refletiram nas categorizações do IQA, que nos dois cálculos realizados indicaram um IQA ruim para a estação do canal das Corujas (E5).

Além disso, cabe ressaltar também os valores baixos de OD, considerando que resultados menores que 2 mg/L podem levar a uma condição de hipoxia, colocando em risco a biodiversidade local, o abastecimento e regulação fornecidos pelos corpos hídricos e que cinco (E1 a E5) dos sete pontos amostrais apresentaram OD na faixa de 1 a 3 mg/L. Esses baixos resultados foram, provavelmente, advindos da metabolização de matéria orgânica e nutrientes em geral nos corpos hídricos amostrados, resultando nos valores de elevados de DBO. Em um panorama geral, esses resultados reforçam o aporte de águas residuais sem tratamento nos sistemas.

Quando comparamos o presente estudo com as duas últimas campanhas (jan./25 e mar./25), nota-se melhoria em alguns parâmetros, como turbidez e coliformes termotolerantes, e piora em outros, como os nutrientes, especialmente no que diz respeito ao fosfato, uma vez que em janeiro esse parâmetro não foi detectado em todas as amostras e em março todos os resultados foram menores que o LQ (<0,06 mg/L). Na atual campanha três amostras apresentaram resultados quantificáveis para fosfato, com o canal das Corujas (E5) chegando a 0,88 mg/L.

Dessa forma, destaca-se que a continuidade do monitoramento é fundamental e pode permitir a identificação da influência da variação sazonal nos resultados, a confirmação dos padrões já evidenciados nos quase três anos de monitoramento realizado, além da melhor compreensão em relação ao aumento observado em alguns parâmetros. 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. Estes resultados fornecem subsídios necessários aos órgãos responsáveis, com o intuito de mitigar os impactos e auxiliar na tomada de decisões para a sustentabilidade dos corpos hídricos da região estudada.

Referências

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

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

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

ALVARADO, J. J.; AGUILAR, J. F. Batimetría, salinidade, temperatura y oxígeno disuelto em aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, v. 57, p. 19-29, 2009. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000500005. Acesso em 05 jan. 2024.

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

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

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). **ABNT NBR 17025. 2017: Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração**. 2017.

BARROSO, G. C.; MOLISANI, M. M. 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>. Acesso em 05 jan. 2024.

BASHIR, I. 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. Acesso em: 20 ago. 2024.

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

CANIVETE, G. D. R. **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, C. **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.

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

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS (CBH Macaé 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 (CBH Macaé 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.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS (CBH Macaé 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 (CBH Macaé Ostras). **Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade da Bacia do Rio das Ostras (Relatório Técnico Parcial 4)**. 2023. Disponível em: https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2023/07/Relatorio_CILSJ-RO_Oceanus_C2_rev01_jan_mar.pdf. Acesso em: 29 maio 2025

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS (CBH Macaé Ostras). **Bacia Hidrográfica**. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/a-bacia/>. Acesso em: 21. ago. 2024a.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS (CBH Macaé Ostras). **Mapas**. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/mapas/>. Acesso em: 18 set. 2024b.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS (CBH Macaé Ostras). **Monitoramento da Qualidade da Água da Região Hidrográfica VIII (Relatório Técnico Parcial V)**. 2025. Disponível em: <https://comitemacaeostras.org.br/wp->

content/uploads/2025/04/20250408120513_YLTY58Y2PGI_Relatorio_CILSJ-MO_C5_rev02.pdf.
Acesso em: 14 maio 2025.

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.

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

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB); AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Apêndice D - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apendice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas.** São Paulo, 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). **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 DE PLANEJAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS DE PERNAMBUCO (CPRH). **Índices e Indicadores**. Recife: CPRH. Disponível em: <https://www2.cprh.pe.gov.br/monitoramento-ambiental/qualidade-da-agua/bacias-hidrograficas/indices-e-indicadores/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União; Brasília, 2005.

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

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

COSTA, R. S. 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.

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

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

EJIGU, M. T. Overview of water quality modeling. **Cogent Engineering**, v. 8, n. 1, p. 1891711, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1891711>. Acesso em: 18 ago. 2024.

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

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

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

FIGUEIRÊDO, M. C. B. 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, M. L. M. 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, K.; SANDANIELO; V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. 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.

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

INSTITUTO ESTADUAL DO 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-Methodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>. Acesso em 31 mai. 2023

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

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

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **IQA Médio: RH VIII - Macaé e das Ostras**. Rio de Janeiro: INEA, 2024. Disponível em: https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2025/04/INEA-IQA-M%C3%A9dia-ERJ-2012-2024_RH-VIII.pdf. Acesso em: 03 jun. 2025.

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, M. E. T. **Planejamento ambiental e a Gestão de recursos hídricos: um estudo na bacia hidrográfica do Rio das Ostras, município de Rio das Ostras/RJ**. 2020. 128f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.btd.uerj.br/handle/1/18574>. Acesso em: 21 ago. 2024.

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

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

LANZA, V. C. V. et al. **Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente; Fundação Israel Pinheiro, 2010. Disponível em: <https://www2.israelpinheiro.org.br/wp-content/uploads/2016/09/Caderno-T%C3%A9cnico-de-Reabilita%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%81reas-Degradadas-por-Res%C3%ADuos-S%C3%B3lidos-Urbanos.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2025.

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

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

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

MASSOUD, M. A. 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>. Acesso em: 20 ago. 2024.

MIRZAEI, M.; SOLGI, E.; SALMAN-MAHINY, A. Evaluation of surface water quality by NSFQI index and pollution risk assessment, using WRASTIC index in 2015. **Archives of Hygiene Sciences**, v. 5, n. 4, p. 264-277, 2016. Disponível em: https://jhygiene.muq.ac.ir/browse.php?a_id=155&slc_lang=en&sid=1&ftxt=1&html=1. Acesso em: 20 ago. 2024.

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

NGUYEN, T. G.; HUYNH, T. H. N. 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>. Acesso em: 20 ago. 2024.

NOTÍCIAS MACAÉ. **Aterro sanitário de Rio das Ostras é interditado e lixo será depositado no aterro de Macaé temporariamente**. 2019. Disponível em: <https://www.noticiasmacaee.com/meio-ambiente/aterro-sanitario-de-rio-das-ostras-e-interditado-e-lixo-sera-depositado-no-aterro-de-macaee-temporariamente>. Acesso em: 29 maio 2025.

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

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

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

PEREIRA, M. B. **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, S. A.; SANTOS, C. **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, B. Q. M. et al. Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 407-413, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016147040>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7X3f79MpyfKs5FMv3pWwQbT/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS. **Levantamento semidetalhado de solos do município de Rio das Ostras. Rio de Janeiro.** GERA Consultoria e Empreendimentos Ltda. 2004. Rio das Ostras, 2006.

PRIOSTE, M. A. de O. **Bacia hidrográfica do Rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável.** 2007, 194f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: <http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/10917>. Acesso em 15 ago. 2024.

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

QUINELATO, R. V. et al. Determinação da qualidade da água superficial e sua compatibilidade com os múltiplos usos: estudo de caso do estuário do rio Caraíva. **Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF)**, v. 14, n. 1, p. 37-57, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Bernardes-2/publication/350974483_Determinacao_da_qualidade_da_agua_superficial_e_sua_compatibilidade_com_os_multiplos_usos_estudo_de_caso_do_estuario_do_rio_Caraiva_Determination_of_surface_water_quality_and_its_compatibility_with_mu/links/607d7cbf881fa114b4119356/Determinacao-da-qualidade-da-agua-superficial-e-sua-compatibilidade-com-os-multiplos-usos-estudo-de-caso-do-estuario-do-rio-Caraiva-Determination-of-surface-water-quality-and-its-compatibility-with-mu.pdf. Acesso em: 9 jul. 2025.

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

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

RIO DAS OSTRAS (Município). **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Rio das Ostras.** Rio das Ostras: Prefeitura Municipal, 2017. Disponível em: <https://www.aemerj.org.br/images/pdf/PMMA/PMMARiodasOstras.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2025.

RIO DAS OSTRAS. **Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). Edital de Pregão Eletrônico nº 90004/2024.** Rio das Ostras, 2024. Disponível em: https://www.saaeriodasostras.rj.gov.br/arquivos_download/lei14133/3/61. Acesso em: 29 maio 2025.

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

SÁNCHEZ, E. et al. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. **Ecological indicators**, v. 7, n. 2, p. 315-328, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.02.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X06000239?via%3Dihub>. Acesso em: 19 ago.2024.

SILVA, A. A.; FRANCA, R. R. 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, D. S.; MARQUES, E. E.; LÓLIS, S. F. Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”? **Revista Interface**, n. 04, p.17-27. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/article/view/355>. Acesso em 08 abr. 2024.

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

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

SINGH, K. 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, K. P.; MALIK, A.; SINHA, S. 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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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

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

THOMAZ, D.; CENTENO, L. N.; CECCONELLO, S. T. 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, S. 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, L. G.; NICOLELLA, G. 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, M. G.; NASH, S.; OLBERT, A. I. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107-218, 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-AHN, C. M. E.; PEREIRA FILHO, J. Diagnóstico da qualidade de água ao longo do estuário do rio Itajaí-Açu, SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v. 20, n. 2, p. 331-342, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jurandir-Pereira-Filho/publication/279912268_von-Ahn_e_Pereira_Filho_2015_RBRH/links/559d7f8108ae76bed0bb3d5e/von-Ahn-e-Pereira-Filho-2015-RBRH.pdf. Acesso em: 9 jul. 2025.

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

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

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

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

WUNDERGROUND. **Est. meteorológica 5° LERIPE LAMET-UEN - IRIODA12**. Wunderground, 2025. Disponível em: <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IRIODA12/table/2025-01-16/2025-01-16/monthly>. Acesso em: 14 maio 2025.

YANG, X. 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>. Acesso em: 20 ago. 2024.

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

Anexos

ANEXO 1- Certificado de Acreditação INMETRO

ANEXO 2- Certificado CCL INEA

ANEXO 3- Registro fotográfico

ANEXO 4- Cadeias de custódia

ANEXO 5- Laudos analíticos

ANEXO 6- Memória de cálculo IQA