

Relatório Técnico Parcial XX

Revisão 01
Referência: Abril de 2026

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

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

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).

**Principal contato de comunicação.

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

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio-Lagos São João
00	08/05/2026	Emissão original	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	
01	09/06/2026	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	33
6.1	Análise físico-química e biológica.....	33
6.1.1	Precipitação.....	33
6.1.2	Temperatura.....	35
6.1.3	Salinidade.....	36
6.1.4	Condutividade	38
6.1.5	Sólidos totais	39
6.1.6	Sólidos dissolvidos totais.....	40
6.1.7	Turbidez	41
6.1.8	pH.....	42
6.1.9	Oxigênio dissolvido (OD).....	43
6.1.10	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	45
6.1.11	Fósforo total	46
6.1.12	Fosfato.....	48
6.1.13	Nitrogênio total	49
6.1.14	Nitrato	51
6.1.15	Coliformes termotolerantes	52
7	Diagnóstico da atual campanha.....	55

7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	56
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	60
8	Observações gerais.....	60
	Referências.....	68
	Anexos.....	80

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 (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004; 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 hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras (Figura 4-1) abrange 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). Através das campanhas passadas e especialmente das amostragens de mar./2025, viu-se que a intrusão salina atinge principalmente as estações do canal das Corujas (E5) e do rio das Ostras (E3, E6 e E7), mas também atinge o afluente do rio Iriry (E1) e o rio Jundiá (E2). Esse cenário comprova que a influência marinha pode ir além dos 6,0 km a partir da foz, o que é corroborado pelos dados de Barroso e Molisani (2019). Ao longo da bacia são observadas pastagens, alagados e uma área de manguezal protegida por regulamentações estaduais e federais (BARROSO; MOLISANI, 2019).

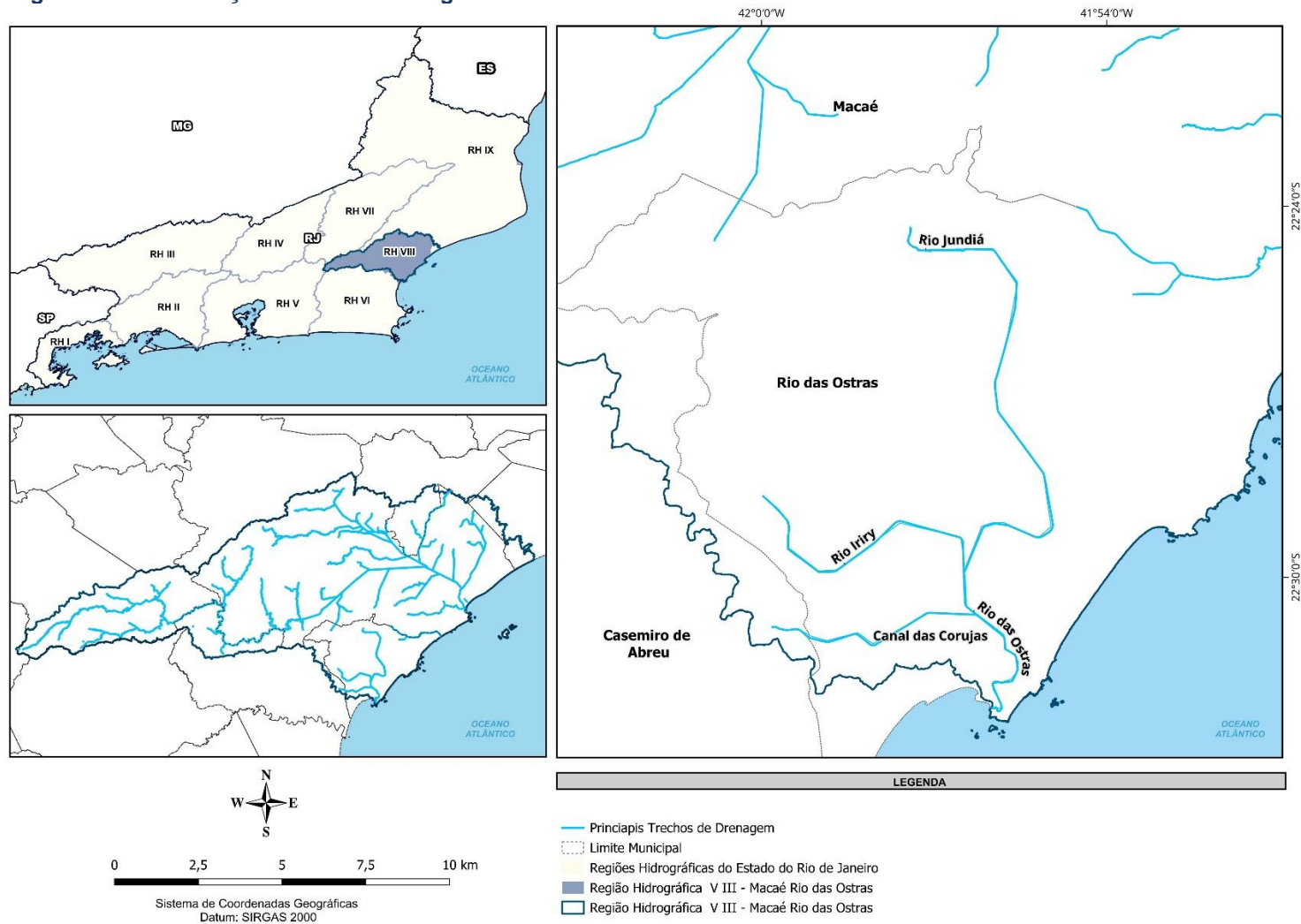
Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, são observadas duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm) e épocas 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 dos rios Macaé e 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). Dados de amostragens anteriores já indicaram que a turbidez é um ponto crítico nesse corpo hídrico. Em novembro de 2022 e 2024 foram observados os maiores picos já vistos desde o início do monitoramento, com 94,60 UNT e 91,10 UNT, respectivamente (Figura 4-3) (CBH Macaé Ostras, 2023a, 2025).

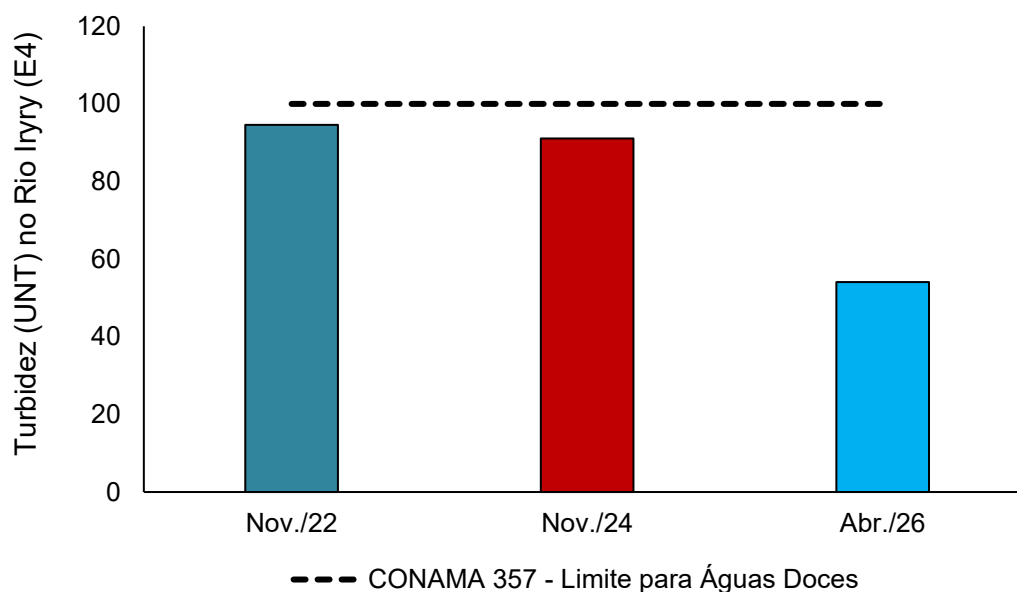
Os rios Iriry e Jundiá são os dois principais afluentes do rio das Ostras. No ponto em que se unem, na Zona de Expansão Urbana nas proximidades do loteamento Chácara Mariléa e a localidade Nova Cidade, nas margens esquerda e direita, respectivamente, o leito do rio é bastante assoreado, de fundo lodoso 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 da cidade de Rio das Ostras (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004).

Figura 4-2. Ponto de coleta realizada no rio Iriry.



Fonte: Arquivo Oceanus.

Figura 4-3. Histórico de turbidez no rio Iriry (E4).



4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá (Figura 4-4) 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 nessa região (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). No entanto,

esse rio apresenta as margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão, o que compromete a transparência em vários trechos. Somado a isso, empreendimentos localizados às margens do rio Jundiá intensificam a turbidez. Em torno desse rio também 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.

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



Fonte: Arquivo Oceanus.

4.3 Canal das Corujas

O canal das Corujas (Figura 4-5) 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 4-5. 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 4-6). 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 (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004; 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).

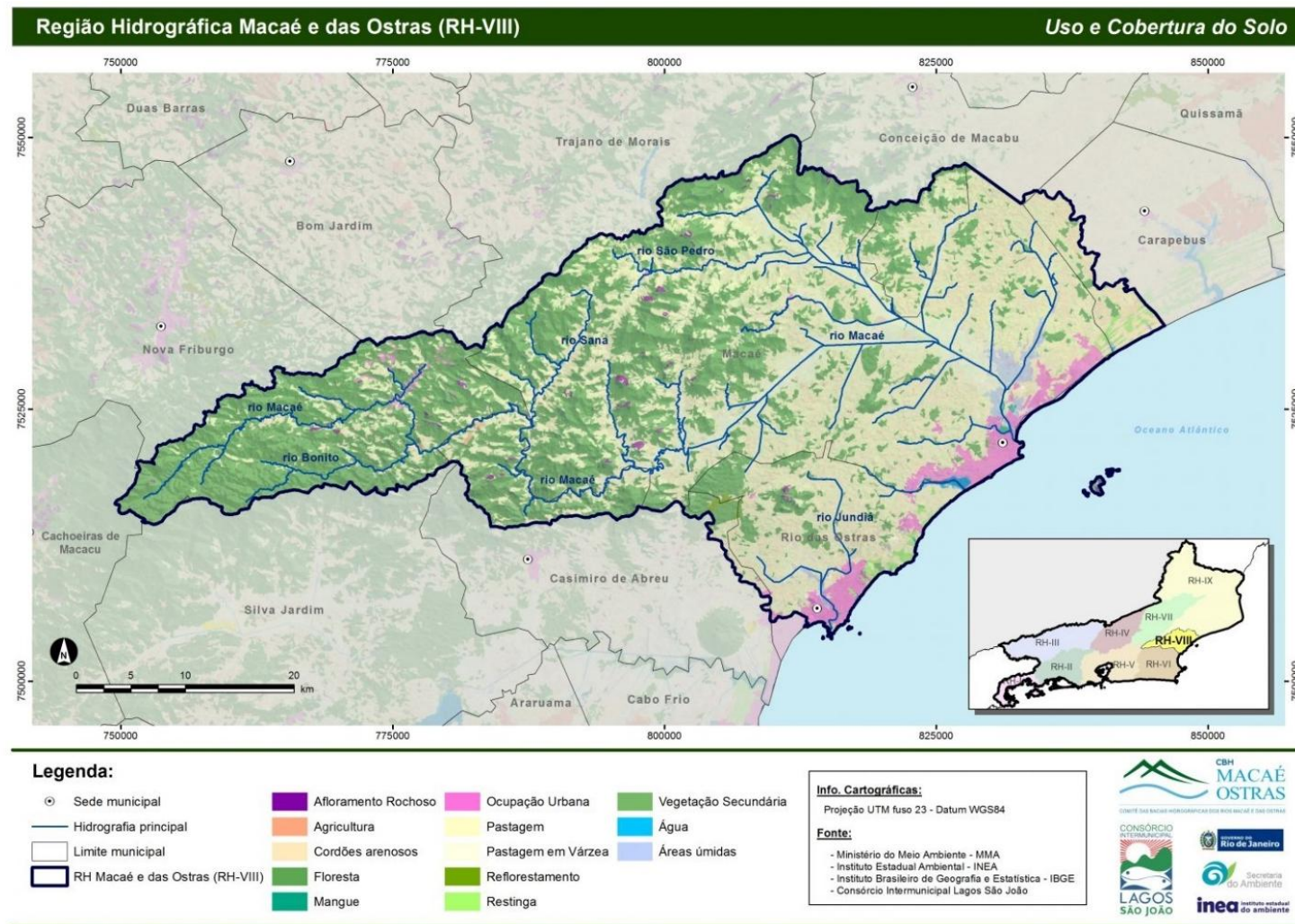
Figura 4-6. Ponto de coleta realizada no rio das Ostras.



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 4-7). Destaca-se que alguns fatores previamente mencionados, podem impactar a qualidade hídrica e auxiliar na compreensão dos resultados das variáveis ambientais analisadas.

Figura 4-7. Uso e cobertura do solo que podem impactar a qualidade hídrica da bacia hidrográfica do rio das Ostras.



Fonte: CBH Macaé Ostras (2024b).

5 METODOLOGIA

5.1 Pontos amostrais

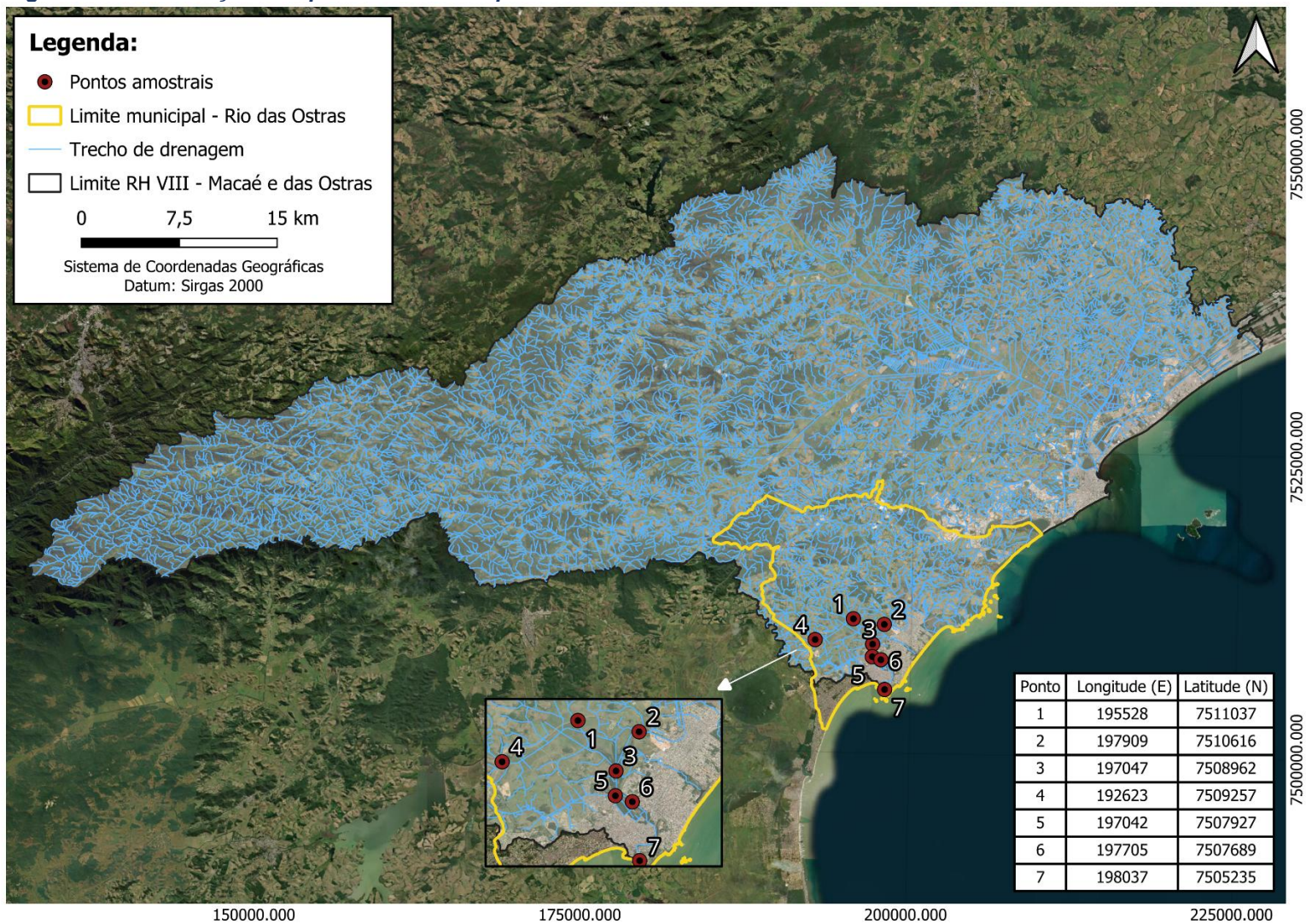
Foram coletadas amostras de água superficial em 7 (sete) pontos distintos na bacia hidrográfica do rio das Ostras conforme Quadro 5-1 e Figura 5-1, como apresentado no Termo de Referência. Cabe destacar que os parâmetros salinidade e condutividade foram avaliados na superfície e no fundo da coluna d'água.

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

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

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM) Zona 24		Largura (m)	Profundidade em abr./26 (m)
		E	N		
E1	Afluente do rio Iriry	195528.00	7511037.00	8	0,07
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909.00	7510616.00	5	1,56
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá	197047.00	7508962.00	20	2,20
E4	Rio Iriry, na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623.00	7509257.00	12	1,20
E5	Canal das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042.00	7507927.00	30	0,90
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas	197705.00	7507689.00	25	1,60
E7	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,45

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 01/04/2026, com execução das coletas e análises das amostras pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus, acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (ANEXO 1) e INEA CCL Nº IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA nº 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações destinadas a cada local onde foram realizadas as amostragens, em observância às Normas Regulamentadoras – NR 6 (Equipamento de Proteção Individual – EPI) e NR 17 (Ergonomia).

A localização dos pontos foi realizada a partir das informações fornecidas pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João, e o registro fotográfico de cada localidade pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com o uso de um balde 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 $< 5^{\circ}\text{C}$ até a entrega ao laboratório. Finalizadas as coletas, as amostras foram enviadas ao laboratório para análise. Para o controle, identidade e integridade das amostras em todas as etapas do processo, foram utilizadas Cadeias de Custódia (ANEXO 4).

5.3 Atividades de laboratório

5.3.1 Parâmetros físicos, químicos e biológicos

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

Quadro 5-2. Parâmetros da qualidade da água analisados nos pontos de coleta em diferentes profundidades.

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

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

Como a região pode sofrer influência do mar e apresentar 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), tendo como referência a estação de Macaé (A608), e pelo *Weather Underground*, com base na estação de Rio das Ostras (IRIODA12). 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)

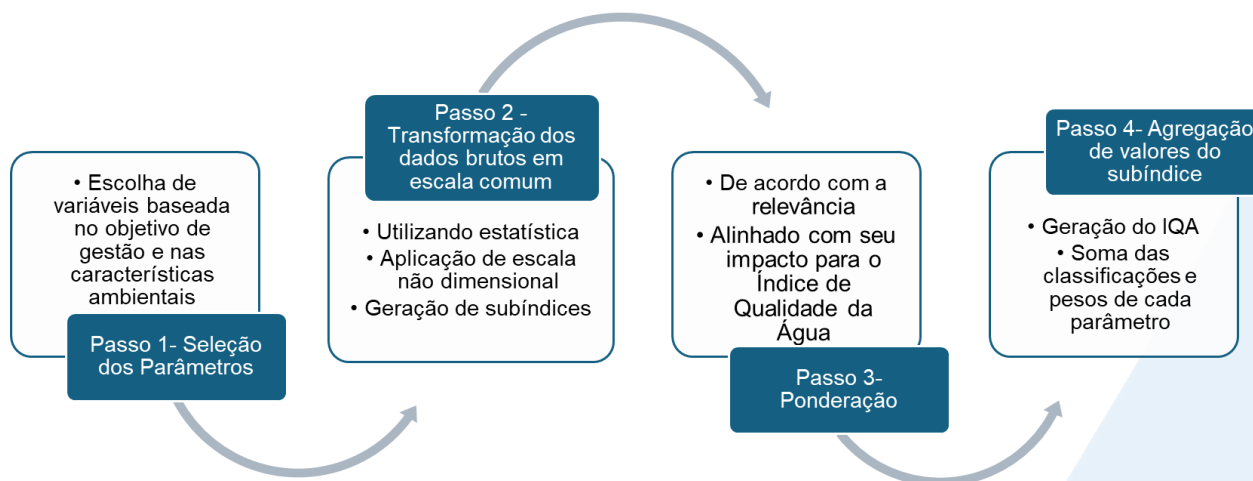
A gestão da qualidade hídrica necessita de análises de vários dados de qualidade da água que muitas vezes podem ser complexos de avaliar e sintetizar (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). Nesse sentido, uma série de ferramentas foram elaboradas como forma de avaliar de forma holística os dados de qualidade da 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:

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

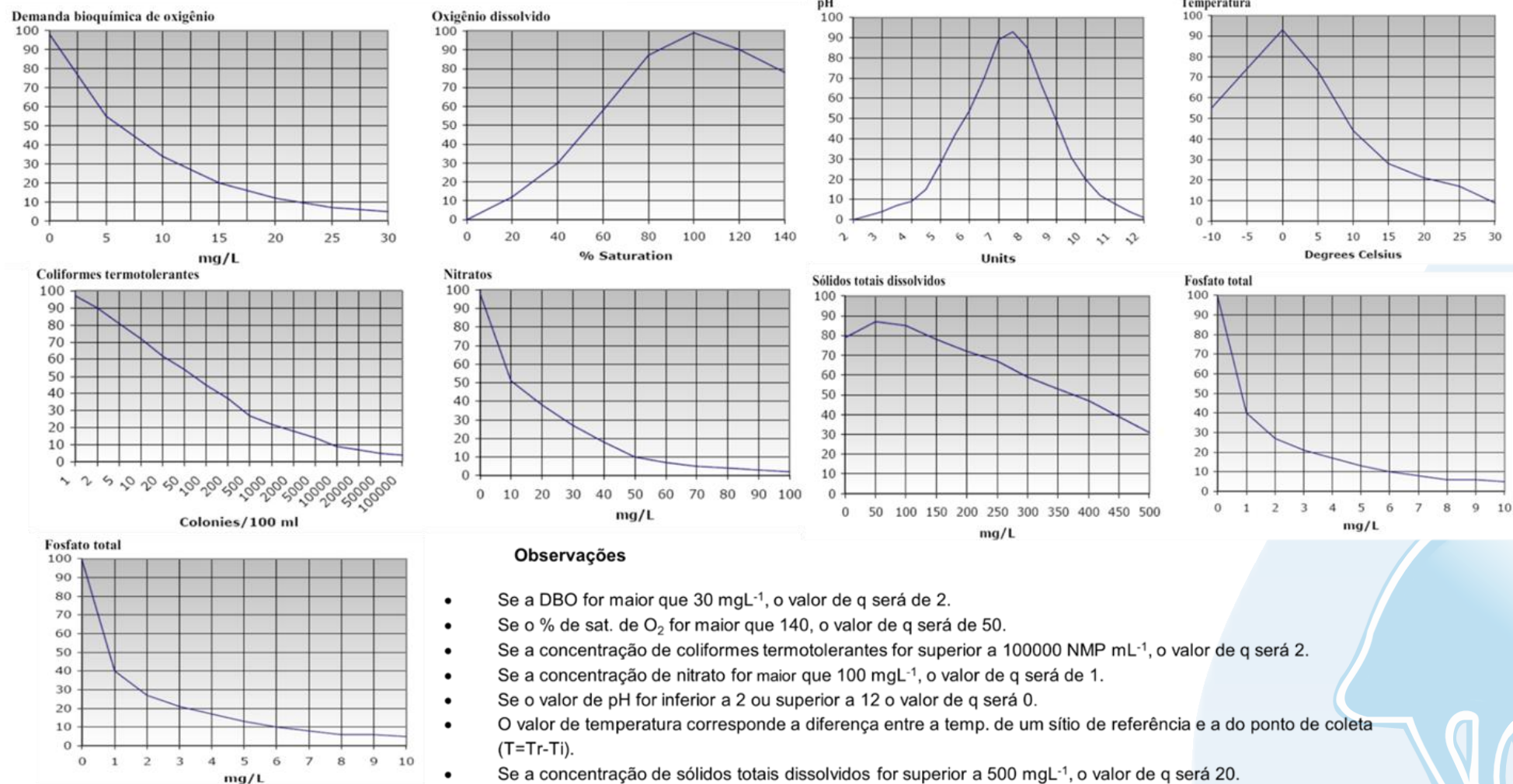
Sendo:

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

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

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

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

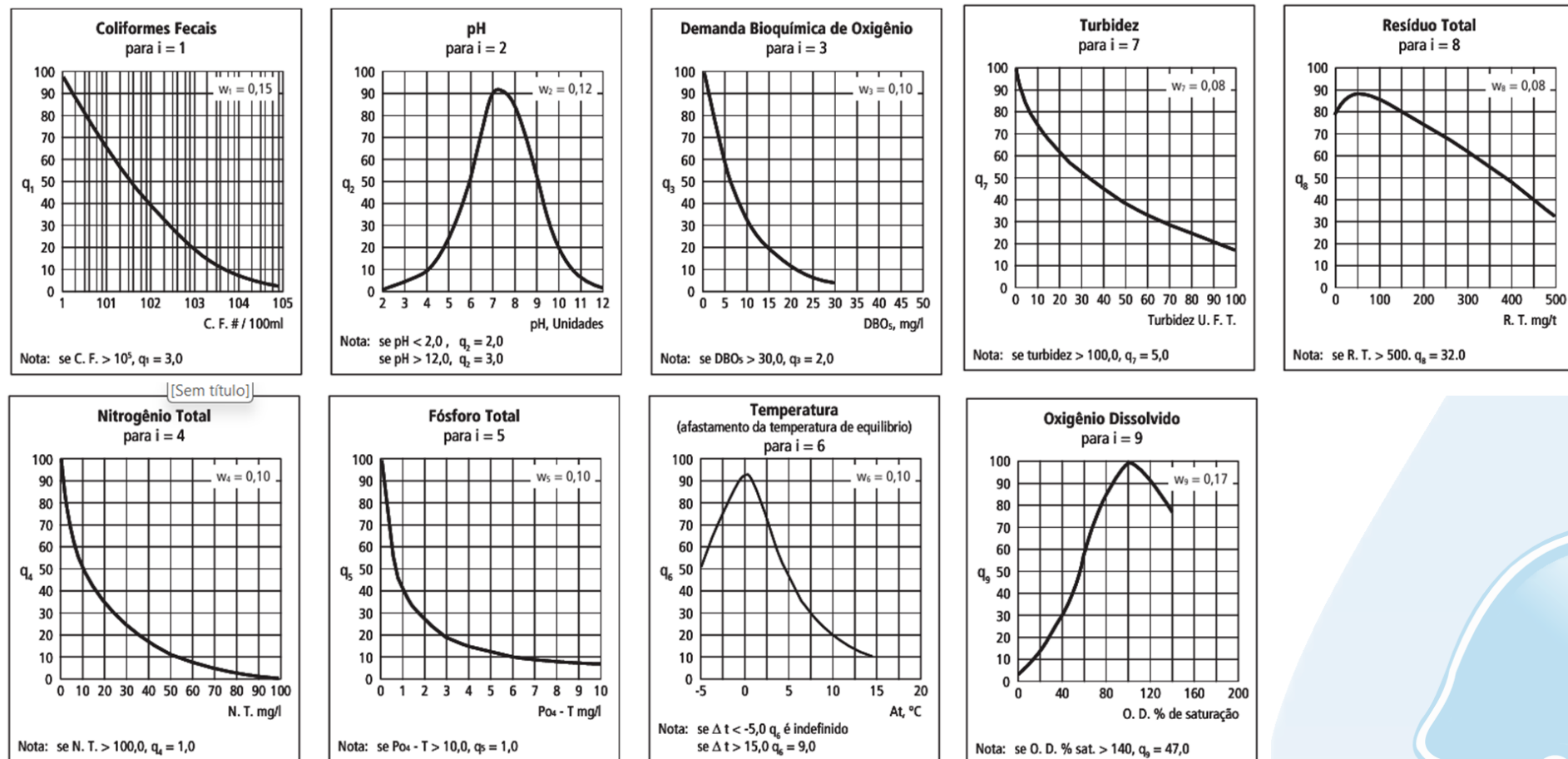
Os parâmetros previamente mencionados do IQA_{CETESB} e seus respectivos pesos estão apresentados no Quadro 5-6 e a Figura 5-5 apresenta a curva de variação de qualidade da água de cada parâmetro. Ressalta-se que a fórmula utilizada para o cálculo do IQA_{CETESB} é a mesma do IQA_{NSF}, a distinção ocorre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

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

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

Fonte: CETESB (2017).

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



Fonte: CETESB (2017).

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

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

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

Fonte: CETESB (2017).

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

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

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

Para avaliar a evolução do IQA ao longo do monitoramento ambiental, foi realizada a comparação entre o IQA calculado da campanha com os IQAs do último ano de monitoramento realizado, bem como os resultados apresentados nos boletins disponibilizados pelo INEA. A taxa de mudança no valor do IQA está apresentada em porcentagem.

5.4.3 Análises estatísticas

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

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

Nas análises dos dados é necessário avaliar a aplicabilidade do método da PCA. Para tal, foram utilizados os testes estatísticos de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de Esfereicidade de Bartlett (OLINTO, 2007). Para conferir a adequação da PCA, é realizada uma análise de matriz de correlações por meio do teste de Bartlett (PRADO et al., 2016). Esse teste consiste em testar a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é igual à matriz de identidade, indicando ausência de correlação significativa entre as variáveis. Valores de p iguais ou menores que 0,05 demonstram que a matriz de correlações difere significativamente de uma matriz de identidade e indicam que 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.

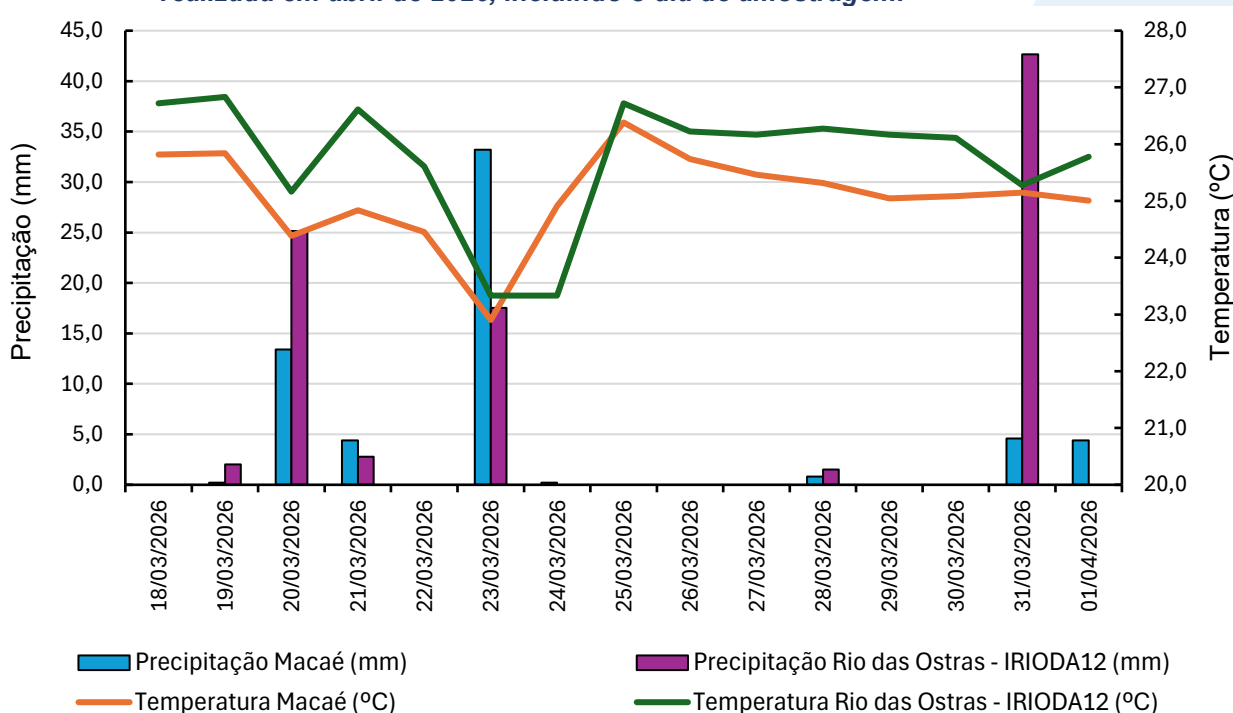
6 Resultados e discussão

6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

Nos 15 dias que antecederam a coleta, incluindo o dia de amostragem, foi registrada temperatura média de 25,1°C na estação de Macaé (A608) e 25,8°C (IRIODA12) na estação de Rio das Ostras. Neste mesmo período, a precipitação acumulada foi de 61,2 mm em Macaé e 91,7 mm em Rio das Ostras, indicando valores de chuva extrema (>50,0 mm), de acordo com a literatura que descreve a classificação pluviométrica do INMET (SILVA; FRANCA, 2021).

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos 15 dias anteriores à campanha realizada em abril de 2026, incluindo o dia de amostragem.



Os resultados analíticos obtidos para a campanha de abril de 2026 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 abril de 2026 e limites estipulados pela Resolução CONAMA nº357/2005.

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (UNT)	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	01/04/2026	Sup	0,11	236	138	118,0	40,90	6,17	28,80	3,76	13	0,11	N.D	13,6	0,19	>1600,0
		Fun	0,12	238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2		Sup	0,40	818	463	409,0	46,30	4,04	26,50	4,89	15	< 0,01	N.D	4,2	0,45	7,8
		Fun	0,42	860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3		Sup	0,88	1873	974	936,5	20,70	6,89	26,82	1,38	24	< 0,01	N.D	1,8	0,27	>1600,0
		Fun	0,92	2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E4		Sup	0,04	95	71	47,5	54,10	6,66	25,80	5,21	9	< 0,01	0,09	0,6	0,11	>1600,0
		Fun	0,03	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5		Sup	0,57	1144	596	572,0	66,30	6,30	27,10	3,73	37	0,26	0,23	5,3	0,71	140,0
		Fun	0,56	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E6		Sup	0,17	351	218	175,5	43,30	5,74	26,99	2,88	24	0,11	N.D	2,6	0,57	430,0
		Fun	0,20	403	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E7		Sup	34,67	52167	36536	36516,9	9,70	8,36	24,80	4,36	3	< 0,01	N.D	0,5	0,45	220,0
		Fun	34,72	52200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2	0,5	-	-	-	500	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1		<2,18 (para ambiente lótico)	10,0	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
	Águas Salobras Classe 1	0,5-30	-	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124		-	0,4	
	Águas Salinas Classe 1	≥30	-	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062		-	0,4	

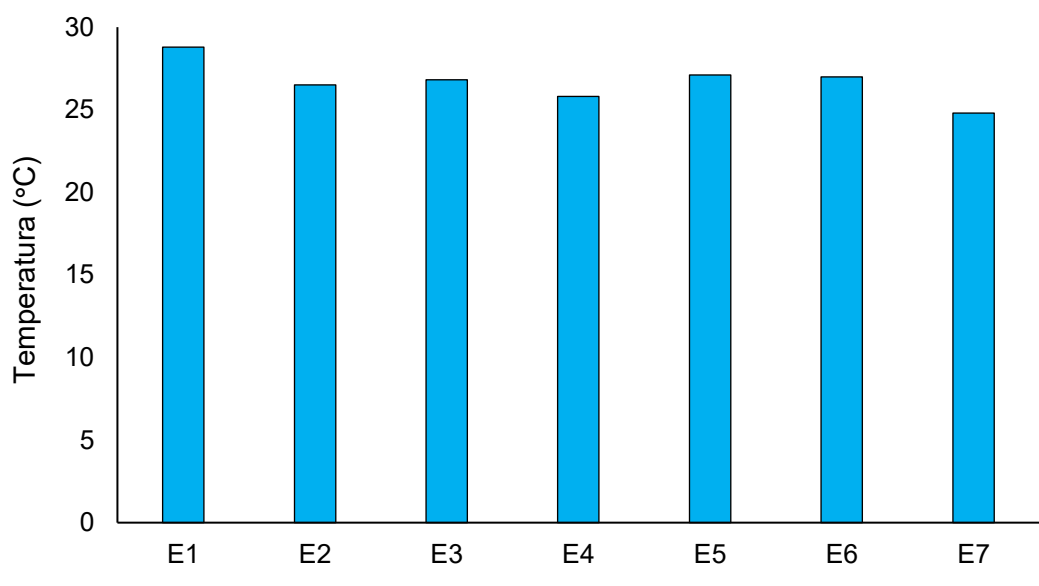
N.D – não detectado; < e > menor ou maior que o limite de quantificação (LQ) do método analítico.

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 24,80°C (E7 – foz do rio das Ostras) e 28,80°C (E1 – afluente do rio Iriry) (Figura 6-2).

Figura 6-2. Resultados de temperatura da campanha realizada em abril de 2026.



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 $\leq 0,5\text{‰}$), salobra (salinidade entre 0,5 e 30‰) e salina (salinidade $\geq 30\text{‰}$), e como consequência, nos limites dos diferentes parâmetros monitorados e 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, variou entre 0,04‰ e 0,03‰ nas águas do rio Iriry (E4 - superfície e fundo, respectivamente) e 34,67‰ e 34,72‰ na amostra da foz do rio das Ostras (E7 – superfície e fundo). Com base nos resultados obtidos, observa-se que os menores valores dessa variável ambiental foram detectados nas amostras do rio Iriry e seu afluente (E4 e E1). Não houve grande distinção entre as salinidades registradas na superfície e no fundo.

As águas analisadas nas estações do rio Iriry, seu afluente (E4 e E1), rio Jundiá (E2) e rio das Ostras (E6) foram classificadas como doces (salinidade $\leq 0,5\text{‰}$), sendo seus resultados equiparados aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. As águas amostradas nas estações E3 (rio das Ostras, logo após o encontro dos rios Iriry e Jundiá) e E5 (canal das Corujas) foram classificadas como salobras (salinidade entre 0,5 e 30‰), enquanto as amostras de E7 (foz do rio das Ostras) exibiram características salinas (salinidade $\geq 30\text{‰}$). Diante disso, os resultados das estações E3 e E5 foram comparados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salobras Classe 1, e os da estação E7, com os limites para Águas Salinas Classe 1.

As classificações supracitadas, as quais categorizam três das sete amostras, como salobras (E3 e E5) ou salinas (E7), evidenciam a contribuição marinha na região. Ao comparar o resultado atual com o da campanha anterior, realizada em fev./2026, nota-se

que a maioria das amostras apresentou salinidade semelhante, com exceção das provenientes dos pontos E3 e E6, situados no rio das Ostras.

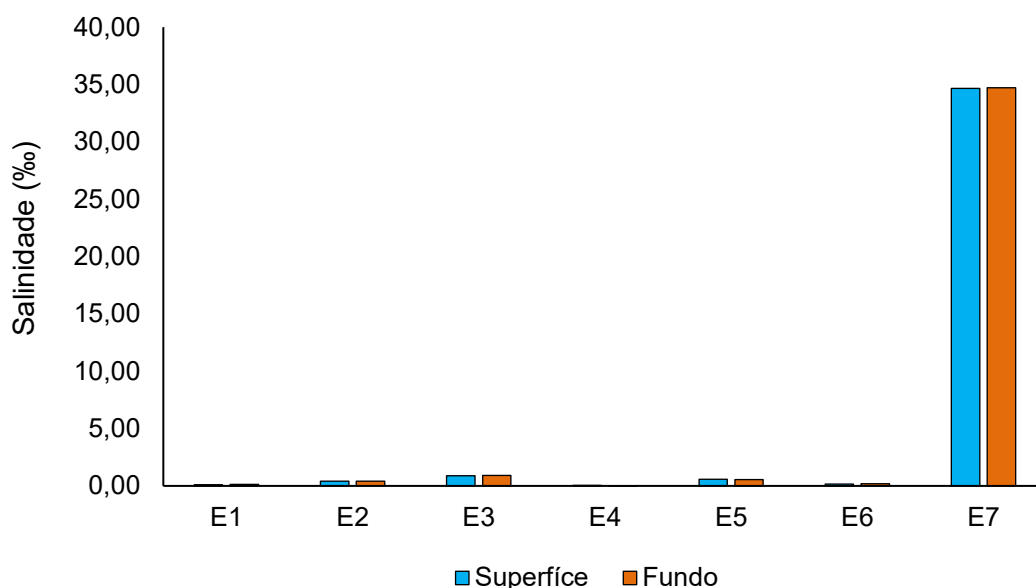
Conforme exposto no Quadro 6-1, a salinidade das amostras do rio das Ostras (E3 e E6) foi consideravelmente superior em fev./2026 do que em abril do mesmo ano. Em relação ao resultado do E3, situado a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá, vê-se que, apesar das amostras terem apresentado características salobras nas duas campanhas, em abr./2026 o resultado (0,88‰ na superfície) foi próximo ao limite de água doce ($\leq 0,5\text{‰}$). Em relação à amostra da estação E6, situada a jusante da foz do canal das Corujas, a classificação obtida em fev./26 foi salina, com resultado de 32,10‰ na superfície, enquanto na campanha atual sua categorização foi doce, com 0,17‰ no mesmo estrato. Sugere-se que, a diferença de salinidade das amostras supracitadas esteja associada à precipitação, já que no dia anterior à coleta de abril foi registrado um acúmulo pluviométrico de 42,7 mm (Figura 6-1), contribuindo para a redução do efeito da intrusão salina.

Os resultados de salinidade dessas duas amostragens (fevereiro e abril de 2026) estão dispostos no Quadro 6-1, enquanto na Tabela 6-1 e na Figura 6-3 são apresentados somente os resultados atuais.

Quadro 6-1. Classificação das amostras quanto à salinidade nas campanhas fevereiro e abril de 2026.

Pontos amostrais			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Salinidade (‰)	Fev.	Sup.	0,14	0,48	28,19	0,11	0,68	32,10	35,02
		Fun.	0,13	0,48	28,22	0,11	0,66	32,25	35,02
	Abr.	Sup.	0,11	0,40	0,88	0,04	0,57	0,17	34,67
		Fun.	0,12	0,42	0,92	0,03	0,56	0,20	34,72
Classificação	Fevereiro		doce	doce	salobra	doce	salobra	salina	salina
	Abril		doce	doce	salobra	doce	salobra	doce	salina

Figura 6-3. Resultados de salinidade na superfície e no fundo da campanha realizada em abril de 2026.

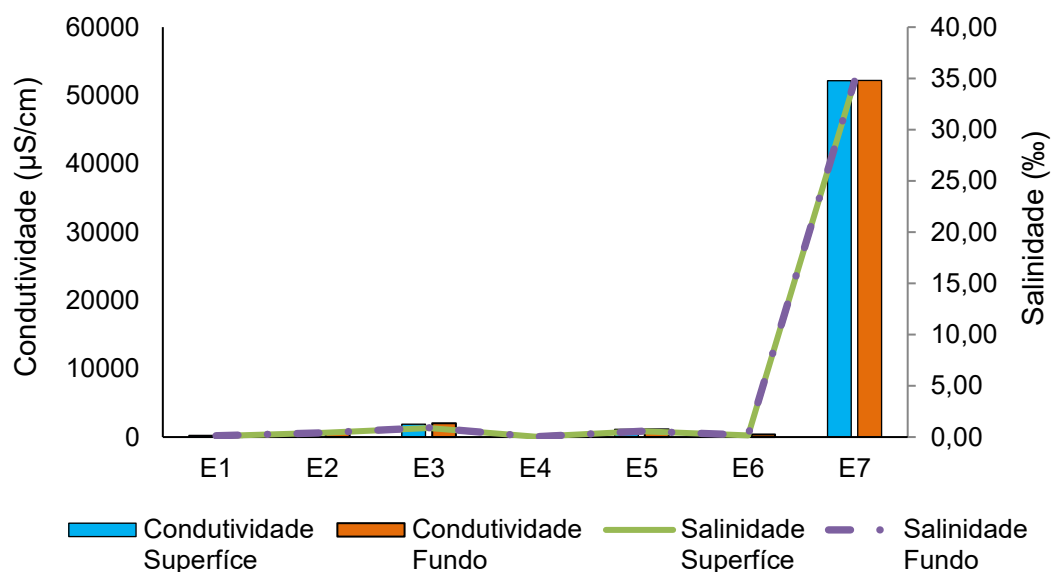


6.1.4 Condutividade

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).

Os resultados de condutividade apresentaram variação espacial seguindo o mesmo padrão observado para salinidade (Figura 6-3). A variação registrada foi de 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas águas do rio Iriry (E4 - superfície e fundo, respectivamente) a 52.167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 52.200 na foz do rio das Ostras (E7 - superfície e fundo). Não foi observada diferença expressiva entre superfície e fundo. A semelhança entre os resultados de condutividade e salinidade demonstra a relação entre essas duas variáveis, já que a condutividade é um indicativo da quantidade de sais presentes na coluna d'água (CETESB, 2018). Os resultados de condutividade e salinidade estão dispostos na Figura 6-4.

Figura 6-4. Resultados de condutividade e salinidade na superfície e no fundo da campanha realizada em abril de 2026.



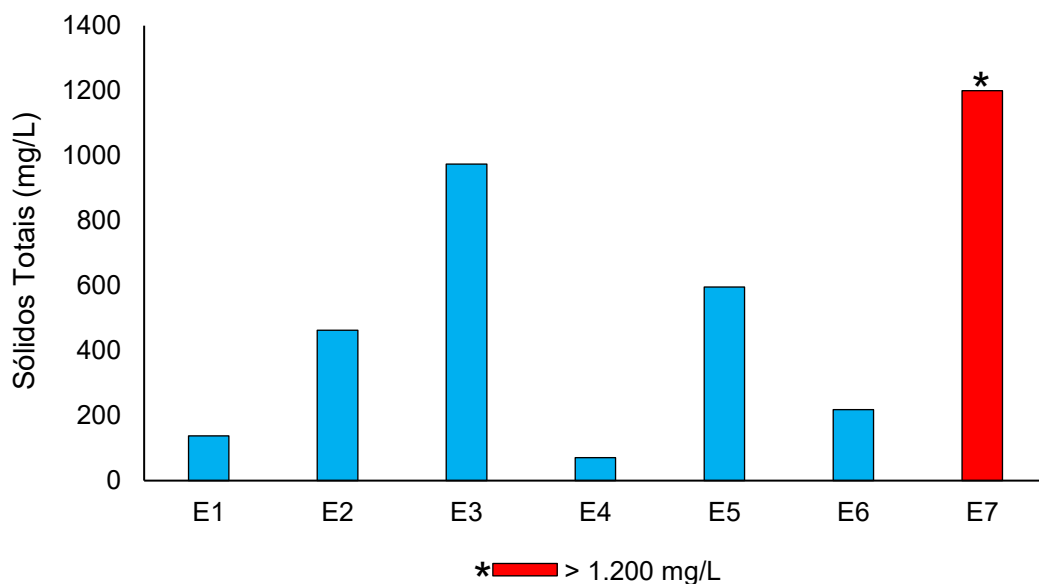
6.1.5 Sólidos totais

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). Essa análise é importante 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 padrão similar aos de condutividade (Figura 6-4) e salinidade (Figura 6-3). A variação registrada foi de 71 mg/L nas águas do rio Iriry (E4) a 36.536 mg/L na foz do rio das Ostras (E7) (Figura 6-5). A fim de obter uma melhor visualização dos resultados, por conta do valor elevado de sólidos totais na foz do rio das Ostras (E7 – 36.536 mg/L), ele foi substituído por

1.200 NMP/100mL e representado no gráfico por uma coluna vermelha com um asterisco (*). 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 abril de 2026.



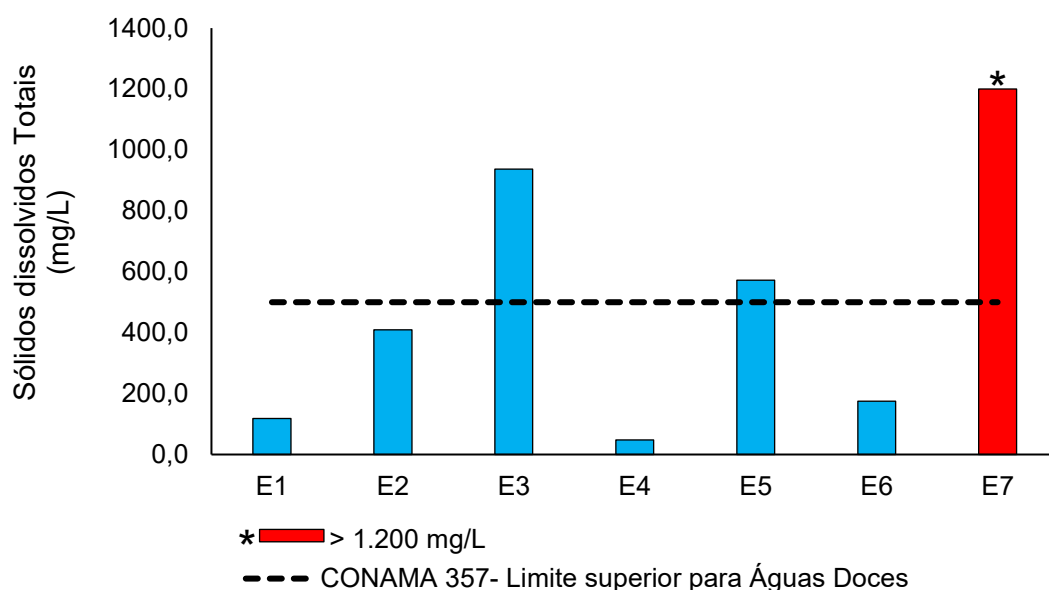
6.1.6 Sólidos dissolvidos totais

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. O menor valor foi registrado no rio Iriry (E4), com 47,5 mg/L e o maior na foz do rio das Ostras (E7), com 36.516 mg/L (Figura 6-6). As amostras do rio Iriry (E4 – 47,5 mg/L), do seu afluente (E1 – 118,0 mg/L), do rio Jundiá (E2 – 409,0 mg/L) e do rio das Ostras (E6 – 175,5 mg/L) estiveram em conformidade com o limite preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L). A fim de obter uma melhor visualização dos resultados, por conta do valor elevado de sólidos dissolvidos totais na foz do rio das Ostras (E7 – 36.516,9 mg/L), ele foi substituído por

1.200 NMP/100mL e representado no gráfico por uma coluna vermelha com um asterisco (*). Não há limite de sólidos dissolvidos totais para águas salobras e salinas na Resolução de referência, inviabilizando a comparação das demais amostras.

Figura 6-6. Resultados de sólidos dissolvidos totais da campanha realizada em abril de 2026.



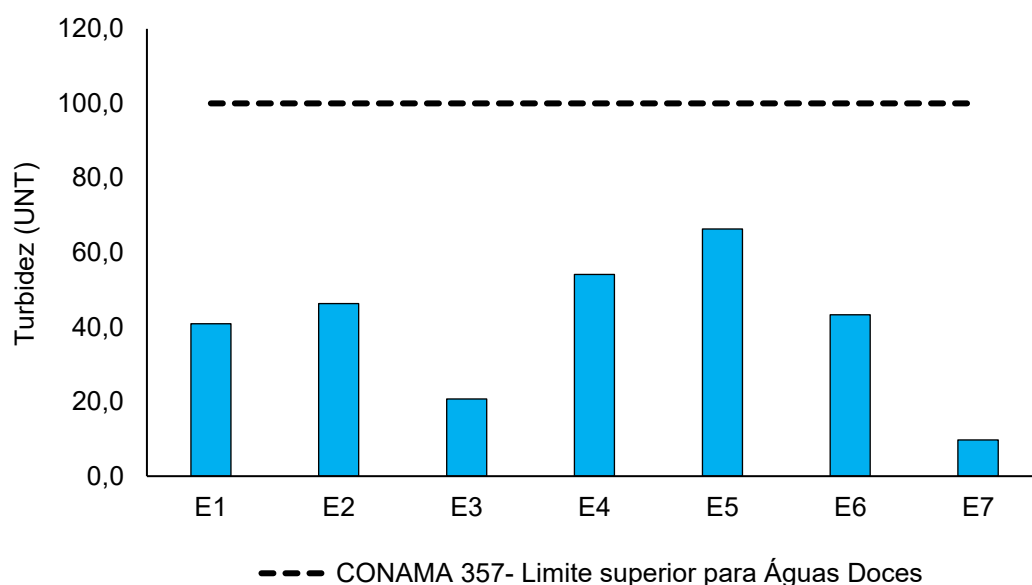
6.1.7 Turbidez

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).

As águas analisadas na foz do rio das Ostras (E7) apresentaram o menor resultado de turbidez, com 9,7 UNT, enquanto as águas do canal das Corujas (E5), o maior, com 66,3 UNT (Figura 6-7). Em relação à comparação com a Resolução CONAMA nº357/2005 para Águas Doces Classe 2, todas as quatro amostras classificadas como doces (E4 – rio Iriry, 54,1 UNT; E1 – afluente do rio Iriry, 40,9 UNT; E2 – rio Jundiá, 46,3 UNT e E6 – rio

das Ostras, 43,3 UNT) estiveram em conformidade com o limite de 100 UNT. Ressalta-se que para Águas Salobras e Salinas Classe 1 não há valores de referência descritos na normativa supracitada.

Figura 6-7. Resultados de turbidez da campanha realizada em abril de 2026.



6.1.8 pH

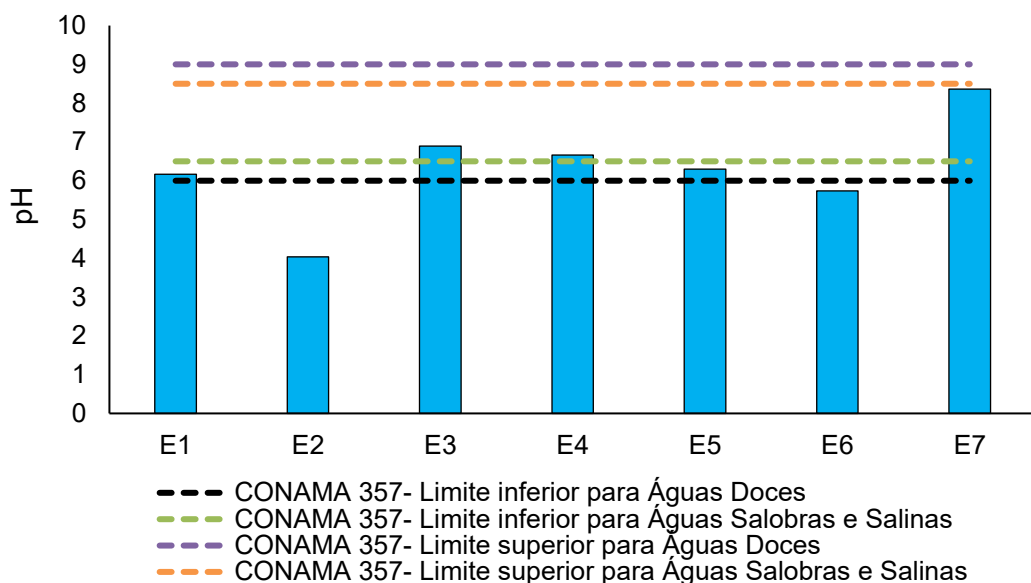
O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da atividade dos íons hidrônio (H^+) dentro de uma solução, sendo esse parâmetro essencial para o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos, tendo em vista seu papel como regulador de diversas atividades bioquímicas de organismos. Diversos fatores podem alterar 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 4,04 nas águas analisadas no rio Jundiá (E2), e 8,36 na foz do rio das Ostras (E7). Em relação à comparação com a norma de referência, apenas as amostras do rio Jundiá (E2), do canal das corujas (E5) e do rio das Ostras (E6) apresentaram inconformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº357/2005 para Águas Doces Classe 2 (E2 e E6) (pH entre 6 e 9) e Águas Salobras (E5) (pH entre 6,5 e 8,5) (Figura 6-8).

Diante disso, nota-se que o pH das amostras classificadas como doces (rio Iriry – E4, seu afluente – E1, rio Jundiá – E2 e rio das Ostras – E6) diminuiu em comparação à

campanha de fev./2026. Já os resultados das amostras classificadas como salobras (rio das Ostras – E3 e canal das Corujas - E5) e salina (foz do rio das Ostras – E7) aumentou (Quadro 6-2). Os resultados observados podem estar atrelados às contribuições de água doce e marinha, uma vez que uma contribuição maior de água marinha, tende a aumentar o pH (D'AQUINO, 2010).

Figura 6-8. Resultados de pH da campanha realizada em abril de 2026.



Quadro 6-2. Variação dos resultados de pH nas campanhas de fevereiro e abril de 2026.

Pontos amostrais		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
pH	Fevereiro	6,90	5,98	5,79	7,10	6,25	6,52	7,87
	Abril	6,17	4,04	6,89	6,66	6,30	5,74	8,36

6.1.9 Oxigênio dissolvido (OD)

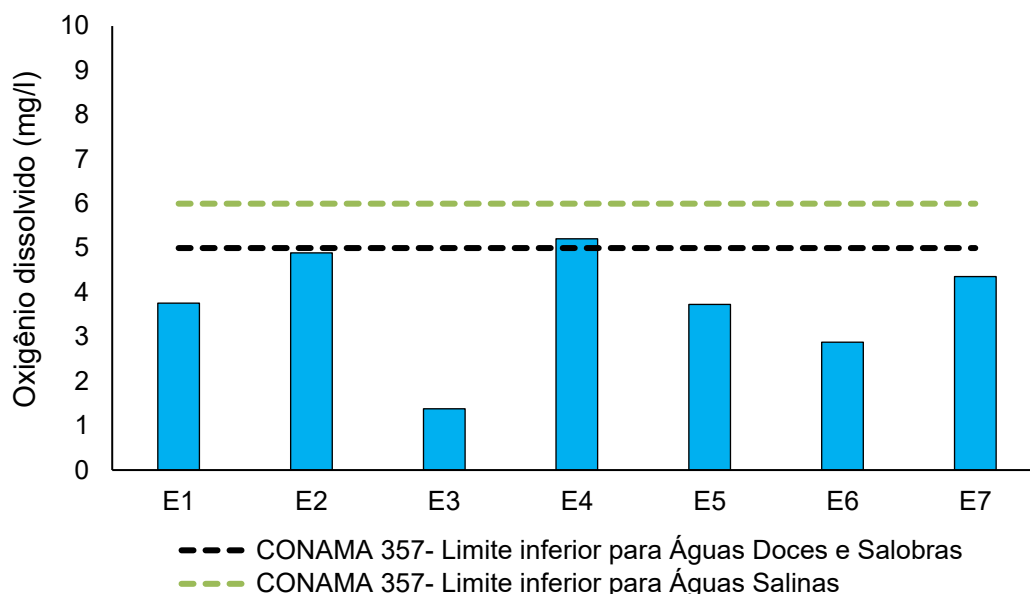
O oxigênio representa (OD) o gás mais importante para manutenção da vida, sendo fundamental para diversas atividades metabólicas relacionadas ao crescimento, reprodução e obtenção de energia na maioria dos seres vivos (ALVARADO; AGUILAR, 2009). Para ecossistemas aquáticos, o oxigênio dissolvido, além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

Os resultados de OD variaram de 1,38 mg/L, nas águas analisadas no rio das Ostras (E3), a 5,21 mg/L no rio Iriry (E4). Portanto, todas as amostras apresentaram concentrações abaixo dos respectivos valores indicados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para Águas Doces Classe 2 (≥ 5 mg/L) (E1, E2 e E6), Águas Salobras Classe 1 (≥ 5 mg/L) (E3 e E5) e Águas Salinas Classe 1 (≥ 6 mg/L) (E7) (Figura 6-9). A exceção foi a amostra do rio Iriry (E4) que esteve em conformidade com o limite de 5 mg/L para Águas Doces Classe 2.

Os resultados supracitados reforçam a carga elevada de matéria orgânica nas águas dos diferentes corpos hídricos monitorados e revelam a necessidade de ações urgentes para a melhoria da qualidade hídrica, considerando que quase nenhuma amostra apresentou o mínimo estabelecido pela norma para proteção das comunidades aquáticas. Dentre esses, é possível destacar ainda a concentração de OD no rio das Ostras (E3 – 1,38 mg/L), revelando a condição de hipoxia desse corpo hídrico (OD inferior a 2 mg/L), que pode gerar um desequilíbrio ecológico de forma generalizada (DIAZ; ROSENBERG, 2008).

Salienta-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 (E3). 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, 2023b) (Quadro 6-3).

Figura 6-9. Resultados de OD da campanha realizada em abril de 2026.



Quadro 6-3. Variação dos resultados de OD nas campanhas de janeiro e março de 2023 e abril de 2026.

Pontos amostrais		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Jan./23	0,28	1,10	3,87	<0,1	0,89	3,32	3,25
	Mar./23	1,40	3,10	3,75	3,73	4,21	4,03	6,00
	Abr./26	3,76	4,89	1,38	5,21	3,73	2,88	4,36

6.1.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

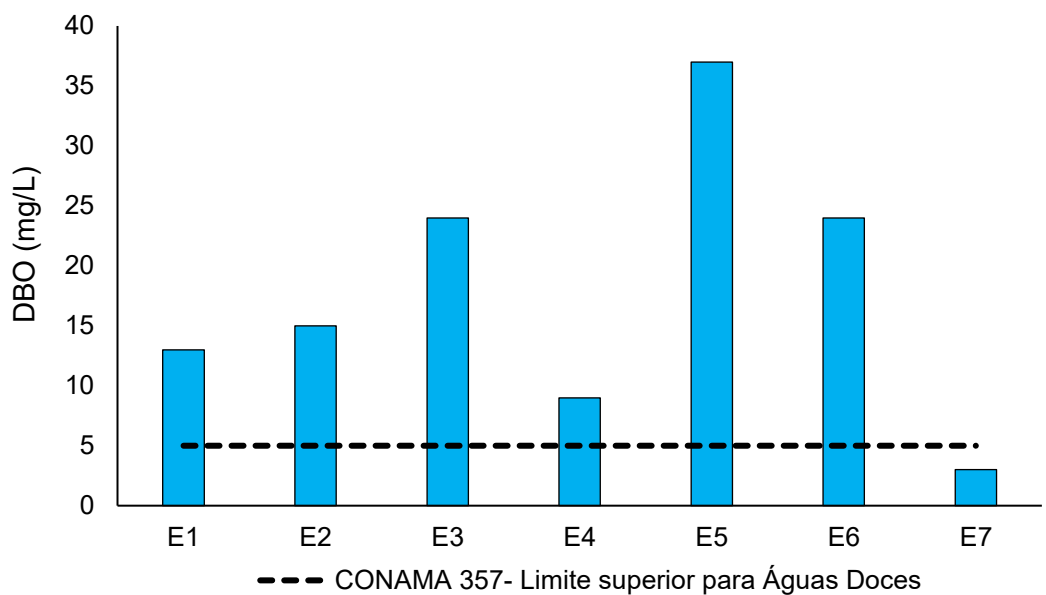
A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na degradação de compostos orgânicos. Sob a ótica da qualidade da água, a DBO é uma importante variável indicadora de poluição por resíduos orgânicos, uma vez que quanto maior a DBO (i.e., mais 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, os resultados estiveram entre 3 mg/L, na amostra da foz do rio das Ostras (E7) e 37 mg/L, nas águas do canal das Corujas (E5) (Figura 6-10). Os resultados encontrados reforçam que mais uma vez, assim como nas quatro campanhas anteriores (ago./25, out./25, dez./25. e fev./26), o maior resultado de DBO (37 mg/L) foi registrado no canal das Corujas, que apresentou o terceiro menor resultado de OD (3,73 mg/L).

Quanto à comparação com a normativa de referência, que estabelece limite máximo de 5 mg/L de DBO para Águas Doces de Classe 2, todas as amostras atualmente classificadas como doces (rio Iriry – E4, seu afluente – E1, rio Jundiá – E2 e rio das Ostras – E6) estiveram em inconformidade, uma vez que seus resultados foram maiores que 5 mg/L. Como a Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece limites de DBO para Águas Salobras Classe 1 e Salinas Classe 1, não foi possível comparar os resultados das demais amostras.

Salienta-se que os maiores resultados de DBO da campanha atual (37 mg/L no canal das Corujas – E5 e 24 mg/L em duas amostras do rio das Ostras, E3 e E6), coincidiram com os menores resultados de OD: 1,38 mg/L no rio das Ostras, a jusante dos rios Iriry e Jundiá (E3), 2,88 mg/L também no rio das Ostras, mas a jusante da foz do canal das Corujas (E6) e 3,73 mg/L no canal das Corujas (E5).

Figura 6-10. Resultados de DBO da campanha realizada em abril de 2026.



6.1.11 Fósforo total

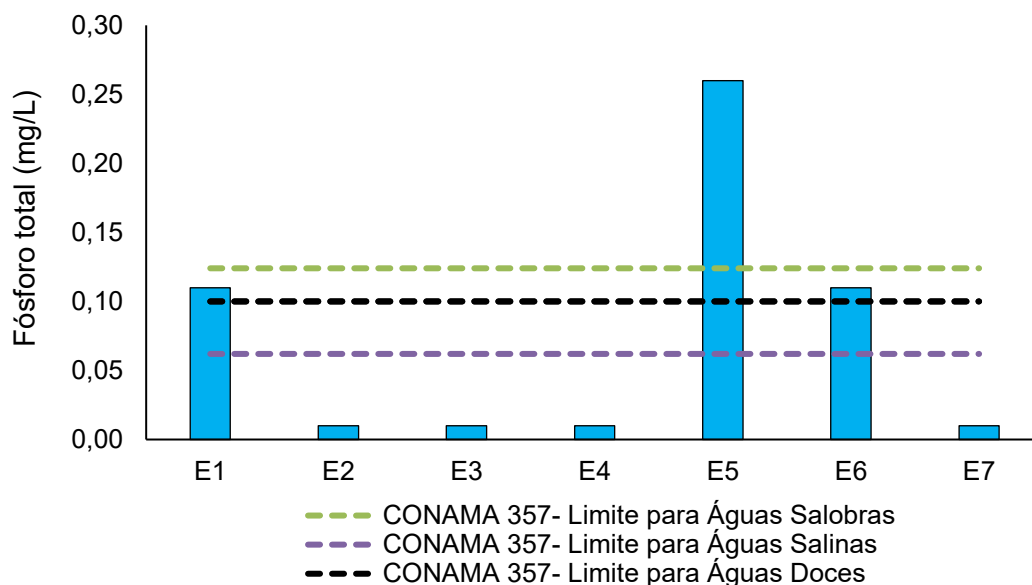
O fósforo é um nutriente que ocorre naturalmente nas águas, entretanto, altas concentrações de fósforo podem indicar aporte de esgoto e matéria orgânica para o ambiente. As principais fontes desse elemento são matéria orgânica fecal e detergentes; além disso, alguns efluentes industriais, fertilizantes 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, os resultados oscilaram entre $<0,01$ mg/L nas amostras dos pontos E2 (rio Jundiá), E4 (rio Iriry), E3 e E7 (ambos situados no rio das Ostras) e 0,26 mg/L nas águas analisadas no E5 (canal das Corujas) (Figura 6-11). Na campanha atual foi registrado apenas três resultados quantificados: 0,11 mg/L no afluente do rio Iriry (E1) e no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas (E6) e 0,26 mg/L no canal das Corujas (E5), todos os demais foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (0,01 mg/L). Todos os resultados quantificados ultrapassaram os limites de 0,1 mg/L para Águas Doces Classe 2 (E1 e E6) e de 0,124 mg/L (E6) para Águas Salobras Classe 1 estabelecidos na Resolução CONAMA nº357/2005, enquanto os demais estiveram em conformidade com a normativa.

Os resultados desse nutriente reforçam o nível de degradação hídrica das águas do canal das Corujas (E5), no qual foi registrada a maior concentração de fósforo total (0,26 mg/L), contribuindo para o maior valor de DBO (37 mg/L) e baixa oxigenação de suas águas ($OD = 3,73$ mg/L). Além disso, a partir da comparação entre os resultados da campanha atual e os da anterior (fev./26), nota-se que as amostras do canal das Corujas (E5) e do rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas (E6) permaneceram com as mesmas concentrações de fósforo total nas duas campanhas, portanto, em desconformidade com a normativa em ambas. O afluente do rio Iriry (E1) passou de $<0,01$ mg/L em fev./26 para 0,11 mg/L em abr./26 (Quadro 6-4). Esses resultados são indicativos de aporte de matéria orgânica, possivelmente proveniente do lançamento de efluentes sem tratamento ou parcialmente tratados.

Figura 6-11. Resultados de fósforo total da campanha realizada em abril de 2026.



Quadro 6-4. Variação dos resultados de fósforo total nas campanhas de fevereiro e abril de 2026.

Pontos amostrais		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Fósforo total (mg/L)	Fevereiro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,26	0,11	<0,01
	Abril	0,11	<0,01	<0,01	<0,01	0,26	0,11	<0,01

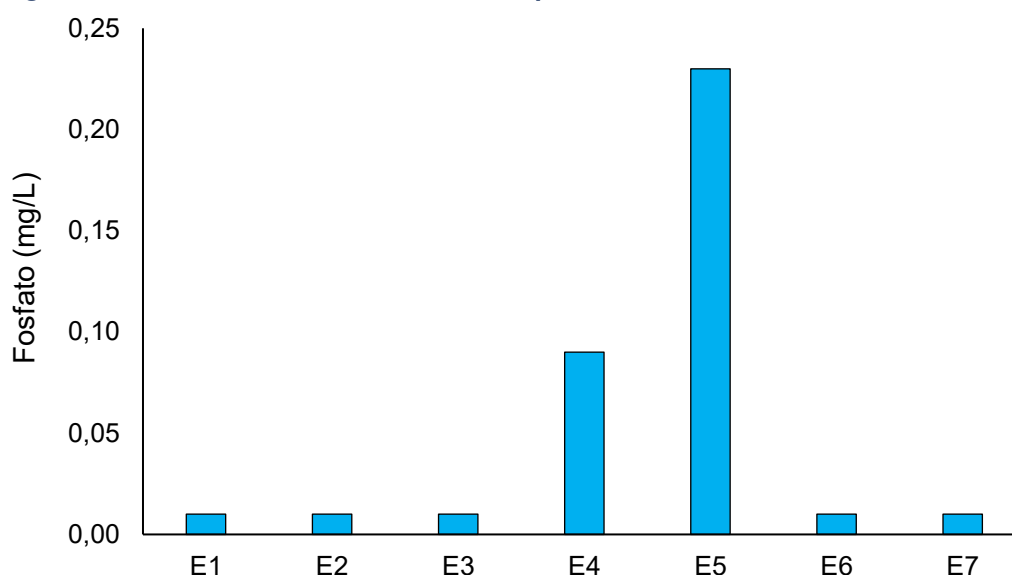
6.1.12 Fosfato

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, o nutriente não foi detectado (N.D) na maioria das amostras (E1 – afluente do rio Iriry, E2 – rio Jundiá, E3, E6 e E7 (rio das Ostras). Os resultados quantificados foram apenas no rio Iriry (E4), com 0,09 mg/L e no canal das Corujas (E5), com 0,23 mg/L (Figura 6-12). Os resultados atuais foram semelhantes aos da campanha anterior (fev./26), na qual quase todos os resultados foram menores que o limite de quantificação (LQ) do método analítico (0,06 mg/L) e a única quantificação observada havia sido no canal das Corujas (E5).

Desse modo, assim como o observado para fósforo total (Figura 6-11), a concentração mais alta de fosfato também foi registrada no canal das Corujas (Figura 6-12) e, de maneira geral, os resultados podem ser indicativos de contaminação das águas analisadas por efluentes sem tratamento ou parcialmente tratados. É importante mencionar que na Resolução CONAMA nº 357/2005 não há valores de referência para fosfato. No entanto, em caráter orientativo, tem-se que a Resolução CONAMA nº 20/86, revogada pela Resolução CONAMA nº 357/05, estabelecia como nível máximo de fosfato 0,025 mg/L para Águas Doces Classe 1 e 2 e 1,4 mg/L para Águas Doces Classe 3.

Figura 6-12. Resultados de fosfato da campanha realizada em abril de 2026.



6.1.13 Nitrogênio total

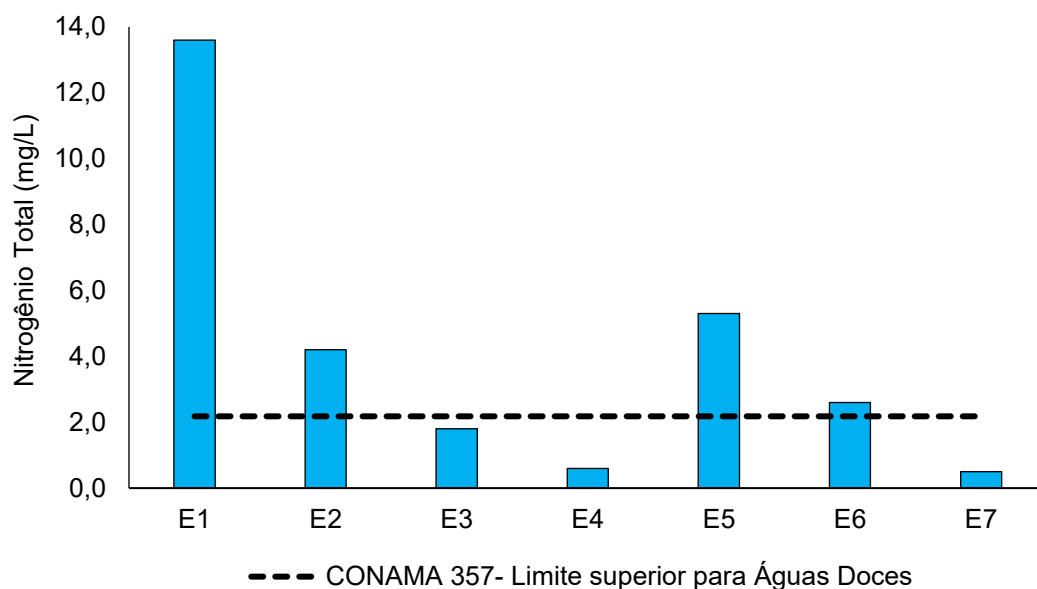
As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal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

Os resultados de nitrogênio total variaram de 0,5 mg/L, nas águas da foz do rio das Ostras (E7), a 13,6 mg/L, no afluente do rio Iriry (E1) (Figura 6-13). No que tange à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, as amostras do afluente do rio Iriry (E1 – 13,6 mg/L), do rio Jundiá (E2 – 4,2 mg/L) e do rio das Ostras, a jusante do canal das Corujas (E6 – 2,6 mg/L), ultrapassaram o limite de 2,18 mg/L estabelecido pela legislação supracitada para Águas Doces Classe 2 em ambientes lóticos. Já a amostra do rio Iriry (E4), também classificada como doce, esteve em conformidade com a normativa de referência. As demais amostras foram categorizadas como salobras (E3 e E6) e salina (E7) e não há limites, estabelecidos na legislação de referência, para essas classificações de Classe 1.

Ao comparar os resultados atuais com os da campanha de fev./26, conforme exposto no Quadro 6-5, nota-se que a maioria das amostras, coletadas em pontos com maior circulação das águas, apresentou redução nas concentrações de nitrogênio total. Supõe-se que essa diferença esteja associada à precipitação, já que no dia anterior à coleta de abril foi registrado um acúmulo pluviométrico de 42,7 mm (Figura 6-1), contribuindo para a diluição das águas amostradas.

Diante dos resultados, as águas dos pontos E1 (afluente do rio Iriry), E2 (rio Jundiá) e E5 (canal das Corujas) requerem muita atenção. A concentração atual desse nutriente no afluente do rio Iriry (E1) foi a maior já observada para essa estação desde o início do monitoramento. No rio Jundiá (E2), a concentração de nitrogênio total passou de 3,2 mg/L em fev./26 para 4,2 mg/L atualmente. A amostra do canal das Corujas (E5), apesar de ter apresentado redução na concentração atual de nitrogênio total (de 9,6 mg/L em fev./26 para 5,3 mg/L em abr./26), permaneceu com um resultado alto (Quadro 6-5). O elevado nível de nitrogênio total, junto às concentrações dos demais nutrientes previamente mencionados (no caso de E5), é um indicativo de eutrofização nesses corpos hídricos. Cenários de eutrofização impulsionam o crescimento exacerbado de algas e macrófitas aquáticas (CETESB, 2018). Um dos principais impactos desse processo é a produção de toxinas por cianobactérias, que podem causar efeitos negativos à biota e à saúde humana (FIGUEIRÊDO et al., 2007; MORAES, 2009; COSTA et al., 2021).

Figura 6-13. Resultados de nitrogênio total da campanha realizada em abril de 2026.



Quadro 6-5. Variação dos resultados de nitrogênio total nas campanhas de fevereiro e abril de 2026.

Pontos amostrais		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Nitrogênio total (mg/L)	Fevereiro	1,2	3,2	2,9	1,1	9,6	2,8	1,3
	Abril	13,6	4,2	1,8	0,6	5,3	2,6	0,5

6.1.14 Nitrato

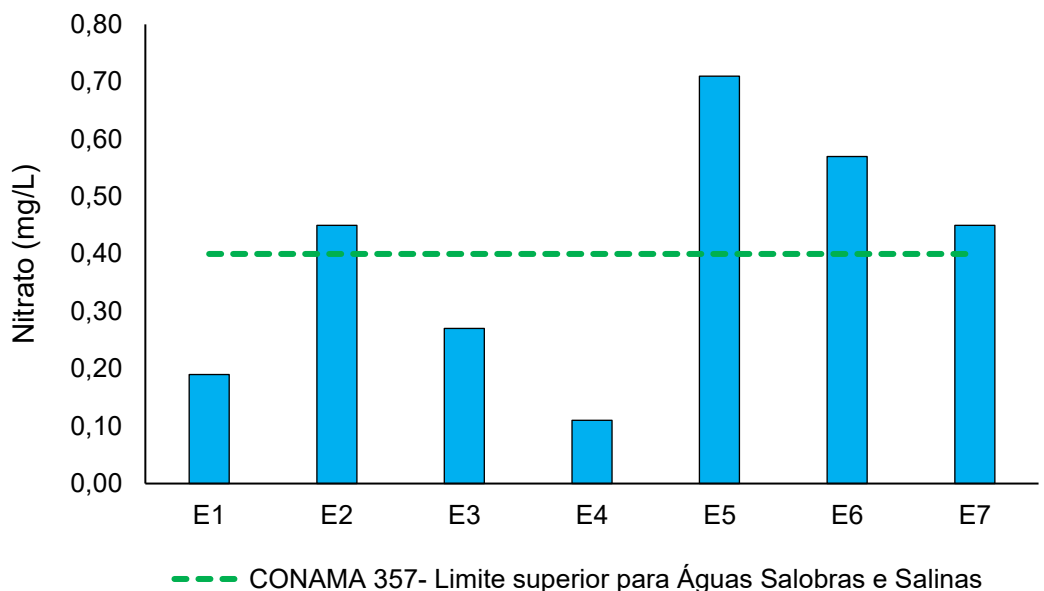
O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato (CETESB, 2014). Nesse sentido, destaca-se que o nitrato é um íon relevante e ocorre naturalmente no ambiente, mas, atualmente, sua detecção em excesso nos diferentes compartimentos ambientais está 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 0,11 mg/L na amostra do rio Iriry (E4) a 0,71 mg/L no canal das Corujas (E5). Quando equiparados aos limites descritos

na Resolução CONAMA nº 357/2005, nota-se que a maioria dos resultados estiveram em conformidade com os limites de 10,0 mg/L para Águas Doces Classe 2 (E1, E2, E4 e E6) e de 0,4 mg/L para Águas Salobras (E3) e Salinas Classe 1 (Figura 6-14). As exceções foram as amostras do canal das Corujas (E5 - 0,71 mg/L) e da foz do rio das Ostras (E7 - 0,45 mg/L) que ultrapassaram o limite de 0,4 mg/L. A fim de obter 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.

Comparando os resultados atuais com os de fev./2026, nota-se que a maioria das amostras apresentou redução na concentração do nutriente, conforme exposto no Quadro 6-6.

Figura 6-14. Resultados de nitrato da campanha realizada em abril de 2026.



Quadro 6-6. Variação dos resultados de nitrato nas campanhas de fevereiro e abril de 2026.

Pontos amostrais		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Nitrato (mg/L)	Fevereiro	0,29	0,27	0,29	0,22	1,20	0,10	0,57
	Abril	0,19	0,45	0,27	0,11	0,71	0,57	0,45

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

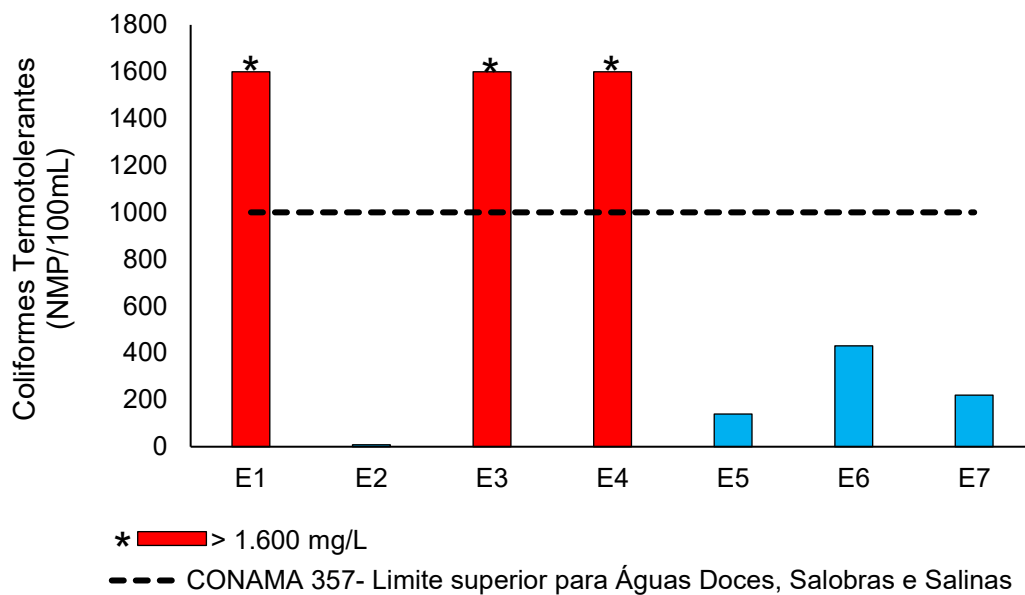
trato intestinal humano e animal, sendo assim, as concentrações de coliformes termotolerantes e coliformes totais presentes na água são bons indicadores do grau de despejo de esgoto sanitário em ambientes aquáticos (CETESB, 2014).

No que se refere a essa variável microbiológica, os resultados variaram entre 7,8 NMP/100mL no rio Jundiá (E2) e >1.600,0 NMP/100mL no rio Iriry (E4), seu afluente (E1) e no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3). A partir da Figura 6-15, nota-se que a maioria das amostras estiveram em conformidade com o limite de 1.000 NMP/100mL estabelecido pela Resolução CONAMA nº357/2005 para Águas Doces Classe 2 (E2 e E6) e Águas Salobras (E5) e Salinas Classe 1 (E7).

Comparativamente aos dados de fev./2026, somente as amostras do rio Iriry (E4), seu afluente (E1) e do rio das Ostras (E3) permaneceram com resultados maiores que o limite de quantificação do método analítico (1.600 NMP/100mL), as demais apresentaram redução (Quadro 6-7).

Portanto, na campanha atual, o padrão observado foi o contrário do esperado: nas estações amostrais mais próximas à área de intensificação urbana foram registrados os menores resultados de coliformes termotolerantes, enquanto nas áreas interiores da Bacia do Rio das Ostras, como no rio Iriry e seu afluente (E4 e E1) e no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3), foram registrados os maiores. Supõe-se que a elevada pluviosidade acumulada no dia anterior à coleta (42,7 mm), somada ao efeito da maré alta, tenha contribuído para o resultado observado nos pontos costeiros (E5, E6 e E7).

Figura 6-15. Resultados de coliformes termotolerantes da campanha realizada em abril de 2026.



Quadro 6-7. Variação dos resultados de coliformes termotolerantes nas campanhas de fevereiro e abril de 2026.

Pontos amostrais		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Fevereiro	>1600,0	14,0	>1600,0	>1600,0	>1600,0	>1600,0	>1600,0
	Abril	>1600,0	7,8	>1600,0	>1600,0	140,0	430,0	220,0

7 Diagnóstico da atual campanha

No que se refere à caracterização da área de estudo quanto à salinidade, os menores resultados foram registrados nas estações mais interiores da bacia, como no rio Iriry e no seu afluente (E4 e E1). A intrusão salina atingiu, principalmente, as estações localizadas ao longo do rio das Ostras (E3 e E7) e o canal das Corujas (E5). Os resultados de salinidade de E3 e E6, situados no rio das Ostras, foram consideravelmente menores que o da campanha de fev./26, ao ponto das águas da estação E6 serem categorizadas como doces. Supõe-se que a precipitação acumulada no dia anterior à coleta de abril tenha contribuído para a redução do efeito da contribuição marinha.

Como esperado devido a sua localização, os maiores resultados de salinidade, condutividade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e pH foram registrados na amostra da foz do rio das Ostras (E7). 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 influenciam os resultados de salinidade. O pH, por sua vez, pode afetar a solubilidade e a precipitação de material particulado, como íons e sais, influenciando indiretamente a condutividade (ESTEVES, 2011). Dados pretéritos desse mesmo projeto, referentes às campanhas de setembro e novembro de 2022 e janeiro, março e maio de 2023, também apontam o incremento do pH no estuário do rio das Ostras e da maioria dos parâmetros supracitados, indicando um padrão de resultados mais elevados para essa localidade (CBH MACAÉ OSTRAS, 2023a).

Em relação à turbidez, todas as quatro amostras classificadas como doce, rio Iriry, seu afluente (E4 e E1), rio Jundiá (E2) e rio das Ostras (E6), estiveram em conformidade com o limite de 100 UNT estabelecido pela normativa de referência para Águas Doces Classe 2.

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 (OMER, 2020). Esse parâmetro vem apresentando um histórico de baixas concentrações (CBH MACAÉ OSTRAS, 2023) e na campanha atual quase todas as amostras apresentaram resultados abaixo dos limites mínimos de 5 mg/L e 6 mg/L estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (5 mg/L) e para Águas Salinas Classe 1 (6 mg/L). A exceção foi a amostra do rio Iriry (E4) que apresentou resultado ligeiramente acima do mínimo requerido

para águas doces. Esse cenário evidencia o estado de degradação e o elevado aporte de matéria orgânica nos corpos hídricos monitorados. A situação mais crítica se concentrou na estação do rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3), cujo registro de OD foi abaixo de 2 mg/L, caracterizando um cenário de hipoxia (DIAZ; ROSENBERG, 2008).

Quanto à DBO, os maiores resultados do parâmetro coincidiram com os menores de OD: 37 mg/L – DBO e 3,73 mg/L de OD no canal das Corujas (E5), 24 mg/L – DBO nos pontos E3 e E6, situados no rio das Ostras, com 1,38 mg/L e 2,88 mg/L de OD, respectivamente. Além disso, todas as amostras classificadas como doce (rio Iriry – E4, seu afluente – E1, rio Jundiá – E2 e rio das Ostras – E6), ultrapassaram o limite de 5 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº357/2005.

Em relação aos nutrientes, no canal das Corujas (E5) foram registradas as maiores concentrações de fósforo total (0,26 mg/L), fosfato (0,23 mg/L) e nitrato (0,71 mg/L), além da segunda maior de nitrogênio total (5,3 mg/L). Esse cenário é um indicativo do aporte de matéria orgânica nessas áreas, contribuindo para a maior DBO registrada na campanha (37 mg/L) e para a terceira menor concentração de OD (3,73 mg/L).

Considerando os coliformes termotolerantes, diferentemente da campanha de fev./2026, na qual seis das sete amostras haviam apresentado resultado maior que o limite de quantificação do método analítico (>1.600 NPM/100mL), na campanha atual, em apenas três das sete amostras foi registrado resultado >1.600 NMP/100mL (rio Iriry – E4, seu afluente – E1 e rio das Ostras E3). Desse modo, na campanha atual a maioria dos resultado esteve em conformidade com o limite de 1.000 NMP/100mL estabelecido para Águas Doces Classe 2 e Águas Salinas e Salobras Classe 1.

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).

Salienta-se que, para realização dos testes supracitados, as variáveis fosfato e sólidos totais foram removidas, devido à alta colinearidade com fósforo total, sólidos dissolvidos totais, condutividade e salinidade. 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 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)	264
Graus de liberdade	66
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 explicam, respectivamente, 46,33% e 22,54% da variação dos dados, totalizando 68,87%.

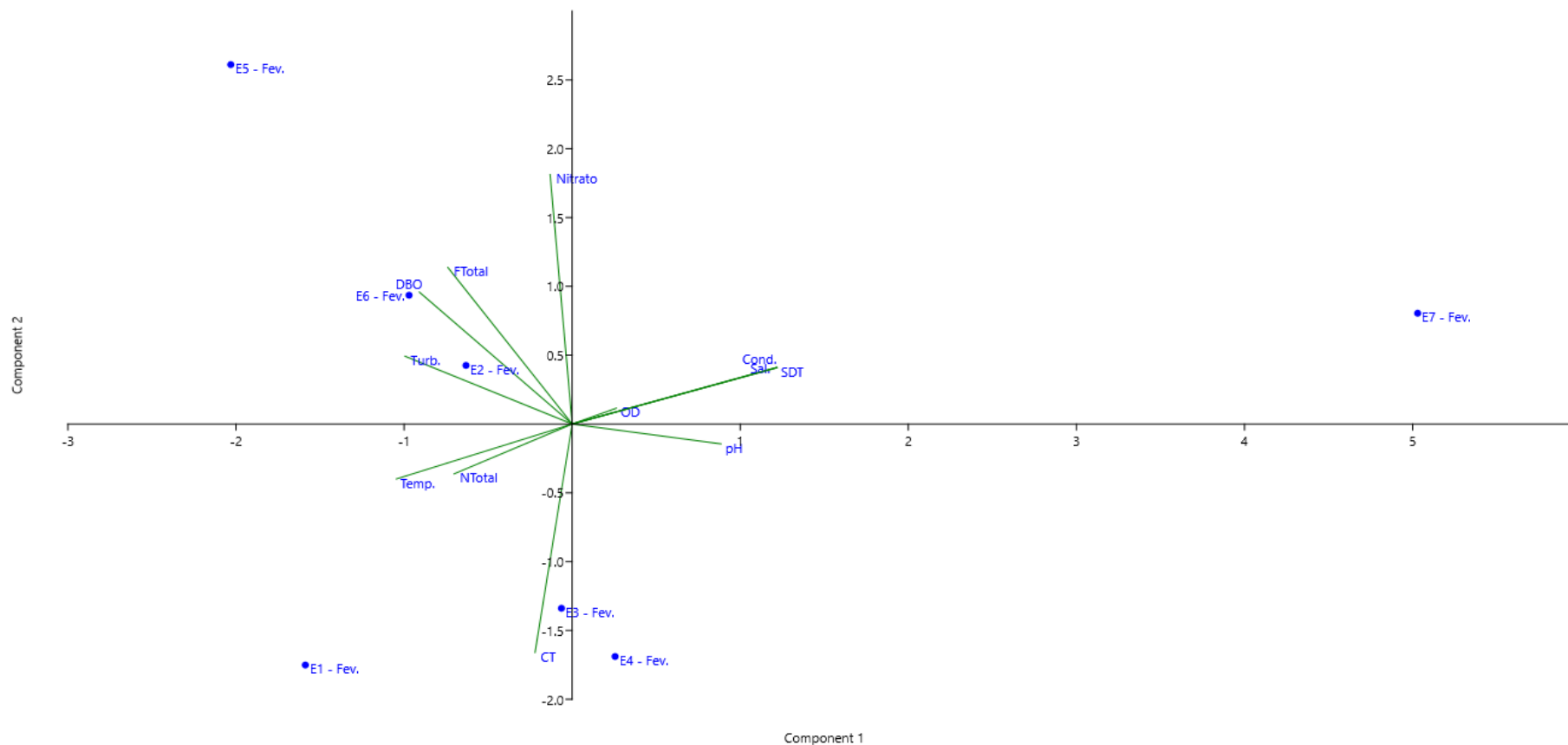
Com base na Figura 7-1, nota-se que a distribuição do ponto E7 (fz do rio das Ostras) foi influenciada pelos altos valores de salinidade, sólidos dissolvidos totais (SDT) e condutividade. Isso está associado à forte contribuição marinha nesse ponto, que eleva a salinidade, os SDT e a condutividade, além de tender a aumentar o pH. Embora as condições ambientais nessa localidade, como a circulação das águas e a correnteza, favoreçam a aeração e contribuam para o aumento do OD, o menor comprimento do vetor dessa variável indica que sua variabilidade foi pouco representada pelos componentes PC1 e PC2, sugerindo baixa contribuição para a ordenação das amostras observadas nesses componentes.

De modo inverso, os parâmetros supracitados influenciaram negativamente a distribuição do ponto E1 (afluente do rio Iriry) que, por estar localizado na região mais interna da bacia, não sofre influência marinha. Portanto, a salinidade é consideravelmente mais baixa (Quadro 6-1), assim como os SDT e a condutividade. É possível observar que a distribuição do grupamento formado entre as amostras do rio Iriry (E4), seu afluente (E1) e rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3), foi influenciada pelos altos valores de coliformes termotolerantes. Além disso, as variáveis temperatura e nitrogênio total também influenciaram positivamente o ponto E1. Essa configuração de maiores resultados de coliformes termotolerantes no interior da bacia pode estar associada ao aporte difuso de contaminantes, principalmente nos pontos situados nas áreas sem influência de maré (Figura 6-1).

A estação amostral E5, referente ao canal das Corujas, junto com E6 (rio das Ostras) e E2 (rio Jundiá) forma um agrupamento no quadrante positivo da PC2. Desse

modo, observa-se a influência positiva dos vetores associados aos nutrientes e DBO sobre esses pontos, principalmente sobre E5 e E6. No canal das Corujas (E5), de forma semelhante à campanha de fev./2026, foram registrados os maiores resultados de DBO, fósforo total e nitrato. De forma geral, o excesso de nutrientes indica o aporte elevado de carga orgânica nas águas amostradas, evidencia a degradação hídrica e favorece o processo de eutrofização.

Figura 7-1. Resultado da análise dos componentes principais referente as análises realizadas em abril de 2026.



Legenda: CT – Coliformes Termotolerantes; Cond. – Condutividade; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; Ftotal – Fósforo Total; Ntotal – Nitrogênio Total; Sal. – Salinidade; SDT – Sólidos Dissolvidos Totais; Temp. – Temperatura e Turb. – Turbidez.

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 de resultado, 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 de resultados, 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}. Enquanto no IQA_{CETESB} apareceram 4 classificações boas, no IQA_{NSF} as classificações variaram entre ruim e média.

Apesar dos resultados quantitativos terem sido muito próximos, as menores e maiores pontuações apresentaram variação entre os dois métodos. No IQA_{CETESB}, a menor pontuação foi registrada no canal das Corujas, com 33,48 (ruim), enquanto a maior foi no rio Iriry (E4), com 61,26 (boa). Já em relação ao IQA_{NSF}, a menor pontuação foi registrada no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3), com 33,11 (ruim), enquanto a maior foi na foz do rio das Ostras (E7), 59,52 (média). Vale ressaltar que a diferença, entre os dois métodos de IQA, das amostras que obtiveram pontuação mínima e máxima foi de décimos (Tabela 7-2).

Ao ampliar a análise e considerar as duas amostras com pior e melhor qualidade da água de acordo com os índices, nota-se que os resultados coincidem: tanto no IQA_{CETESB} quanto no IQA_{NSF}, as amostras com a pior qualidade de água foram as do canal das Corujas (E5) e rio das Ostras (E3), enquanto as de melhor qualidade foram as provenientes do rio Iriry (E4) e da foz do rio das Ostras (E7). Desse modo, os resultados de E5 e E3 evidenciam a degradação de suas águas decorrente da baixa concentração de OD (Figura 6-9) e alta concentração da DBO (Figura 6-10), devido ao aporte de matéria orgânica (Figura 6-15, Figura 6-11, Figura 6-12, Figura 6-13 e Figura 6-14). Esse cenário é decorrente, provavelmente, do aporte de efluentes não tratados ou parcialmente tratados nas águas amostradas.

A partir da comparação dos resultados dos índices com os dados brutos, torna-se evidente a limitação dos métodos, especialmente do IQA_{CETESB} e a necessidade de análise

conjunta com os dados brutos. A amostra do rio Iriry (E4), apesar de ter apresentado resultado de coliformes termotolerantes, variável de segundo maior peso nas duas metodologias do IQA, acima do limite de quantificação do método analítico (1.600,0 NMP/100mL), recebeu classificação boa no IQA_{CETESB}, além de ter tido a segunda melhor pontuação do IQA_{NSF}. Além disso, a amostra da foz do rio das Ostras (E7) foi classificada como boa e recebeu a pontuação mais alta no IQA_{NSF}, entretanto os parâmetros que mais influenciam no cálculo podem ter sofrido influência da diluição ocasionada pelo efeito da maré. Somado a isso, apesar das classificações obtidas, os valores de OD registrados não alcançaram o mínimo estabelecido para a proteção das comunidades aquáticas, conforme preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salinas de Classe 1 (6 mg/L) e Águas Doces e Salobras (5 mg/L), evidenciando a baixa qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio das Ostras.

Ao comparar os resultados atuais do IQA, de ambos os métodos, com os da campanha anterior, realizada em fev./2026, nota-se que a maioria das pontuações aumentou ligeiramente, resultando nas mesmas classificações no IQA_{NSF} ou em duas mudanças de categorização, como no IQA_{CETESB}. Conforme disposto na Tabela 7-3 e Tabela 7-4, as maiores diferenças de pontuação registradas foram nas amostras do rio das Ostras (E3 - 9 a 10 pontos de diferença) e do rio Jundiá (E2 – em torno de 8 pontos de diferença).

A partir da Tabela 7 3, que apresenta o IQA_{CETESB} em fevereiro e abril de 2026, nota-se que, o rio Jundiá (E2), cujo registro em fevereiro foi de 60,17 pontos, apesar de ter mantido o resultado qualitativo (bom), apresentou queda na qualidade hídrica, visto que a pontuação de abril foi de 56,36. O pH e o nitrogênio total foram os principais responsáveis pela diferença observada, com redução de 5,98 de pH para 4,04 e aumento de 3,2 mg/L de nitrogênio total para 4,2 mg/L. O mesmo ocorreu com a amostra do rio das Ostras (E3), cujo registro em fevereiro foi de 42,55 pontos e em abril, 33,55. A redução de OD e o aumento da DBO foram os responsáveis pela diferença observada. O OD passou de 2,57 mg/L para 1,38 mg/L, resultando em um aumento da DBO de 14 mg/L para 24 mg/L. Supõe-se que a diferença observada esteja relacionada ao escoamento superficial e à contaminação gerada a partir dele, visto que a pluviosidade acumulada no dia anterior à coleta foi maior que 40 mm (Figura 6-1).

A Tabela 7-4 ilustra a mesma dinâmica supracitada, porém, levando em consideração as diferenças no IQA_{NSF} de fevereiro e abril de 2026. O que diverge, além

das classificações e pontuações, são os parâmetros analisados, enquanto a Tabela 7-3 dispõe sobre o nitrogênio total, a Tabela 7-4 abrange o nitrato.

Tabela 7-2. Resultados do IQA em cada estação amostral da campanha realizada no mês de abr./2026.
 IQA_{CETESB} : vermelho = ruim; amarelo = regular; verde = boa; IQA_{NSF} : laranja = ruim; amarelo = média.

Estação	Localização	IQA_{CETESB}	IQA_{NSF}
E1	Afluente do rio Iriry	52,49	54,70
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	52,36	56,08
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	33,55	33,11
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	61,26	59,08
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	33,48	34,00
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	39,81	40,70
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	59,31	59,52
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 IQACETESB de fev./26 e abr./26 com destaque para os valores dos parâmetros que provocaram as maiores diferenças de pontuação observadas.

Estação	Localização	IQA fev./26		IQA abr./26	
E1	Afluente do rio Iriry	50,99	-	52,49	-
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	60,17	5,98 de pH 3,2 mg/L de nitrogênio total	52,36	4,04 de pH 4,2 mg/L de nitrogênio total
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	42,55	2,57 mg/L de OD 14 mg/L de DBO	33,55	1,38 mg/L de OD 24 mg/L de DBO
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	55,65	-	61,26	-
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	32,33	-	33,48	-
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	42,76	-	39,81	-
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	56,25	-	59,31	-
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 IQACETESB: OD – 0,17; Coliformes Termotolerantes – 0,15; Nitrogênio total e Fósforo total – 0,10.

Tabela 7-4. Resultados do IQA_{NSF} de fev./26 e abr./26 com destaque para os valores dos parâmetros que provocaram as maiores diferenças de pontuação observadas.

Estação	Localização	IQA fev./26		IQA abr./26	
E1	Afluente do rio Iriry	50,08	-	54,70	-
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	64,49	0,27 mg/L de nitrato	56,08	0,45 mg/L de nitrato
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	42,94	2,57 mg/L de OD 14 mg/L de DBO	33,11	1,38 mg/L de OD 24 mg/L de DBO
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	55,24	-	59,08	-
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	32,51	-	34,00	-
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	44,20	-	40,70	-
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	55,45	-	59,52	-
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 Fósforo – 0,10.

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 2025, apresentaram como resultado nove classificações ruins e três médias (INEA, 2025). Tendo como base o monitoramento realizado pelo órgão ambiental e os resultados do presente estudo, apenas a estação amostral E7 se aproxima do ponto de coleta RO015, descrito nos relatórios consolidados do INEA da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras. Na campanha de abril de 2026, o IQA_{NSF} da amostra do ponto E7 foi classificado como médio, mantendo o enquadramento observado nas campanhas de setembro e novembro de 2024, janeiro, março, maio, agosto, outubro e dezembro de 2025 e fevereiro de 2026. Enquanto nos resultados históricos e atuais, há uma manutenção do padrão de melhoria na qualidade da água, no boletim do IQA médio anual e no Consolidado Anual (Histórico) da RH VIII Macaé e das Ostras, disponibilizados pelo INEA (2025), a classificação do ponto RO015 era ruim em 2023, em 2024 passou a ser média e em 2025 voltou a ser ruim.

Essa diferença de classificação do presente monitoramento em relação aos resultados do INEA de 2025 só reforça que a localização do ponto E7 em região de foz, com intensa circulação de águas, pode favorecer processos de diluição e dispersão dos poluentes, atenuando suas concentrações, mas também mascarando o perfil de alguns parâmetros e gerando resultados divergentes à real condição ambiental.

8 OBSERVAÇÕES GERAIS

Diante dos resultados expostos, 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* e contaminação por nutrientes, que refletem diretamente na qualidade das águas.

Destaca-se que, além das águas do canal das Corujas (E5), na qual foram registradas as concentrações mais elevadas de fósforo total, fosfato e DBO, as águas do rio das Ostras (E3), a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá também foram consideradas de pior qualidade nesse monitoramento de acordo com os métodos do IQA utilizados. Nelas foi registrado resultado de coliformes termotolerantes acima do LQ

(1.600,0 NMP/100mL) e a concentração mais baixa de OD (1,38 mg/L), caracterizando uma condição de hipoxia.

Cabe destacar também a redução da qualidade das águas das estações localizadas no interior da bacia (rio Iriry – E4 e seu afluente – E1). Nas amostras provenientes dessas localizações foram registrados resultados de coliformes termotolerantes >1.600,0 NMP/100mL, além de pico de nutrientes, como o de nitrogênio total no afluente do rio Iriry (E1), o maior do monitoramento.

Todo o cenário observado nos diferentes corpos hídricos monitorados é provavelmente decorrente do elevado aporte de águas residuais sem tratamento nos sistemas, que implica em aumento da atividade microbiana, queda de OD e baixa DBO. Salienta-se que, com exceção da amostra do E4 (rio Iriry), na qual foi registrado resultado ligeiramente acima do mínimo requerido pela Resolução CONAMA nº357/2005, em todas as demais amostras foram registradas concentrações de OD abaixo dos limites mínimos de 5 mg/L para Águas Doces Classe 2 e Salobras Classe 1 e 6 mg/L para Águas Salinas Classe 1. Isso coloca em risco a biodiversidade local, o abastecimento e regulação fornecidos pelos corpos hídricos.

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 4 anos de monitoramento, 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 Zanolli. 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://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 24 mai. 2023.

ALAH, 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, salinidad, 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, Grasiane 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.

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 020, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0020-180686.PDF>.

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.

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 Consolidado Final 01)**. 2023a. Disponível em: https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2023/09/Produto_7__Relatorio_CILSJ-RO_Oceanus_final_rev02.pdf. Acesso em: 17 set. 2025.

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 IV)**. 2023b. 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). **Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade da Bacia do Rio das Ostras (Relatório Consolidado Final 03)**. 2025. Disponível em: <https://comitemacaeostras.org.br/wp->

content/uploads/2022/10/20250801121151_15JPEER60T0_Relatorio_CILSJ-RO_Oceanus_final_rev02-1.pdf. Acesso em: 17 set. 2025

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 Consolidado Final 03)**. 2025. Disponível em: https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2022/10/20250801121151_15JPEER60T0_Relatorio_CILSJ-RO_Oceanus_final_rev02-1.pdf. Acesso em: 17 de set. 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/fle/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 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 ecohidrologia para o manejo sustentável dos ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 676-687, 2009. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3253454>. Acesso em: 01 nov. 2024.

DE SOUZA, 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. J.; ROSENBERG, R. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, v. 321, n. 5891 p. 926–929, 2008. DOI: 10.1126/science.1156401. Acesso em: 06 maio 2026.

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. 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-Metodologia-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-Metodologia-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). **RH VIII - Macaé e das Ostras**. Rio de Janeiro: INEA, 2025. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/rh-viii-macaee-das-ostras/>. Acesso em: 07 maio 2026.

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.btdt.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.

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 WRATIC index in 2015. **Archives of Hygiene Sciences**, v. 5, n. 4, p. 264-277, 2016. Disponível em: https://jhygiene.muq.ac.ir/browse.php?a_id=155&slc_lang=en&sid=1&ftxt=1&html=1. Acesso em: 20 ago. 2024.

MORESI, 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.

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: <https://www.bdtd.uerj.br:8443/handle/1/10917>. Acesso em: 15 ago. 2024.

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

REGINA, 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.

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.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Série histórica**. Brasil: SNIS, 2022. Disponível em: <https://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 23 out. 2025.

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 Comandá, através do Índice de Qualidade da Água. **Revista Thema**, v. 22, n. 1, p. 79-103, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.V22.2023.79-103.3068>. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/3068>. Acesso em: 19 ago. 2024.

THYAGI, 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/kpzVhzFFCk3zxZFvFXPvZG/#>. 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 SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996, v.1, 2 ed., 243 p.

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