

Relatório Consolidado Final 03

Referência: Setembro de 2024 a Maio de 2025

Junho de 2025

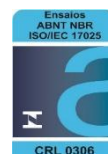
Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger*	Gestora Ambiental Coordenadora Geral viviane@oceanus.bio.br *	
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
Roberta Guarany Oberlaender	Mestre em Planejamento Ambiental, graduada em Ciências Biológicas projetos01@oceanus.bio.br	CRBio nº 96578/02-D
Aíres Vanessa Cavalcante dos Santos	Bióloga Analista de Projetos Ambientais projetos11@oceanus.bio.br	CRBio nº 131476/02-D
Debora Costa	Supervisora de Logística deboracosta@oceanus.bio.br	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem coletas02@oceanus.bio.br	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).

**Principal contato de comunicação.

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

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio- Lagos São João
00	24/06/2025	Emissão original	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	
01	24/07/2025	Revisão conforme solicitação do CILSJ	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	

Índice Geral

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVO GERAL.....	7
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4	ÁREAS DE ESTUDO	9
4.1	Rio Iriry	11
4.2	Rio Jundiá.....	13
4.3	Canal das Corujas	14
4.4	Rio das Ostras	15
5	METODOLOGIA.....	18
5.1	Pontos amostrais	18
5.2	Metodologia de Coleta.....	21
5.3	Metodologia de Análise.....	22
5.4	Avaliação dos Resultados.....	24
5.4.1	Índice de Qualidade de Água (IQA)	25
5.4.2	Análises estatísticas.....	33
5.4.3	Matriz FPSEEA	33
5.4.4	Matriz SWOT.....	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
6.1	Análise físico-química e microbiológica	35
6.1.1	Precipitação	35
6.1.2	Temperatura.....	40
6.1.3	Salinidade	41
6.1.4	Condutividade	44
6.1.5	Sólidos totais.....	47
6.1.6	Sólidos dissolvidos totais	48
6.1.7	Turbidez	49
6.1.8	pH	52
6.1.9	Oxigênio dissolvido	54
6.1.10	Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	56
6.1.11	Nitrogênio total	58
6.1.12	Nitrato.....	60
6.1.13	Fósforo total	62
6.1.14	Fosfato	64

6.1.15	Coliformes termotolerantes	65
7	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	67
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	74
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA)	78
7.3	Matriz FPSEEA.....	86
7.4	Matriz SWOT	89
8	OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	91
9	REFERÊNCIAS	93
10	ANEXOS	108

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental é uma ferramenta de grande importância na gestão do meio ambiente, uma vez que permite a obtenção e análise sistemática das informações para auxiliar no processo decisório da gestão ambiental. Nesse sentido, o monitoramento ambiental com ênfase na qualidade hídrica é fundamental, visto que esse recurso é essencial para a vida humana, e usos diversos, tais como abastecimento público, irrigação, recreação, entre outros (OLIVEIRA et al., 2017).

Ainda nesse contexto, a utilização de indicadores de qualidade de águas é pautada em variáveis provenientes de fontes naturais ou antrópicas (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Um exemplo é o Índice de Qualidade de Água (IQA), que apresenta um método integrador, no qual a qualidade do recurso hídrico é um resultado numérico, comparável a uma escala pré-estabelecida (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003; ANA, 2023).

Além do IQA, a medição de determinadas variáveis químicas e físicas pode auxiliar na compreensão da caracterização do corpo hídrico. A condutividade, por exemplo, apresenta uma influência da temperatura e das concentrações iônicas disponíveis, e por esses fatores, demonstra uma forma indireta de medição de poluentes (CETESB, 2014). Já a salinidade refere-se aos íons inorgânicos que são dissolvidos em água (CAÑEDO-ARGUELLES et al., 2013). Em rios brasileiros, verifica-se o aumento desse parâmetro em detrimento da redução da vazão em ambientes aquáticos naturais, e caso seja observada uma elevação dessa salinidade, pode impactar a biodiversidade e comprometer serviços ecossistêmicos (CAÑEDO-ARGUELLES et al., 2013; CBH MACAÉ OSTRAS, 2022).

Portanto, o presente projeto contribui para o estabelecimento de diagnóstico da qualidade da água ao utilizar parâmetros indicadores (biológicos, físicos e químicos), padronizados por entidades especializadas e com metodologia específica, que servirão de informação para qualquer ação de gerenciamento, proteção ou de recuperação de um sistema hídrico.

Nesse contexto, destaca-se a importância das águas superficiais, que são componentes cruciais 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).

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 de suas águas corresponde aos efeitos agregados de inúmeros aspectos, sendo também impactada pelas características da bacia hidrográfica (MASSOUD, 2012). Destaca-se ainda que os rios, além de serem fundamentais para o equilíbrio ambiental como um todo, 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).

A partir do monitoramento realizado, que se refere ao terceiro ano do projeto na região, os dados obtidos servirão como importante instrumento de gestão, capaz de complementar informações de bancos de dados da qualidade hídrica da Bacia de Rio das Ostras, subsidiando planejamento e execuções de medidas de mitigação e remediação, bem como ações de educação e sensibilização ambiental dos órgãos competentes.

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

2 OBJETIVO GERAL

Compilar e avaliar os resultados de cinco coletas na Bacia do Rio das Ostras, inserida na Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, realizadas ao longo de oito meses de monitoramento, no terceiro ano consecutivo da série histórica, acompanhando os padrões de qualidade da água em trechos estratégicos.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos têm-se:

- Reunir e organizar os dados brutos, levantados durante o período de monitoramento, em planilhas, de acordo com o previsto no escopo do projeto;
- Analisar os dados compilados, comparando os resultados com a legislação vigente e identificando possíveis padrões;
- Elaborar análises estatísticas integradas, ao longo do período de monitoramento, com a finalidade de caracterizar a qualidade das águas na Bacia do Rio das Ostras, identificando padrões de variação espacial e/ou temporal e relações entre os pontos amostrais e as variáveis ambientais;

4 ÁREAS DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras faz parte da Região Hidrográfica VIII (RH VIII), possui 157 Km² de área, em que 92,5% pertencem ao município de Rio das Ostras e 7,5% ao município de Casimiro de Abreu (RIO DE JANEIRO, 2017). A bacia (Figura 4-1) está localizada entre as coordenadas paralelas 22°20' e 22°35' Sul e os meridianos 41°45' e 42°05' Oeste, abrangendo a região conhecida como as baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, localizando-se na faixa costeira central-norte do Estado. Apresenta suas nascentes no complexo de serras isoladas, situadas na região de Cantagalo (JARDIM, 2020). É caracterizada por ter várias áreas de inundações e grande influência de marés sobre o rio, com entrada salina até o trecho em que o Canal das Corujas deságua no rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). Ao longo da bacia são observadas pastagens, alagados e uma área de manguezal protegida por regulamentações estuais 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 atua diretamente nas características hidrodinâmicas dos rios da região, constituindo elementos de análise importantes para o entendimento do regime fluvial nos diferentes tipos de rios na região hidrográfica (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. O levantamento prévio realizado para a região apresenta uma temperatura média anual de 23,2 C na parte baixa da RH e 18,1 C na parte alta da RH (CBH MACAÉ OSTRAS, 2012).

Essa região hidrográfica se confronta a oeste com a bacia do rio São João, ao norte com a bacia do rio Macaé e a leste com a bacia da lagoa Imboassica e tem uma área de drenagem de 77 Km² (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004).

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).

Em relação a base legal, a lei Federal nº 9.433/1997 – instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento, estabelecendo os comitês de bacia como mecanismo de gestão descentralizada e participativa. Já a Resolução CERHI-RJ nº 107/2013 – delimitou oficialmente a Região Hidrográfica VIII (RH-VIII), englobando as bacias dos rios Macaé, das Ostras e a Lagoa Imboassica. A gestão dos recursos hídricos nessa região tem como base a Lei Federal nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e a gestão por meio de comitês, e a Lei Estadual nº 3.239/1999 (RJ), que estruturou o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI-RJ).

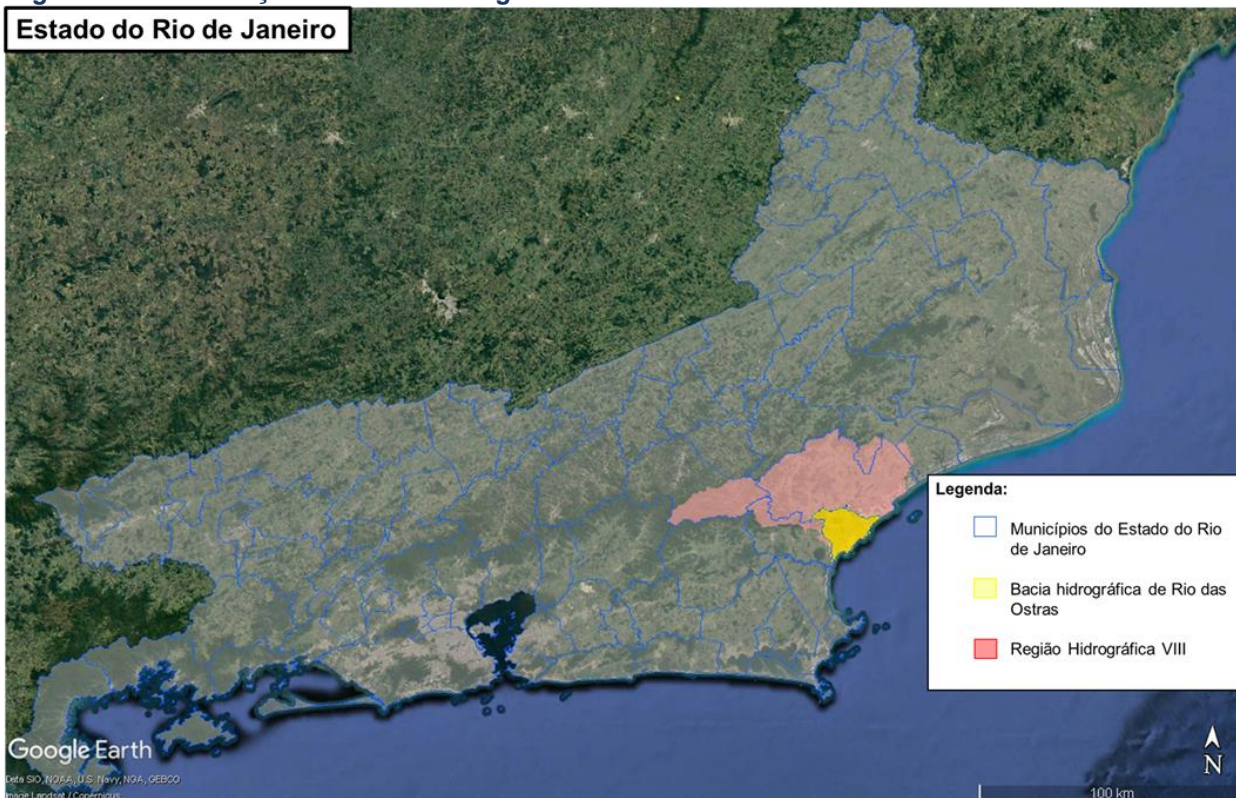
A gestão operacional da RH-VIII conta com a figura da Entidade Delegatária com funções de Agência de Água, exercida pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ), delegada pelo INEA inicialmente via Contrato de Gestão nº 01/2012, respaldado pela Lei Estadual nº 5.639/2010. Em 2022 foi renovada a atuação da Entidade Delegatária, por meio do instrumento Contrato de Gestão nº 62/2022, celebrado entre o INEA e o CILSJ com a interveniência do CBH Macaé Ostras.

O Comitê de Bacia Hidrográfica Macaé Ostras (CBH) é composto por 27 representantes (usuários, poder público e sociedade civil), atua como plenária deliberativa sobre outorga, cobrança e ações de recuperação. Desse modo, cabe ao CBH propor ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI) a autorização para constituição da respectiva Agência de Água; aprovar e encaminhar ao CERHI a proposta do Plano de Bacia Hidrográfica (PBH), para ser referendado; acompanhar a execução do PBH; arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados; promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes; propor o enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica em classes de uso e conservação, e encaminhá-lo para avaliação técnica e decisão pelo órgão competente, entre outras funções (BRASIL, 1997; RIO DE JANEIRO, 1999). Neste contexto, o Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ) foi designado como Entidade Delegatária com funções de Agência de Água através de um contrato inicial de 2012 (Resolução CERHI-RJ nº 84/2012), que foi renovado em 2022, sendo as principais funções desta ente a execução de ações de

suporte técnico, administrativa e financeira, além de promover os estudos necessários à gestão dos recursos hídricos.

A sociedade civil também é inserida na participação via plenária e câmaras técnicas, trazendo conhecimento local, demandas específicas e legitimidade à governança da água.

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



Fonte: Própria autoria. Adaptado de google Earth em maio/2025.

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, 2004).

Os rios Iriry (Figura 4-2) e Jundiá são os dois principais afluentes do rio das Ostras. No ponto em que se unem, na Zona de Expansão Urbana nas proximidades do loteamento Chácara Mariléa e a localidade Nova Cidade, nas margens esquerda e direita, respectivamente, o leito do rio é bastante assoreado, de fundo lodoso e com um canal central em forma de “V” com mais de 2 m de profundidade. Nesse local há mangue bem desenvolvido e marca o início de Rio das Ostras (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004).

Figura 4-2 Pontos de coleta no rio Iriry (E4) e no seu afluente (E1).



Fonte: Arquivo Oceanus.

4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá (Figura 4-3) nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude. Com características bem diferentes do rio Iriry, as nascentes desse rio apresentam leito pedregoso e águas claras. Entretanto, esse rio apresenta as margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). Em torno desse rio existem problemas associados à ocupação irregular, despejo irregular de esgoto e lixo. Em determinados trechos do rio, a vegetação foi removida para atividades de pecuária, agricultura e moradias (GOMES, 2009).

Figura 4-3 Pontos de coleta no rio Jundiá (E2).



Fonte: Arquivos Oceanus.

4.3 Canal das Corujas

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

Figura 4-4 Ponto de coleta no canal das Corujas (E5).



Fonte: Arquivo Oceanus.

4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras (Figura 4-5) 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. O curso hídrico possui influência antrópica, principalmente na sua foz, que possui margens estreitas (10 m) e profundidade de 30 cm na maré baixa (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004).

Por apresentar baixa declividade do terreno, os cursos d'água da bacia do rio das Ostras sofrem a influência do regime de marés, em que esses efeitos de remanso podem chegar a 6 km a partir da foz (CBH MACAÉ OSTRAS, 2012).

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

Figura 4-5 Pontos de coleta no rio das Ostras (E3, E6 e E7).



Fonte: Arquivo Oceanus.

5 METODOLOGIA

5.1 Pontos amostrais

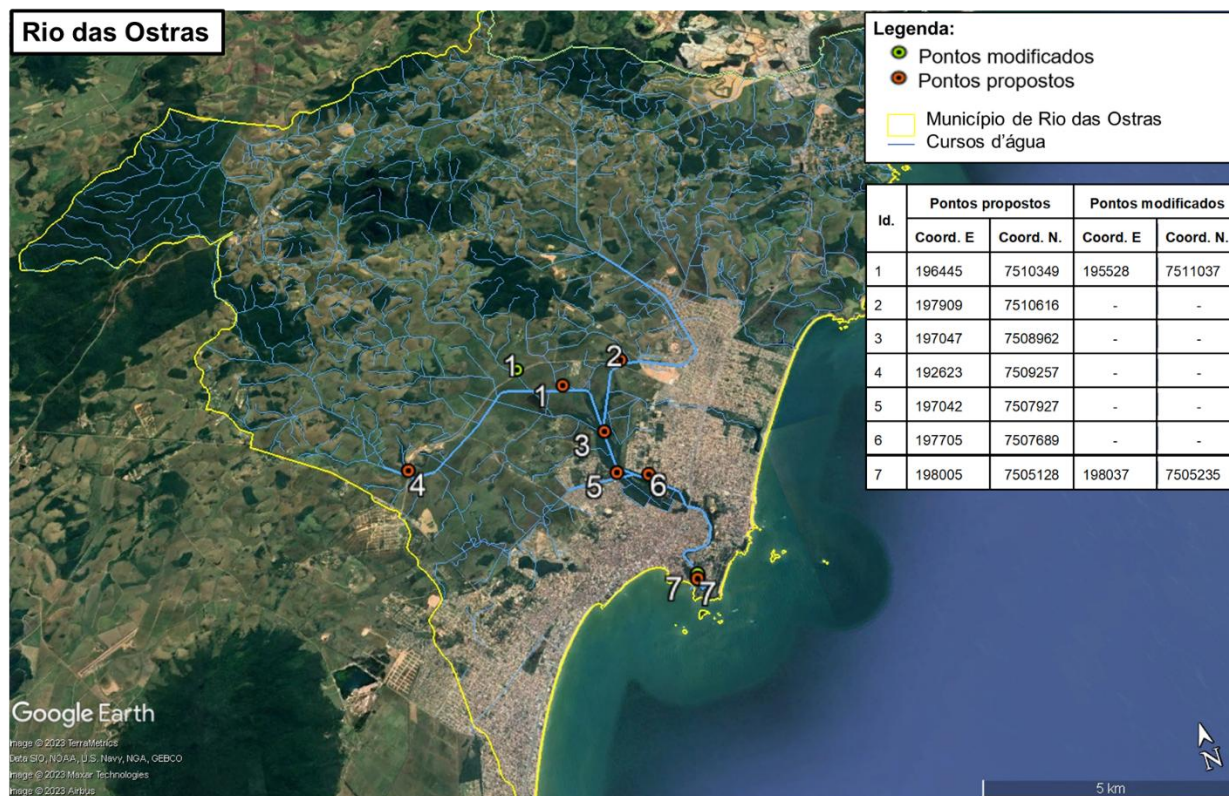
Foram coletadas amostras de água superficial em 7 (sete) pontos distintos na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras, conforme o Quadro 5-1 e Figura 5-1, como destacado no Termo de Referência. Nas águas superficiais foram medidos 14 parâmetros, que são mais bem descritos no item 6. Em relação ao fundo, foram avaliadas a salinidade e a condutividade. Devido à falta de acessibilidade para as coletas realizadas em determinadas campanhas, as estações amostrais E1 e E7 foram realocadas a partir da coleta de setembro de 2022 e as novas coordenadas foram mantidas nas campanhas que a sucederam.

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

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Largura (m)	Profundidades das amostras coletadas (m)				
					7º Quadrimestre		8º Quadrimestre		9º Quadrimestre
		E	S		Set./2024	Nov./2024	Jan./2025	Mar./2025	Mai./2025
E1	Afluente do rio Iriry	195528	7511037	8	0,20	0,32	0,60	0,20	0,60
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,30	0,83	1,00	1,17	1,40
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá	197047	7508962	20	1,40	1,30	1,75	1,70	2,0
E4	Rio Iriry, na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,80	0,85	1,70	0,70	1,10
E5	Canal das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	30	0,60	0,60	0,50	0,70	0,30
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas	197705	7507689	25	1,40	1,40	1,40	1,80	1,2
E7	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037	7505235	30	0,40	0,40	0,50	0,50	0,25

Fonte: Própria autoria.

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



Fonte: Própria autoria. Adaptado de Google Earth em maio/2025.

5.2 Metodologia de Coleta

De acordo com o previsto no Termo de Referência, foram realizadas cinco campanhas bimestrais, ao longo de oito meses, nas seguintes datas 02/09/2024, 04/11/2024, 16/01/2025, 17/03/2025 e 02/05/2025. As coletas de campo e análises das amostras foram executadas 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, com a locomoção orientada por um equipamento de GPS a fim de garantir a precisão dos locais e pontos amostrais. 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 e os parâmetros físico-químicos da água como condutividade, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura da água e do ar e turbidez 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 e sonda multiparâmetro.



Fonte: Arquivo Oceanus.

A fim de minimizar os riscos de contaminação das amostras, os equipamentos utilizados durante o processo foram desinfetados com álcool 70%. As amostras foram preservadas com os reagentes específicos, conforme recomendado pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 23rd ed., 2017) e o Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras (CETESB; ANA, 2011), e mantidas sob refrigeração de < 5°C até a entrega ao laboratório.

Finalizadas as coletas, as amostras foram enviadas ao laboratório para análise. Para o controle, identidade e integridade das amostras em todas as etapas do processo, foram utilizadas Cadeias de Custódia (ANEXO 4).

5.3 Metodologia de Análise

Foram analisados inicialmente 11 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial na coleta de agosto de 2023. No entanto, a partir da campanha de outubro de 2023, passaram a ser mensuradas 14 variáveis ambientais em todos os pontos de coleta, conforme detalhado no Quadro 5-2. Os respectivos 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	

Fonte: Própria autoria.

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

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

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

Parâmetro	Unidade	Metodologia de Referência
DBO - 5 dias	mg/L	SMWW 5210 B
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW 9221 E
Fósforo Total	mg/L	EPA 6020 B / 200.8
Fosfato	mg/L	SMWW 4500-P E
Nitrogênio Total	mg/L	ASTM D5176-08
Nitrato	mg/L	D09727_02_Insert_Environmental_TON Vanadium Vanadium Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific
Oxigênio Dissolvido	mg/L	SMWW 4500-O G
pH	N.A.	SMWW 4500-H B
Condutividade:	µS/cm	SMWW 2510 B
Salinidade	‰	SMWW 2520 B
Sólidos 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

Fonte: Própria autoria.

5.4 Avaliação dos Resultados

Para cada campanha de monitoramento, os resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água avaliados por este Programa de Monitoramento dos Corpos Hídricos foram comparados com a Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005), de acordo com a Classe 2 para Águas Doces e Classe 1 para Águas Salobras e Salinas. Devido à influência da maré na bacia do rio das Ostras, os parâmetros foram analisados considerando a salinidade obtida na amostra no momento da coleta. Todos os corpos hídricos monitorados foram considerados como sistemas lóticos, principalmente para avaliação dos resultados de fósforo total e nitrogênio total.

Os dados obtidos ao longo das campanhas foram analisados levando em consideração o entorno dos pontos selecionados e a precipitação acumulada durante os quinze dias que antecederam a data da coleta, incluindo o dia da amostragem. Os dados oficiais de temperatura e precipitação utilizados foram os disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a estação de Macaé (A608) e pelo *Weather Underground* para as estações do Rio das Ostras (IRIO9 e IRIO12). Com base nas informações meteorológicas obtidas, foram calculadas médias para a temperatura do ar e soma da precipitação do referido período. Os dados de maré foram retirados do Centro de Hidrografia Marinha (CHM) considerando o Terminal Marítimo de Imbetiba (Macaé - RJ), o mais próximo de Rio das Ostras.

Além da obtenção de dados primários, foram realizadas comparações com dados pretéritos do corpo hídrico analisado, com outros trabalhos de monitoramento na mesma região de estudo, em uma análise crítica/científica das informações adquiridas no monitoramento específico e de dados secundários tais como informações hidrológicas e climatológicas, dados de qualidade da água de campanhas anteriores, dados de uso e ocupação do solo, registros sobre fontes potenciais de poluição. A análise técnico-científica, sempre que possível, sugeriu a origem dos processos antrópicos e/ou naturais que contribuíram para o atual cenário e elencou ações que permitam realizar a melhoria da qualidade da água encontrada em médio e longo prazo. Ademais, foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA), a Análise de Componentes Principais (PCA) e as matrizes FPSEEA e SWOT, que serão detalhados nos próximos tópicos.

Vale ressaltar que em todas as campanhas, para as amostras que apresentaram resultados Não Detectáveis (N.D), o valor utilizado para cálculos foi metade do Limite de Detecção (LD) do parâmetro específico. Já quando as amostras exibiam resultados menores (<) ou maiores (>) que o Limite de Quantificação (LQ), o valor utilizado foi o próprio limite máximo ou mínimo de quantificação. Os valores do LD e LQ de cada parâmetro constam nos laudos analíticos.

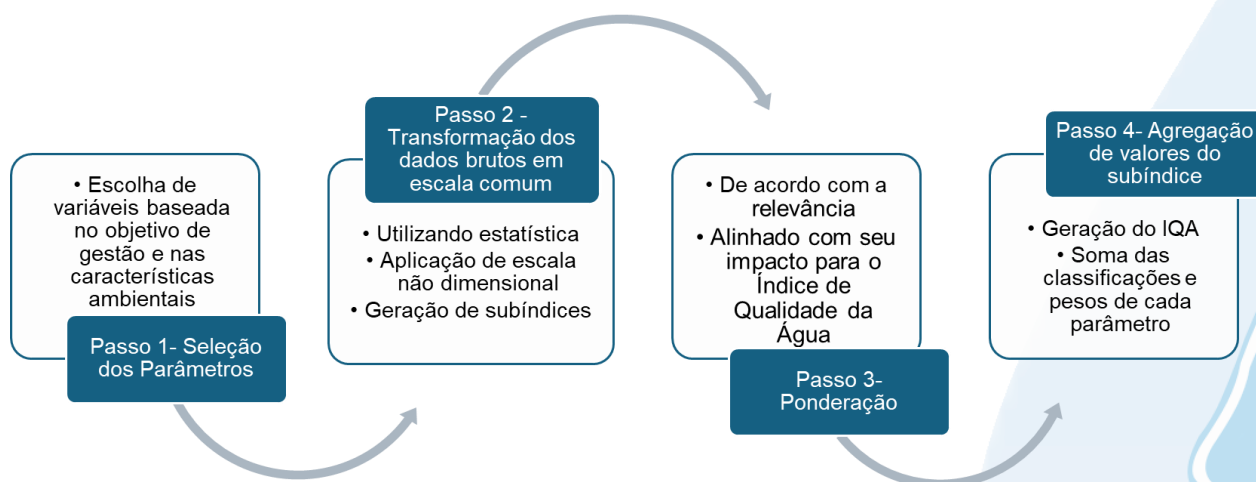
5.4.1 Índice de Qualidade de Água (IQA)

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 no intuito 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 uma maneira 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).

Para cada campanha referente ao “Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade na Bacia do Rio das Ostras”, foram 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. 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 seus 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

Fonte: INEA (2019).

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:

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

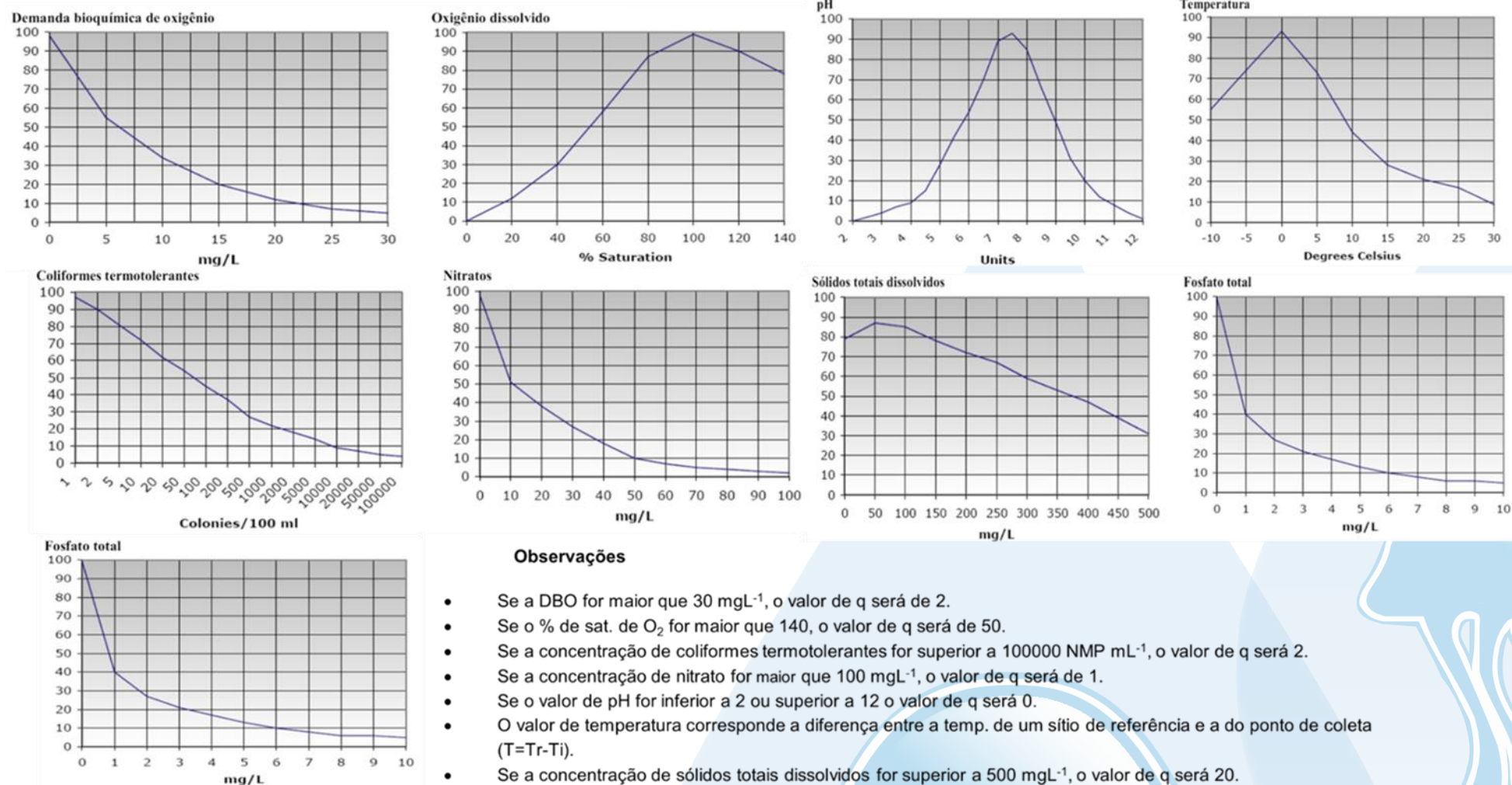
Sendo:

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_{NSF} . A memória de cálculo é apresentada no Anexo 6 – Memória de cálculo IQA.

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

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

Fonte: INEA (2019).

5.4.1.1 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).

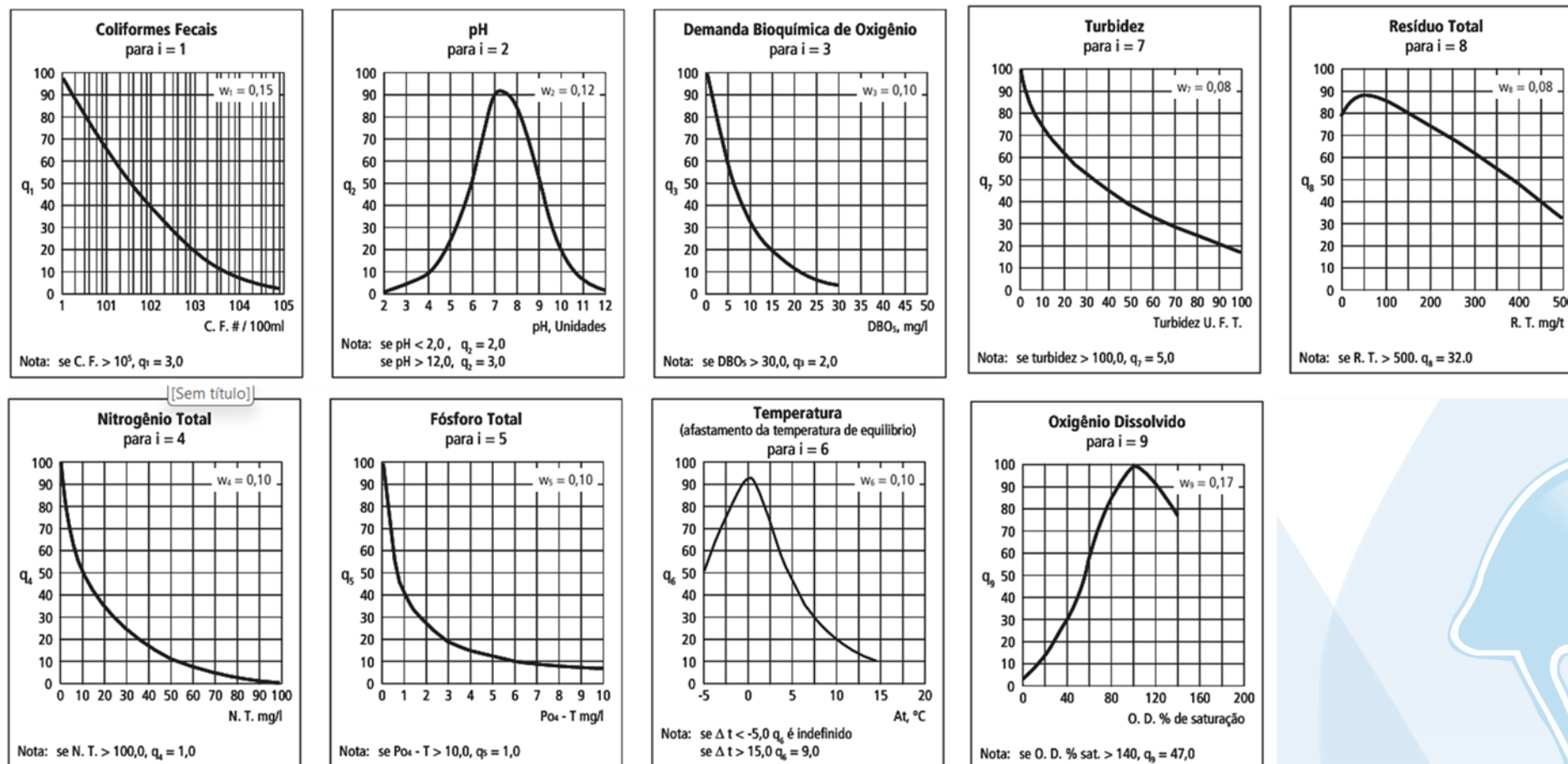
Os parâmetros previamente mencionados do IQA_{CETESB} e seus respectivos pesos estão apresentados no Quadro 5-6 e a Figura 5-5 apresenta a curva de variação de qualidade da água de cada parâmetro. Ressalta-se que a fórmula utilizada para o cálculo do IQA_{CETESB} é a mesma do IQA_{NSF} , a distinção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

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

Fonte: CETESB (2017).

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



Fonte: CETESB (2017).

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

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

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

Fonte: CETESB (2017).

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

Salienta-se que no presente estudo, para cada campanha de monitoramento, 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 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, foi realizada a comparação entre os IQAs do atual monitoramento ambiental com os IQAs do período de ago./23 a abr./24, bem como os resultados apresentados nos boletins disponibilizados pelo INEA.

5.4.2 Análises estatísticas

Uma análise integrada dos resultados ao longo de todo o período de monitoramento foi apresentada neste documento, com a apresentação dos resultados em gráficos. Adicionalmente, os resultados foram avaliados de acordo com o uso do solo do entorno da bacia hidrográfica (exemplo: urbano, pecuária, agricultura) e em conjunto com os dados meteorológicos e de maré durante os dias da campanha. A Análise dos Componentes Principais (PCA) foi realizada com o objetivo de avaliar e entender quais são os principais parâmetros que contribuem para a qualidade da água. Para garantir a comparabilidade entre variáveis com diferentes unidades de medida e magnitude, os dados foram previamente normalizados utilizando o método *z-score* (valor observado menos a média, dividido pelo desvio padrão). A análise foi realizada no *software* estatístico Past.

5.4.3 Matriz FPSEEA

Com o intuito de sugerir ações de melhoria da qualidade da água dos corpos hídricos monitorados, foi elaborada uma matriz FPSEEA. O objetivo dessa ferramenta é avaliar a qualidade ambiental dos corpos d'água, possibilitando proposição de medidas para tomadas de decisão (STEDILE et al., 2018).

A matriz conta com seis componentes: o primeiro refere-se às forças motrizes (F), que são às atividades que impulsionam os impactos sobre o ambiente, como por exemplo o crescimento populacional e o aumento da urbanização (WHO, 1999; EPA, 2023; STEDILE et al., 2018). Essas atividades antrópicas têm como consequências as pressões (P), que são verificadas através da utilização do ambiente em processos de exploração econômica ou até mesmo a ocupação do ser humano (WHO, 1999). Em resposta às pressões, a situação (S) corresponde às mudanças ambientais (STEDILE et al., 2018). Um exemplo desse componente é observado, por exemplo, em níveis elevados de contaminação (WHO, 1999). Nesse sentido, a presença de diferentes poluentes coloca em risco as condições ambientais dos corpos hídricos, portanto o pilar da exposição (E)

está associado com o risco para a biota e saúde humana (WHO, 1999). Essa exposição aos contaminantes ambientais, levam a efeito (E) que são as implicações sobre a saúde humana e ambiental, o que pode afetar o bem-estar e até mesmo levar ao desenvolvimento de doenças (WHO, 1999; STEDILE et al., 2018). Por fim, o eixo ação (A) remete às medidas para a melhoria da qualidade do ambiente e da população (STEDILE et al., 2018).

Essa matriz tem sido utilizada por inúmeros pesquisadores de diferentes países e adaptadas para situações diversas (STEDILE et al., 2018). No presente relatório, as informações obtidas ao longo do monitoramento da qualidade da água, bem como a observação do entorno durante as coletas, serviram como base para o preenchimento de todos os componentes e proposição das ações.

5.4.4 Matriz SWOT

A matriz de SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*) apresenta as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças visando a identificação de problemas e desenvolvimento de estratégias e planejamento (MILLER, 2006; XINGANG et al., 2013).

Essa matriz é usualmente utilizada na área de negócios, na qual são avaliados os pontos fortes e fracos internos e as oportunidades e ameaças externas de uma organização (SAMMUT-BONNICI; GALEA, 2015). No entanto, ela tem sido empregada em outras áreas como em direito, agricultura, política, ciências ambientais, dentre outras (FORTES et al., 2023).

Além das ciências supracitadas, a matriz de SWOT tem sido aplicada à gestão das águas como uma ferramenta útil para as autoridades que atuam com esse recurso, de forma a melhorar a gestão integrada e racional de um ramo que apresenta inúmeras problemática (KALLIORAS et al., 2010).

Desta forma, foi elaborada para o presente estudo uma matriz adaptada para servir como subsídio para o fortalecimento da gestão das águas da Bacia Hidrográfica do rio das Ostras.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise físico-química e microbiológica

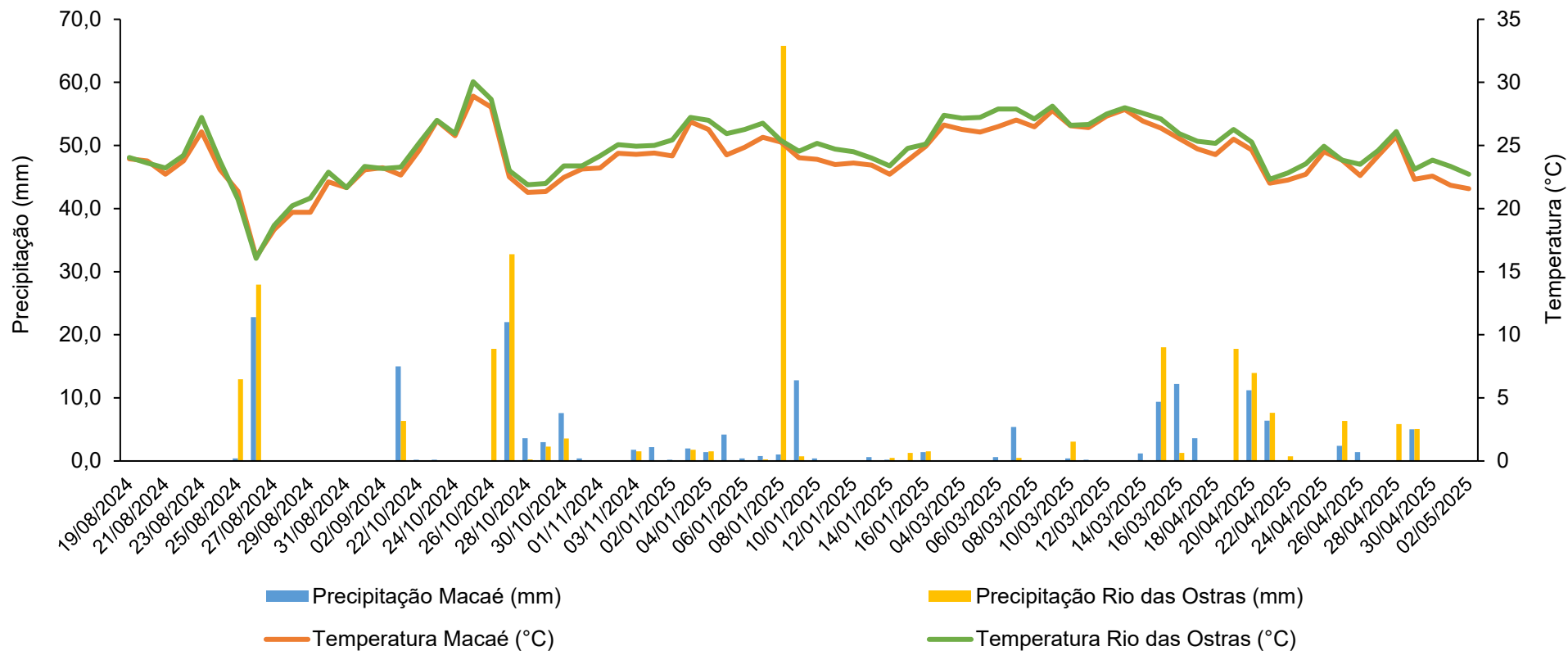
6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos 15 dias que antecederam todas as coletas, incluindo os dias de amostragem, apontaram temperatura média de 24,1 °C na estação de Macaé e 24,7 °C na estação de Rio das Ostras; e precipitação acumulada ao longo das campanhas de 164,1 mm em Macaé e 259,1 mm em Rio das Ostras (Figura 6-1). Salienta-se que, para a maioria do período supracitado, a estação do Rio das Ostras utilizada foi a IRIODA12, porém, ela não contemplava o período que antecedeu a coleta de setembro de 2024. Logo, para esse período foram utilizados os dados da estação IRIODA9.

Em relação aos dados do Rio das Ostras, o maior volume de chuvas foi observado no 8º Quadrimestre na campanha referente ao mês de janeiro de 2025, com 73,4 mm, considerado um volume de chuva extrema (>50,00 mm), segundo a literatura que descreve a classificação pluviométrica do INMET (SILVA; FRANCA, 2021). O menor acúmulo pluviométrico também foi notado no 8º Quadrimestre, mas na coleta realizada em março de 2025, registrando 22,9 mm, classificado como chuva relativamente forte (SILVA; FRANCA, 2021). Em se tratando da temperatura, a menor média desse parâmetro foi verificada na campanha de setembro de 2024, com 21,9 °C em Macaé e 22,2 °C em Rio das Ostras, e a maior com 26,6°C em Macaé e 27,2 °C em Rio das Ostras na coleta realizada em março de 2025 (Figura 6-1).

Os resultados obtidos para todas as campanhas e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 podem ser vistos nas Tabela 6-1, Tabela 6-2 e Tabela 6-3.

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média na quinzena anterior a cada coleta realizada, incluindo os dias das amostragens.



Fonte: Própria autoria.

Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados nas cinco campanhas realizadas nos pontos amostrais E1, E2 e E3.

Estações amostrais	Data de coleta	Estrato	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (UNT)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E1	02/09/2024	Sup	0,07	148,0	168	66,45	66,90	6,51	21,71	1,33	45	0,07	N.D	1,3	0,23	920,0
		Fun	0,08	172,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	04/11/2024	Sup	0,07	166,0	168	83,00	18,10	6,27	26,30	1,80	15	0,03	N.D	1,4	0,44	94,0
		Fun	0,02	231,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16/01/2025	Sup	0,04	95,0	52	47,50	7,50	5,38	26,23	1,93	14	0,02	N.D	0,4	<0,05	>1600,0
E2		Fun	0,05	104,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	1,64	3094,0	1560	1547,00	93,50	5,71	25,90	1,15	10	0,15	<0,06	4,9	<0,05	240,0
		Fun	1,6	3074,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/05/2025	Sup	0,07	124,0	126	62,00	10,90	5,98	23,74	1,12	10	0,02	<0,06	0,4	<0,05	49,0
		Fun	0,07	125,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3	02/09/2024	Sup	0,26	531,0	300	246,25	35,90	6,33	23,04	1,28	30	0,06	0,18	1,2	0,7	540,0
		Fun	0,25	529,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	04/11/2024	Sup	0,31	683,1	430	365,90	7,70	6,16	26,10	2,10	23	0,09	N.D	1,1	0,08	>1600,0
		Fun	0,38	701,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16/01/2025	Sup	0,3	629,0	334	314,50	6,40	3,20	26,31	2,22	13	0,02	N.D	1,4	0,08	1600,0
E3		Fun	0,31	642,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	7,70	13400,0	9399	9380,00	65,80	6,06	28,07	1,99	10	0,31	<0,06	1,2	<0,05	>1600,0
		Fun	9,23	15820,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/05/2025	Sup	0,33	604,0	322	302,00	9,70	5,70	24,34	2,91	10	0,03	0,08	3,2	0,09	4,5
		Fun	0,33	605,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3	02/09/2024	Sup	7,38	11720,0	29248	29246,00	18,19	7,77	24,60	3,11	9	0,41	0,14	2,1	0,19	920,0
		Fun	7,68	12160,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	04/11/2024	Sup	1,13	2222,0	1230	1116,00	23,90	6,93	27,70	1,14	8	0,15	N.D	1,1	0,14	240,0
		Fun	0,92	2075,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16/01/2025	Sup	0,3	616,0	329	308,00	11,40	6,58	26,20	2,22	12	0,02	N.D	0,8	<0,05	79,0
E3		Fun	0,34	625,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	30,03	46380,0	32475	32466,00	22,70	6,91	25,01	3,01	11	0,18	<0,06	0,5	0,07	920,0
		Fun	30,21	46610,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/05/2025	Sup	19,02	29732,0	20822	20812,40	11,20	5,93	21,10	1,91	7	< 0,01	<0,06	1,0	0,23	13,0
		Fun	19,25	29981,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONAMA 357/05			0,5	-	-	-	100	6,0 a 9,0	-	≥5	≤5	0,10	-	<2,18 (para ambiente lótico)	10,0	1.000,0 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
			0,5-30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	-	0,4	-
			≥30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	-	0,4	-

Fonte: Própria autoria.

Tabela 6-2 - Resultados dos parâmetros analisados nas cinco campanhas realizadas nos pontos amostrais E4 e E5.

Estações amostrais	Data de coleta	Estrato	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (UNT)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E4	02/09/2024	Sup	0,11	227,0	111	75,65	31,10	7,51	22,92	1,21	31	< 0,01	N.D	0,4	0,21	920,0
		Fun	0,08	168,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	04/11/2024	Sup	0,07	182,8	160	91,40	91,10	6,31	26,00	1,82	21	0,03	N.D	0,5	0,07	920,0
		Fun	0,09	176,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16/01/2025	Sup	0,03	63,0	49	31,50	12,10	5,64	25,70	0,97	13	0,01	N.D	0,7	N.D	>1600,0
E5		Fun	0,03	75,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	0,09	191,0	108	95,50	57,90	6,27	28,07	3,91	9	0,03	<0,06	1,2	<0,05	240,0
		Fun	0,09	190,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/05/2025	Sup	0,08	158,0	156	79,00	30,10	6,51	25,35	2,78	10	0,01	0,08	1,0	0,62	240,0
		Fun	0,09	163,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5	02/09/2024	Sup	3,32	6129,0	3666	3661,00	18,79	7,39	25,50	1,22	47	1,96	5,42	16,1	0,12	>1600,0
		Fun	3,33	6137,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	04/11/2024	Sup	1,76	3397,0	1828	1698,50	36,20	7,54	26,30	3,06	38	1,61	N.D	13,7	0,09	>1600,0
		Fun	2,38	3410,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16/01/2025	Sup	0,25	514,0	281	257,00	12,80	4,91	26,80	2,03	8	0,04	N.D	1,0	<0,05	540,0
E5		Fun	0,22	466,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17/03/2025	Sup	30,6	47180,0	33035	33026,00	19,20	6,57	27,74	3,10	6	< 0,01	<0,06	0,8	0,08	>1600,0
		Fun	30,58	47150,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/05/2025	Sup	0,96	1737,0	889	868,50	19,20	6,28	25,21	1,28	8	0,39	0,88	7,5	0,44	>1600,0
		Fun	0,97	1739,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONAMA 357/05			0,5	-	-	-	100	6,0 a 9,0	-	≥5	≤5	0,10	-	<2,18 (para ambiente lótico)	10,0	1.000,0 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
			0,5-30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	-	0,4	-
			≥30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	-	0,4	-

Fonte: Própria autoria.

Tabela 6-3 - Resultados dos parâmetros analisados nas cinco campanhas realizadas nos pontos amostrais E6 e E7.

Estações amostrais	Data de coleta	Estrato	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (UNT)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E6	02/09/2024	Sup Fun	36,71 38,09	50530,0 52200,0	6820 -	6783,00 -	26,70 -	7,60 -	24,80 -	5,82 -	34 -	0,28 -	0,27 -	9,3 -	0,46 -	>1600,0 -
	04/11/2024	Sup Fun	14,32 13,82	23750,0 23480,0	16912 -	16625,00 -	23,10 -	7,51 -	28,45 -	3,05 -	22 -	0,63 -	N.D -	1,4 -	0,44 -	>1600,0 -
	16/01/2025	Sup Fun	0,44 0,45	896,0 929,0	472 -	448,00 -	16,00 -	5,83 -	26,50 -	2,47 -	14 -	0,05 -	N.D -	1,5 -	0,08 -	920,0 -
	17/03/2025	Sup Fun	34,17 34,39	52990,0 53040,0	37102 -	37093,00 -	11,70 -	7,28 -	25,71 -	4,71 -	10 -	0,13 -	<0,06 -	3,1 -	0,1 -	>1600,0 -
	02/05/2025	Sup Fun	30,01 30,27	42121,0 42847,0	29495 -	29484,70 -	3,30 -	6,57 -	25,70 -	4,71 -	10 -	0,06 -	<0,06 -	1,8 -	<0,05 -	1600,0 -
E7	02/09/2024	Sup Fun	37,98 37,99	57025,0 57030,0	33780 -	33775,00 -	9,07 -	8,02 -	23,96 -	4,46 -	7 -	0,06 -	0,1 -	1,1 -	0,18 -	540,0 -
	04/11/2024	Sup Fun	37,09 36,15	55850,0 51595,0	36181 -	36050,00 -	19,70 -	8,13 -	24,10 -	4,87 -	7 -	< 0,01 -	N.D -	1,2 -	N.D -	>1600,0 -
	16/01/2025	Sup Fun	33,21 33,74	61570,0 61980,0	43109 -	43099,00 -	11,60 -	7,44 -	24,50 -	5,76 -	12 -	< 0,01 -	N.D -	0,2 -	N.D -	>1600,0 -
	17/03/2025	Sup Fun	37,01 36,94	55870,0 55780,0	39118 -	39109,00 -	8,50 -	7,81 -	27,27 -	6,30 -	10 -	< 0,01 -	<0,06 -	0,1 -	N.D -	>1600,0 -
	02/05/2025	Sup Fun	32,45 32,24	44550,0 44340,0	31199 -	31185,00 -	7,70 -	7,38 -	24,85 -	6,80 -	5 -	< 0,01 -	<0,06 -	0,4 -	0,09 -	920,0 -
CONAMA 357/05			0,5	-	-	-	100	6,0 a 9,0	-	≥5	≤5	0,10	-	<2,18 (para ambiente lótico)	10,0	1.000,0 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
			0,5-30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	-	0,4	-
			≥30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	-	0,4	-

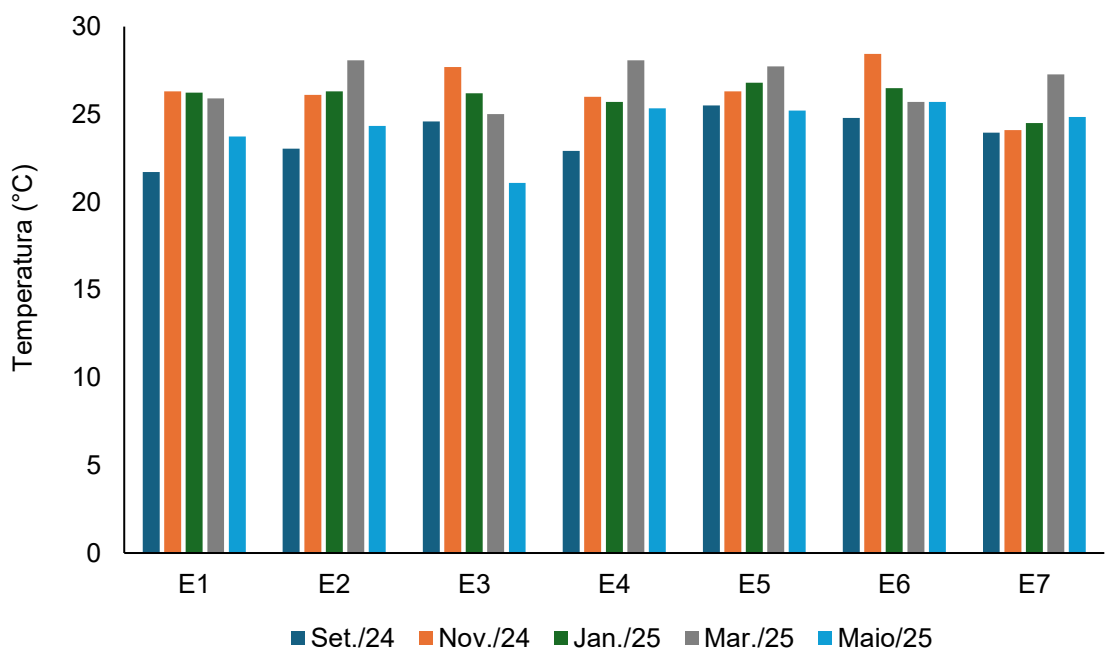
Fonte: Própria autoria.

6.1.2 Temperatura

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

Os valores de temperatura da água variam entre 21,10 °C na campanha de maio/25 na estação E3 (rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá) e 28,45 °C na coleta de nov/24 na amostra do ponto E6 (rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas). De maneira geral, foi observado que as menores temperaturas foram registradas nas águas analisadas na campanha de set./24 (inverno) e as mais elevadas na amostragem realizada na coleta de mar./25 (verão) (Tabela 6-1, Tabela 6-2, Tabela 6-3 e Figura 6-2). A média da temperatura de todas as campanhas foi de 25,48°C.

Figura 6-2 Resultados de temperatura das cinco campanhas realizadas.



Fonte: Própria autoria.

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 $> 0,5\text{‰}$ e $< 30\text{‰}$) e salina (salinidade $\geq 30\text{‰}$), e como consequência, nos limites dos diferentes parâmetros monitorados preconizados na Resolução CONAMA nº 357/2005. De acordo com Esteves (2011), a salinidade das águas interiores, que compreende as águas fluviais, pode apresentar grande amplitude de valores (desde $0,5\text{‰}$ 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 registrada ao longo das cinco campanhas variou, na superfície, de $0,03\text{‰}$ nas águas analisadas em E4 (rio Iriry) na coleta de jan./25 a $37,98\text{‰}$ na estação de E7 (foz do rio das Ostras) na amostragem realizada em set./24. Já no fundo, considerando o mesmo período, a variação de salinidade foi entre $0,02\text{‰}$ nas águas de E1 (afluente do rio Iriry), em nov./24 e $38,09\text{‰}$ em E6 (rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas) em set./24.

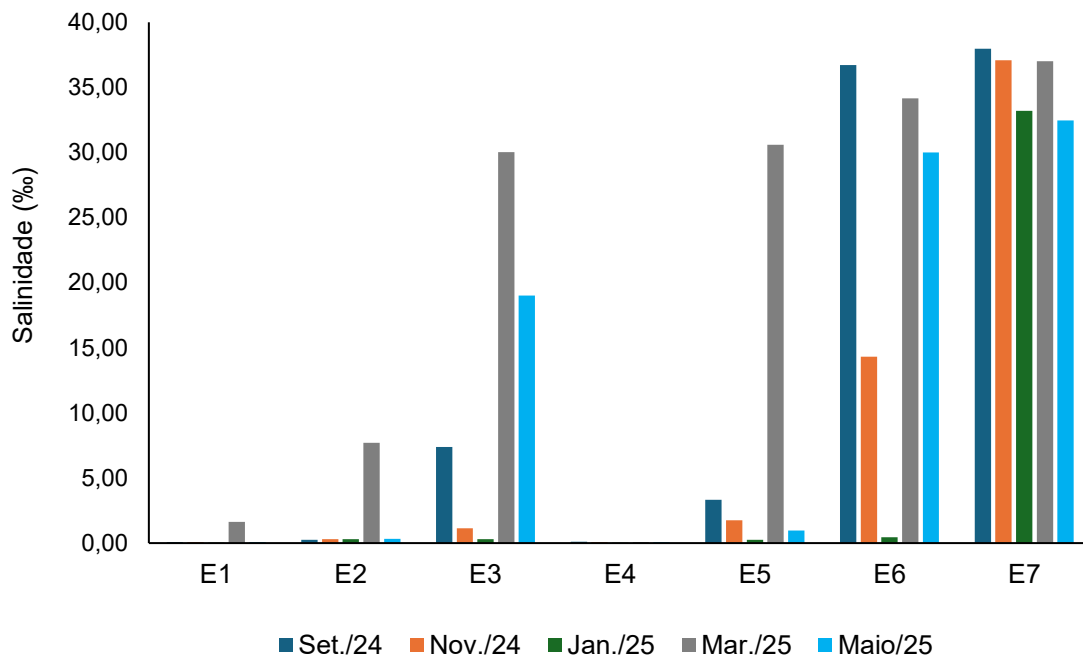
Com base no exposto na Tabela 6-1, Tabela 6-2, Tabela 6-3 e nas Figura 6-3 e Figura 6-4, verifica-se, de maneira geral, que não há grandes diferenças entre a salinidade registrada na superfície e no fundo dos pontos amostrais, indicando a presença de massas d'água homogêneas, sem estratificação entre água doce e salobra/salina.

Diante dos resultados encontrados foram observadas distintas classificações de salinidade usando como referência os valores da Resolução CONAMA nº 357/2005. As únicas amostras que apresentaram a mesma classificação quanto à salinidade em todas as cinco campanhas de monitoramento foram as do rio Iriry (E4), com suas águas classificadas sempre como doces e a foz do rio das Ostras (E7), com águas sempre salinas. As águas das estações amostrais situadas no afluente do rio Iriry (E1) e no rio Jundiá (E2) foram majoritariamente doces, com exceção da amostragem de mar./25, em que elas foram classificadas como salobras. As amostras dos pontos E3, E6 (situados no rio das Ostras) e E5 (localizado no canal das Corujas) foram as que mais apresentaram variação quanto à salinidade, conforme exposto no [Quadro 6-1](#).

A partir da análise da Figura 6-3 e da Figura 6-4 nota-se que a maior intrusão salina foi registrada em mar./25, o que condiz com o mês que apresentou o menor acúmulo pluviométrico durante os 15 dias que antecederam a coleta, incluindo o próprio dia de amostragem, com 22,9 mm (IRIODA12). Esse menor acúmulo pluviométrico, comparado às outras campanhas, pode ter contribuído para uma maior entrada da cunha salina. Além disso, ao considerar o horário de realização das amostragens, que foi entre 16h19 (E1) e 17h58 (E7), nota-se que todas as coletas ocorreram em horário próximo à preamar (16h23; 1.26m; 17/03/2025 – Terminal Marítimo de Imbetiba – Macaé/RJ). As amostragens de set./24 e maio/25 também apresentaram forte influência marinha e suas pluviosidades acumuladas durante o período supracitado foram respectivamente 40,9 mm (IRIODA9) e 57,4 mm (IRIODA12). A amostragem de jan./25, que exibiu o maior acúmulo pluviométrico (73,4 mm – IRIODA12), foi a que apresentou menor influência marinha com quase todas as amostras classificadas como águas doces, com exceção da amostra da foz do rio das Ostras (E7), classificada como salina.

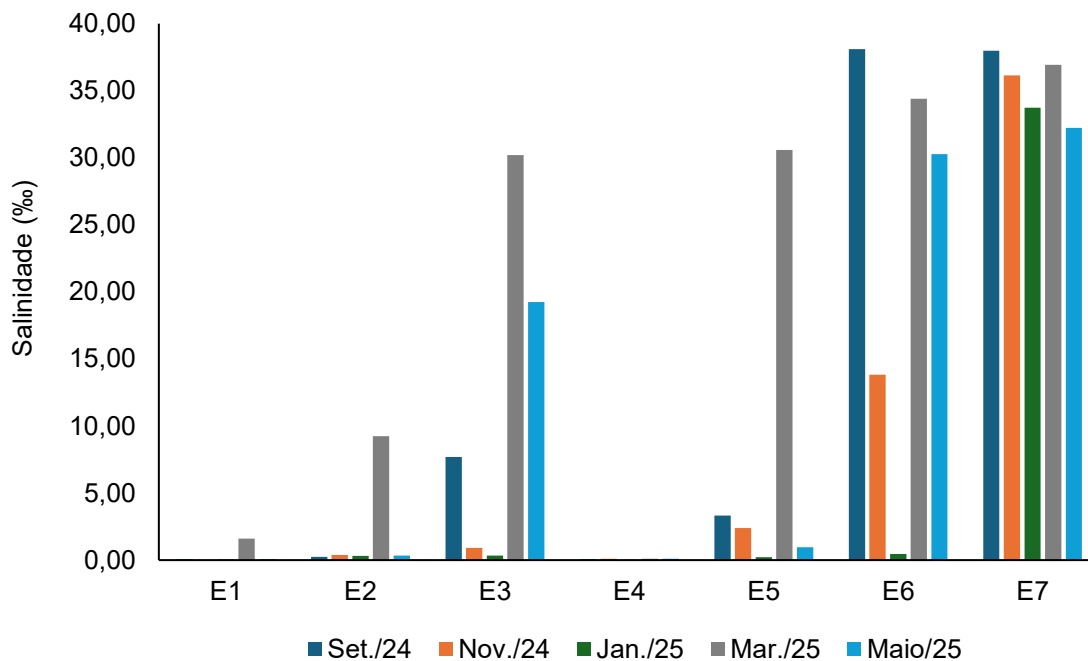
Portanto, os resultados de salinidade provavelmente estão associados à precipitação, provavelmente à vazão (não mensurada nesse projeto) e à influência das marés que adentram o continente por cerca de 6,0 km a partir da foz (CBH MACAÉ OSTRAS, 2012). O presente monitoramento demonstrou que este fenômeno da 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), demonstrando que a influência marinha pode ir além dos 6,0 km a partir da foz, o que corrobora os dados de Barroso e Molisani (2019). No estudo previamente citado, que possui dois pontos amostrais na bacia do Rio das Ostras, um no rio Iriry, próximo ao ponto E4 e outro no rio Jundiá, próximo ao ponto E2, foram medidas baixas vazões nas estações amostrais e os autores registraram a presença de águas salobras no rio Jundiá, reforçando a extensa intrusão salina, facilitada pela baixa declividade da bacia.

Figura 6-3 Resultados da salinidade das cinco campanhas realizadas, referentes às coletas de superfície.



Fonte: Própria autoria.

Figura 6-4 Resultados da salinidade das cinco campanhas realizadas, referentes às coletas de fundo.



Fonte: Própria autoria.

Quadro 6-1. Classificação das amostras quanto à salinidade ao longo das cinco campanhas de monitoramento.

Pontos amostrais			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Salinidade (‰)	Set./24	Superfície	0,07	0,26	7,38	0,11	3,32	36,71	37,98
		Fundo	0,08	0,25	7,68	0,08	3,33	38,09	37,99
	Nov./24	Superfície	0,07	0,31	1,13	0,07	1,76	14,32	37,09
		Fundo	0,02	0,38	0,92	0,09	2,38	13,82	36,15
	Jan./25	Superfície	0,04	0,30	0,30	0,03	0,25	0,44	33,21
		Fundo	0,05	0,31	0,34	0,03	0,22	0,45	33,74
	Mar./25	Superfície	1,64	7,70	30,03	0,09	30,60	34,17	37,01
		Fundo	1,60	9,23	30,21	0,09	30,58	34,39	36,94
	Maio/25	Superfície	0,07	0,33	19,02	0,08	0,96	30,01	32,45
		Fundo	0,07	0,33	19,25	0,09	0,97	30,27	32,24
Classificação	Set./24		doce	doce	salobra	doce	salobra	salina	salina
	Nov./24		doce	doce	salobra	doce	salobra	salobra	salina
	Jan./25		doce	doce	doce	doce	doce	doce	salina
	Mar./25		salobra	salobra	salina	doce	salina	salina	salina
	Maio/25		doce	doce	salobra	doce	salobra	salina	salina

Fonte: Própria autoria.

6.1.4 Condutividade

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

A condutividade apresentou variação espacial claramente conduzida pelos dados de salinidade. Com base nos resultados obtidos no estrato superficial, esse parâmetro apresentou uma variação de 63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E4 (rio Iriry) na campanha de jan./25 a 61.570 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E7 (foz do rio das Ostras), registrado também na amostragem de jan./25. Em relação aos valores registrados no fundo, nota-se que apresentaram um padrão semelhante aos resultados obtidos nas amostras coletadas na superfície (Figura 6-5 e Figura 6-6), o que evidencia que a profundidade dos corpos hídricos monitorados não interferiu nos valores obtidos.

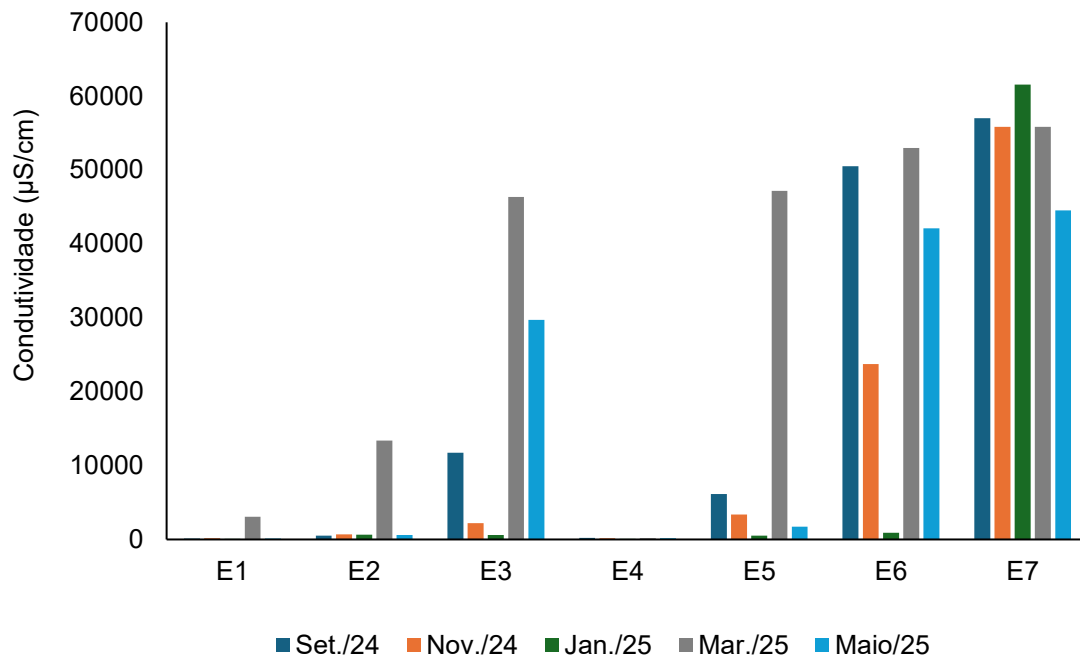
As menores condutividades foram reportadas nas amostras das estações localizadas a montante da formação do rio das Ostras (E1, E2 e E4) e pode-se observar um aumento majoritariamente gradativo a partir da estação E3, situada no rio das Ostras,

a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá, passando por E5, no canal das Corujas, a E6; no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas. Os registros mais altos de condutividade foram os da foz do rio das Ostras, na estação E7.

O padrão encontrado é similar ao observado para a salinidade, que aumentou de montante para jusante, em direção ao mar. Esses resultados são um indicativo da dependência entre esses parâmetros, uma vez que a salinidade é estimada a partir dos dados de condutividade (SMWW 2520 B).

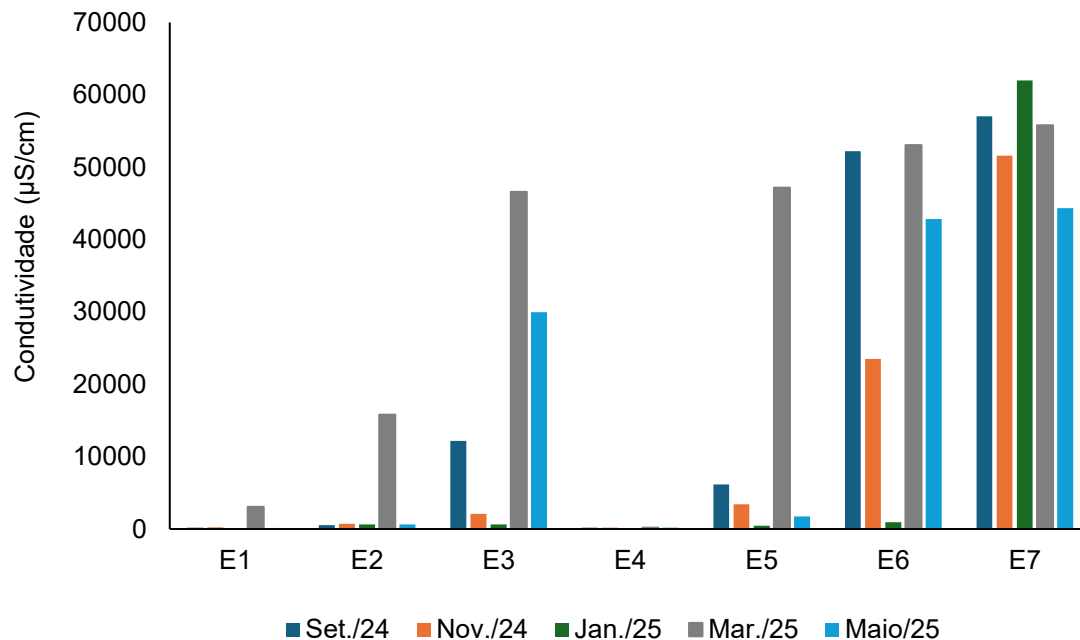
Cabe ressaltar que a condutividade, além de estar relacionada à salinidade, também se relaciona com a concentração de poluentes e resultados acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados, o que foi observado em quase todo o monitoramento, com raras exceções (CETESB, 2018).

Figura 6-5 Resultados da condutividade das cinco campanhas realizadas, referentes às coletas de superfície.



Fonte: Própria autoria.

Figura 6-6 Resultados da condutividade das cinco campanhas realizadas, referentes às coletas de fundo.



Fonte: Própria autoria.

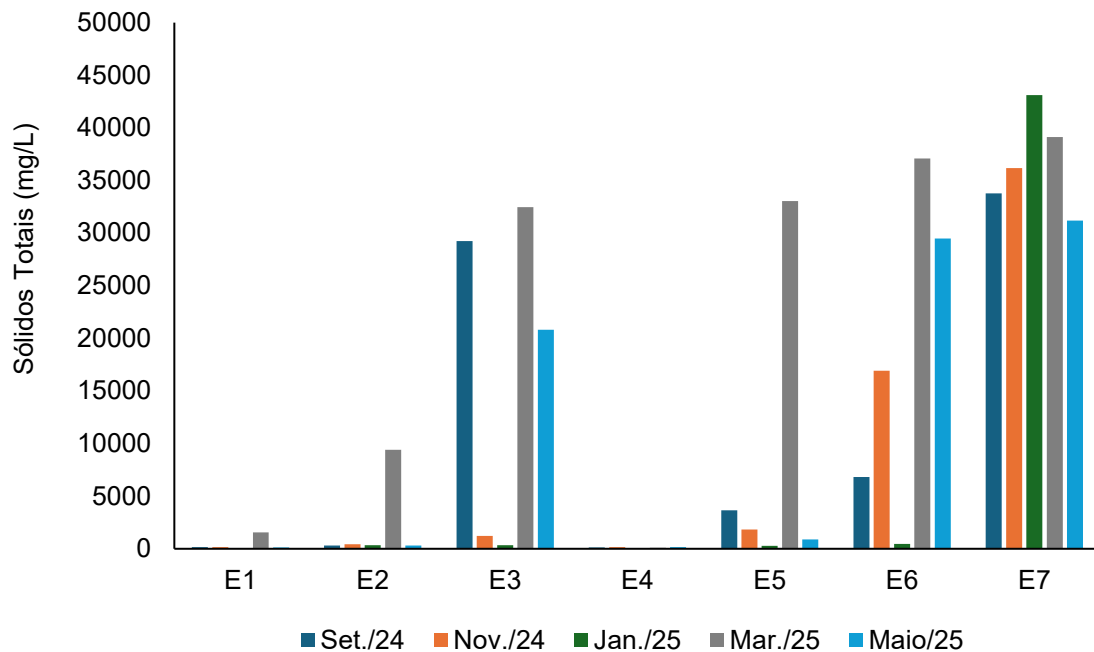
6.1.5 Sólidos totais

A série de sólidos na água corresponde a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação em uma temperatura específica ao longo de um espaço de tempo. Os sólidos suspensos totais se referem à parcela de material particulado que se mantém em suspensão na água, podendo ser classificados em voláteis ou fixos. São importantes no monitoramento da qualidade da água, tendo em vista que elevadas concentrações de sólidos na água podem acarretar danos à biota em decorrência de sua sedimentação, destruindo organismos ou danificando os leitos de desovas de peixes. Os sólidos também podem reter bactérias e resíduos orgânicos, favorecendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2014).

As menores concentrações de sólidos totais foram observadas nas amostras dos pontos E1, E4 e E2, situados, respectivamente, no afluente do rio Iriry, nele próprio e no rio Jundiá. Dentre essas estações amostrais, o menor valor registrado foi em E4 (rio Iriry) em jan./25, com 49 mg/L. Já os valores mais elevados de sólidos totais foram observados na foz do rio das Ostras (E7), com 43.109 mg/L no mesmo período (jan./25) (Figura 6-7). Para esse parâmetro não há valores de referência descritos na Resolução CONAMA nº 357/05.

Cabe ressaltar que o maior valor registrado para esse parâmetro coincidiu com a amostra que apresenta maior influência marinha e intensa atividade urbana (E7). Esse resultado é esperado visto que os sólidos totais compreendem os sólidos suspensos e dissolvidos, e a literatura descreve que, o lançamento de efluentes sanitários não tratados é uma das principais fontes de sólidos dissolvidos nos corpos hídricos (DEY; VIJAY, 2021). Além disso, a salinidade por definição representa a quantificação total de substâncias dissolvidas na água do mar, o que também pode contribuir para os elevados valores de sólidos dissolvidos. Destaca-se ainda que, de maneira geral, ao passo que as estações amostrais se aproximam da foz do Rio das Ostras (E7) e intensificam-se as atividades urbanas, há um aumento dessa variável ambiental, como observado em E3, E5, E6 e E7 (Figura 6-7). Um padrão semelhante a esses resultados foi observado também para salinidade e condutividade, com maiores valores nas águas analisadas no canal das Corujas (E5) e no rio das Ostras (E3, E6 e E7) durante as cinco campanhas.

Figura 6-7 Resultados de sólidos totais das cinco campanhas realizadas.



Fonte: Própria autoria.

6.1.6 Sólidos dissolvidos totais

Os sólidos presentes na água são os resíduos que permanecem após diferentes processos, como evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e tempo determinados. Esses processos determinam as diferentes frações de sólidos na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. É importante monitorar os sólidos, pois altas concentrações podem impactar a vida aquática (CETESB, 2016), afetando, por exemplo, o crescimento e sobrevivência de determinadas espécies de peixes (VINYARD; DICKERSON, 2011). Segundo a literatura, as principais fontes de sólidos dissolvidos em corpos d'água estão associados ao lançamento de esgoto sem tratamento e ao escoamento agrícola (DEY; VIJAY, 2021). Além disso, a alteração da qualidade das águas por esse parâmetro pode impactar nas suas características organolépticas e como consequência na sua disponibilidade para o abastecimento público (ADJOVU et al., 2023).

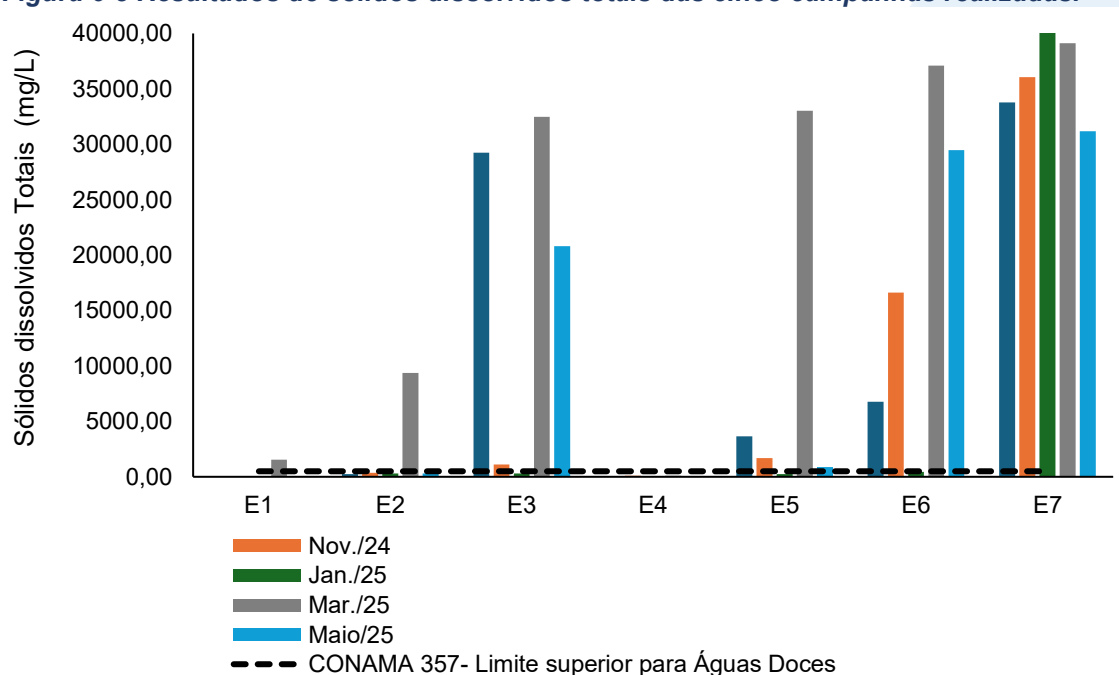
A concentração de sólidos dissolvidos totais variou entre 31,50 mg/L no rio Iriry (E4) e 43.099,00 mg/L na foz do rio das Ostras (E7) (Figura 6-8) ambos em jan/25. Quase todas as amostras classificadas como águas doces, ao longo das cinco amostragens, estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500,00 mg/L), com exceção da amostra do rio das Ostras, a

jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3) na campanha de mar./25, que registrou 32.466,00 mg/L. Não há limites de referência para águas salobras e salinas na Resolução CONAMA nº 357/2005 para sólidos dissolvidos totais.

Os resultados expostos na Figura 6-8 corroboram os dados de salinidade, condutividade e sólidos totais, tornando evidente a estreita relação entre essas variáveis, haja vista que a condutividade é diretamente influenciada pela presença de sólidos dissolvidos e influencia os resultados de salinidade.

Ademais, sugere-se que além do impacto das atividades antrópicas, como o lançamento de esgoto sem tratamento nas estações amostrais, outros fatores ambientais, como a ação dos ventos e marés, podem favorecer a movimentação de massas, propiciando o incremento de sólidos dissolvidos no sistema. As altas concentrações dessa variável nos pontos que sofrem maior influência marinha (E3, E5, E6 e E7) corroboram a hipótese acima.

Figura 6-8 Resultados de sólidos dissolvidos totais das cinco campanhas realizadas.



Fonte: Própria autoria.

6.1.7 Turbidez

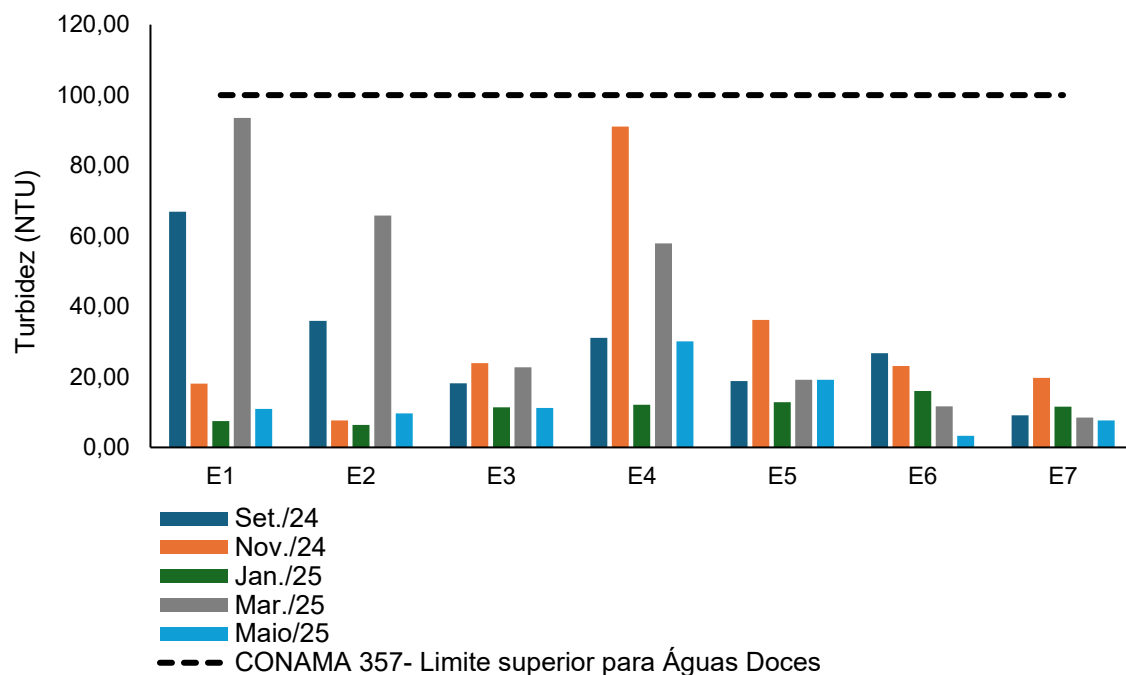
A turbidez pode ser definida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão. Logo, em águas turvas, a luz apresentará uma maior dificuldade de passagem. Esse parâmetro é

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).

Os resultados de turbidez variaram de 3,30 UNT nas águas do rio das Ostras, a jusante do canal das Corujas (E6) em maio/25 a 93,50 UNT nas águas do afluente do rio Iriry (E1) em mar./25 (Figura 6-9). No que se refere à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, verifica-se que todas as amostras classificadas como águas doces, ao longo das cinco amostragens, apresentaram resultados em conformidade com o limite preconizado na normativa para Águas Doces Classe 2 (100 UNT). Ressalta-se que para Águas Salobras e Salinas Classe 1 não há valores de referência descritos na normativa supracitada.

De modo geral, as estações amostrais que apresentaram os maiores resultados de turbidez foram as do rio Iriry (E4) e seu afluente (E1), o que pode estar relacionado a presença da Rodovia Engenheiro Luiz Gonzaga Quirino Tannus, que atravessa o rio Iriry e o rio Jundiá (E2). De acordo com Gomes (2009) a construção dessa rodovia alterou a topografia local, aumentando a declividade e deixando o solo mais exposto, o que resultou em um processo de assoreamento do rio Iriry, que configura um de seus principais problemas, causado tanto pelo escoamento das águas pluviais, quanto pela retirada da mata ciliar. Salienta-se que a ausência de mata ciliar é um fator que afeta bastante o rio Iriry (E4) que, de acordo com a [Figura 6-10](#), possui margens totalmente expostas com vasta área de pasto. O excesso de macrófitas ([Figura 6-11](#)) e o histórico de poluição do rio Jundiá (E2), que conta com o aporte de esgoto do bairro Âncora (ZANETTI, 2024) também contribui para o aumento da turbidez nesse rio.

Figura 6-9 Resultados de turbidez das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Fonte: Própria autoria.

Figura 6-10. Ampla área de pasto no entorno do rio Iriry (E4).



Fonte: Arquivo Oceanus.

Figura 6-11. Proliferação de macrófitas no rio Jundiá (E2).



Fonte: Arquivo Oceanus

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).

O pH variou entre 3,20 na amostra do rio Jundiá (E2) na coleta realizada em jan./25 a 8,13 nas águas analisadas na estação da foz do rio das Ostras (E7) em nov./24. Através da Figura 6-12, nota-se que os pontos que apresentaram os menores resultados de pH foram os das estações localizadas no interior da Bacia do Rio das Ostras, a montante do rio de mesmo nome (E1 – afluente do rio Iriry e E2 – rio Jundiá). Vê-se também um padrão de menores valores de pH na campanha de jan./25, na qual quase todas as amostras foram classificadas como águas doces (Quadro 6-1). Diante disso, esses baixos resultados podem estar atrelados à menor contribuição marinha, uma vez que uma maior influência de águas salinas tende a aumentar o pH (D'AQUINO, 2010). Outra possibilidade, que pode se somar à anterior, é que essas alterações de pH sejam decorrentes dos níveis de poluição (OMER, 2020). É importante ressaltar que o impacto

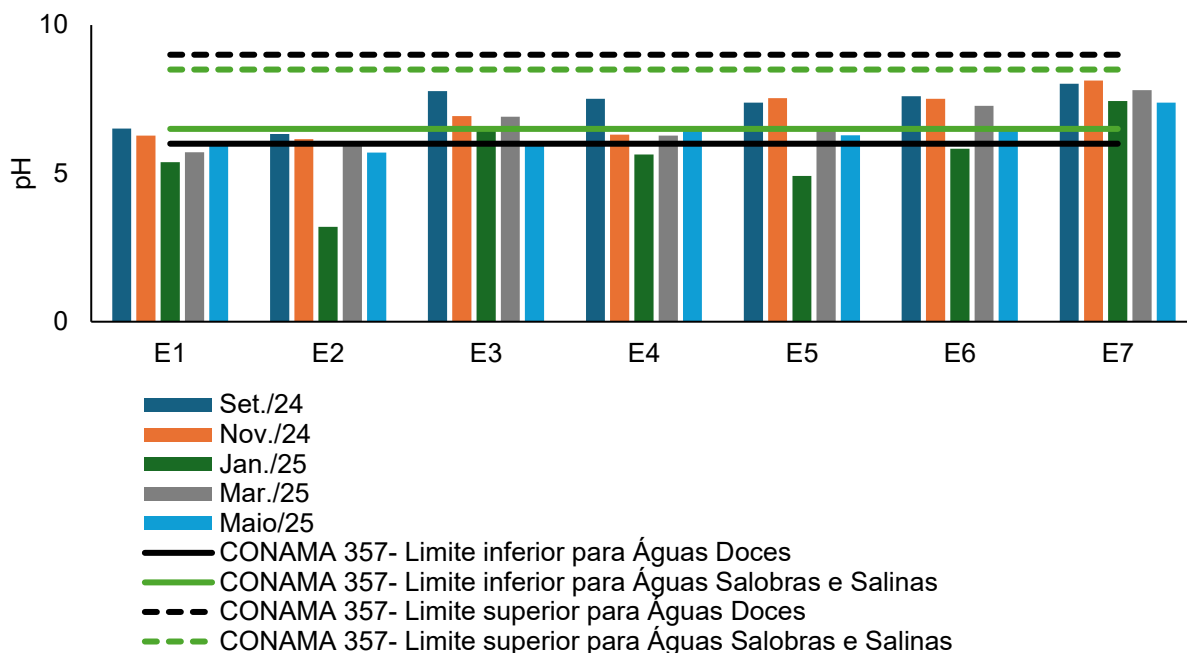
de águas ácidas é enorme, visto que elas podem dissolver metais pesados e serem fatais para biota, resultando em um desequilíbrio ambiental como um todo (OMER, 2020). Além dos pontos supracitados, o próprio rio Iriry (E4) e o canal das Corujas (E5) também apresentaram resultados baixos de pH. Esse cenário se torna ainda mais preocupante haja vista o histórico de poluição desses rios, que será descrito nos parâmetros a seguir.

Em relação aos limites da Resolução CONAMA nº 357/2005, todas as amostras de set./24 e nov./24 estiveram em conformidade com os padrões de pH para Águas Doces Classe 2 (6,0–9,0) nos pontos E1, E2 e E4, e para Águas Salinas e Salobras Classe 1 (6,5–8,5) nos pontos E3, E5, E6 e E7. Em jan./25, apenas E3 e E7, pontos localizados no rio das Ostras, atenderam à norma para Águas Doces Classe 2 e Águas Salinas Classe 1, respectivamente. Esses menores resultados de jan./25 coincidiram, como supracitado, com o mês de menor influência marinha e pode explicar tais valores.

Em mar./25, quase todas as amostras apresentaram pH dentro dos limites da normativa de referência para Águas Salinas Classe 1 (E3, E5, E6 e E7) e Águas Doces Classe 2 (E4), o que coincidiu com o período de maior intrusão salina e pode ter favorecido esse aumento de pH observado (D'AQUINO, 2010). Em mai./25, apenas E4 (rio Iriry), E6 e E7 (rio das Ostras) estiveram em conformidade com os respectivos limites da Resolução CONAMA nº 357/2005.

É importante ressaltar que alterações no pH podem exercer influência sobre a distribuição e biodisponibilidade de contaminantes inorgânicos acumulados nos sedimentos, tais como metais, pois pH mais ácidos diminuem a capacidade de retenção desses compostos pelo sedimento (RIOS, 2018; ZHANG et al., 2014).

Figura 6-12 Resultados de pH das cinco campanhas realizadas e limites de referência segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.



Fonte: Própria autoria.

6.1.9 Oxigênio dissolvido

O oxigênio representa o gás mais importante para manutenção da vida, sendo fundamental para diversas atividades metabólicas relacionadas ao crescimento, reprodução e obtenção de energia na maioria dos seres vivos (ALVARADO; AGUILAR, 2009). Para ecossistemas aquáticos, o oxigênio dissolvido, além de sua função na manutenção da biota aquática, também atua promovendo autodepuração dos ecossistemas aquáticos. Em ecossistemas eutrofizados, a fotossíntese é uma fonte natural de oxigênio para decomposição da matéria orgânica (CETESB, 2009).

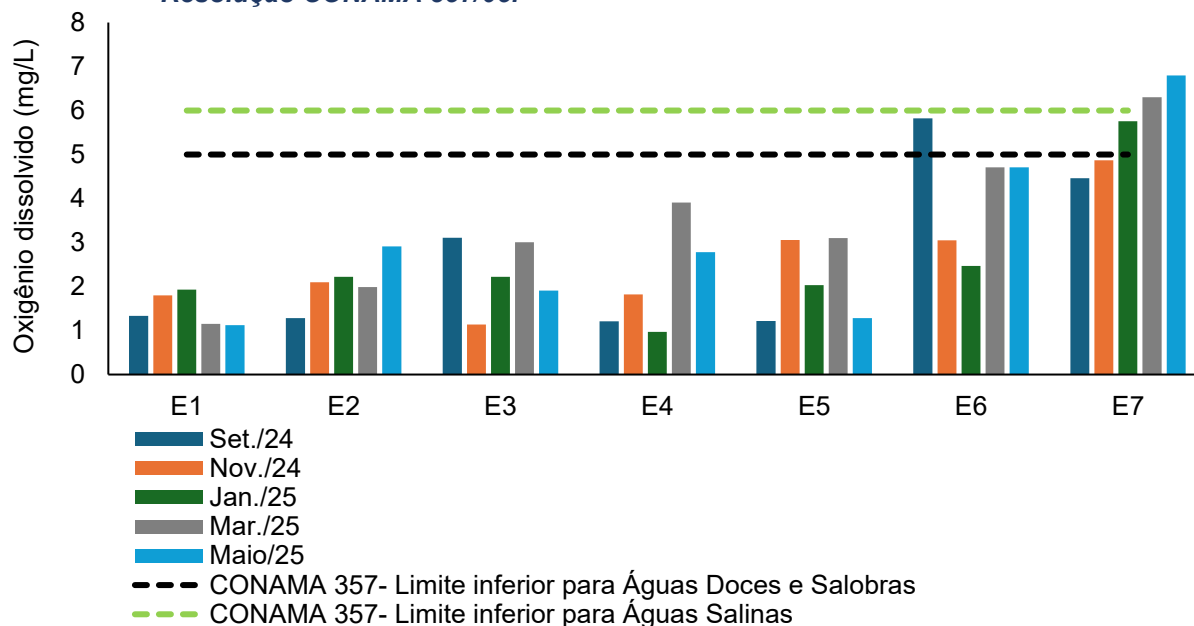
A concentração de oxigênio dissolvido (OD) ao longo das cinco campanhas apresentou uma variação de 0,97 mg/L na amostra do rio Iriry (E4) na coleta de jan./25 a 6,80 mg/L, na estação da foz do rio das Ostras (E7) na amostragem realizada em maio/25 (Figura 6-13). Ao comparar os resultados obtidos com os limites mínimos de OD estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, nota-se que praticamente todas as amostras estiveram em desconformidade com a normativa para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L), Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L) e Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L), com exceção das amostras da foz do rio das Ostras (E7) que, nas duas últimas campanhas (mar./25 e maio/25), estiveram em conformidade com os limites estabelecidos na normativa para Águas Salinas Classe 1.

Os resultados mais altos de OD em E7 são, provavelmente, decorrentes da localização deste ponto em área de entrada estuarina. Todas as coletas foram realizadas em maré de sizígia, ou seja, com maior amplitude de variação de nível da maré. Visto que o ponto E7 é localizado nesta região com maior hidrodinamismo, é de se esperar que a correnteza gerada pela ação da maré contribua com a aeração natural das águas amostradas. De acordo com o estudo de Von-Ahn e Pereira Filho (2015), realizado no estuário do rio Itajaí-Açu/SC, correntezas geram uma maior oxigenação nas águas. Além disso, o trabalho de Quinelato et al. (2021) no estuário do rio Caraíva/BA, corrobora a hipótese sugerida, já que os autores observaram maiores valores de OD durante a maré alta

Dados históricos de ago./22 a abr./24, desse mesmo projeto, mostram que o padrão observado no atual monitoramento é crônico, uma vez desde 2022 há concentrações extremamente baixas de OD nos corpos hídricos amostrados, com praticamente todas as estações amostrais em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 (CBH MACAÉ OSTRAS, 2023; CBH MACAÉ OSTRAS, 2024). Esse cenário indica o aporte de matéria orgânica e nutrientes nessas águas, resultando em baixa disponibilidade de OD devido à decomposição desses compostos, e torna evidente o nível de poluição dessas águas (CETESB, 2018).

Cabe destacar que, resultados de OD inferiores a 2 mg/L caracterizam uma condição de hipoxia que pode culminar na morte de peixes e gerar um desequilíbrio de forma generalizada na comunidade aquática (CETESB, 2023). Diante disso, salienta-se que quase todas as estações amostrais (E1, E2, E3, E4 e E5) apresentaram, em uma das cinco campanhas, concentrações de OD abaixo de 2mg/L. O afluente do rio Iriry (E1), por exemplo, apresentou resultados menores que 2 mg/L em todas as cinco campanhas. A qualidade degradante das águas amostradas pode indicar o lançamento de efluentes sem tratamento nos leitos desses rios.

Figura 6-13 Resultados de OD das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Fonte: Própria autoria.

6.1.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio

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

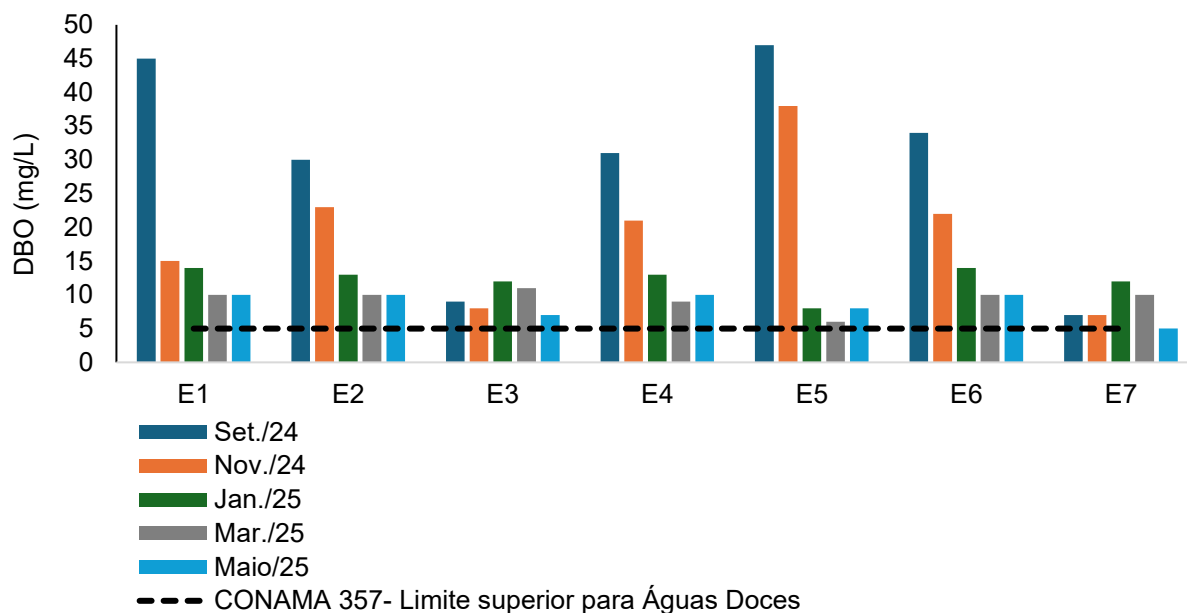
Em relação à DBO, a variação dos resultados foi de 5 mg/L nas águas da foz do rio das Ostras (E7) na última campanha (maio/25) a 47 mg/L no canal das Corujas (E5) em set./24. Todas as 16 amostras classificadas como águas doces ultrapassaram o limite balizado na Resolução CONAMA nº 357/05 para Águas Doces Classe 2 (5 mg/L) (Figura 6-14). Não há limites de DBO para Águas Salobras e Salinas, mas de uma forma geral, os valores registrados foram altos.

De acordo com a Figura 6-14, nota-se que os maiores resultados de DBO foram obtidos nas campanhas de set./24 e nov./24, exceto em E7, situado em uma região estuarina, com intensa circulação de águas e consequente atenuação dos resultados por efeito da diluição. Os picos observados em set./24 e nov./24 sugerem um incremento pontual de matéria orgânica nas águas amostradas, visto que esses valores decresceram nas campanhas seguintes.

Omer (2020) aponta que, em ambientes aquáticos o oxigênio consumido na metabolização dos compostos orgânicos e mensurado pela concentração de DBO é o OD, e é realmente possível observar essa relação inversamente proporcional a partir da Figura 6-13. Os menores resultados de DBO e maiores de OD foram obtidos nas águas da foz do rio das Ostras (E7), enquanto as altas concentrações de DBO nas demais estações acompanharam concentrações consideravelmente baixas de OD.

Considerando a campanha que apresentou os maiores resultados (set./24) e comparando os valores das amostras classificadas como águas doces (E1, E2 e E4) com o limite de 5 mg/L estabelecido Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2, têm-se dados alarmantes. A amostra do afluente do rio Iriry (E1), que registrou 45 mg/L de DBO, está 800% acima do limite da normativa de referência, enquanto as amostras dos rios Iriry (E4) e Jundiá (E2), que registraram 31 mg/L e 30 mg/L respectivamente, estão 500% acima do limite de 5 mg/L da CONAMA. Ainda que o acúmulo pluviométrico nos 15 dias que antecederam a coleta de set./24, incluindo o dia de amostragem, tenha sido o segundo menor do monitoramento, o que poderia sugerir uma concentração dos resultados, não foi possível traçar essa relação com a pluviosidade. Isso acontece porque o mês que apresentou um acúmulo pluviométrico ainda menor (mar./25), registrou resultados bem menores, sugerindo que não há relação clara dessa variável com a precipitação.

Figura 6-14 Resultados de DBO das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Fonte: Própria autoria.

6.1.11 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 relacionado com a produtividade primária no ambiente aquático. O aporte excessivo desses nutrientes, principalmente pelo esgotamento sanitário, causa enriquecimento dos sistemas aquáticos, deixando-os eutrofizados. O nitrogênio total é a soma das formas orgânicas e inorgânicas de nitrogênio encontradas no ambiente (CETESB, 2016).

No que se refere ao nitrogênio total, as concentrações variaram de 0,1 mg/L na foz do rio das Ostras (E7) em mar./25 a 16,1 mg/L no canal das Corujas (E5) em set./24 (Figura 6-15). Comparando os resultados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, a única amostra classificada como águas doces que ultrapassou os limites da normativa foi a do rio Jundiá (E2 – 3,20) na última campanha (maio/25). O rio Jundiá sofre com as consequências da urbanização que não foi acompanhada pela ampliação da rede de esgoto (SILVA; 2024; ZANETTI, 2024), portanto, esse pico de nitrogênio total observado em maio/25 foi, provavelmente, decorrente de um incremento no lançamento de efluentes sanitários sem tratamento no leito desse rio.

Apesar de não ter limite estabelecido na normativa de referência para Águas Salobras e Salinas Classe 1, alguns picos dessa variável ambiental no decurso do monitoramento chamam atenção, como o observado no afluente do rio Iriry (E1 – mar./25), no canal das Corujas (E5 – set./24, nov./24 e maio/25) e no rio das Ostras, a jusante do canal das Corujas (E6 – set./24).

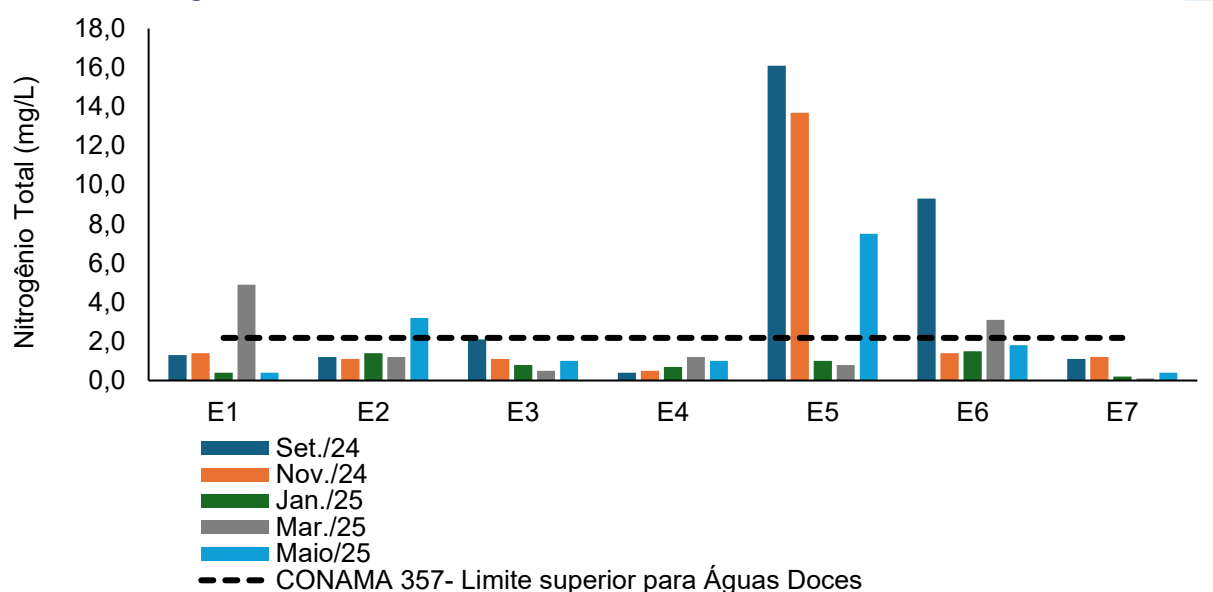
O afluente do rio Iriry (E1) na mesma época (mar./25) em que exibiu 4,9 mg/L de nitrogênio total, apresentou também alta DBO (10 mg/L) e baixíssima disponibilidade de oxigênio dissolvido em suas águas (1,15 mg/L). Esse cenário sugere a ocorrência de processos de eutrofização (CETESB, 2018), que comprometem a qualidade das águas e representam riscos para a saúde pública. Uma hipótese é que todo esse quadro pode estar relacionado ao vazamento de chorume de duas geobags, que aconteceu em 2019, no aterro sanitário municipal de rio das Ostras, contaminando o solo e o lençol freático (NOTÍCIAS MACAÉ, 2019). É importante considerar que, segundo Lanza et al. (2010), a decomposição em aterros com produção de chorume pode continuar por mais de 10 anos após o encerramento das atividades e por isso deve o monitoramento deve ser estendido, considerando o potencial poluidor do chorume tanto para o solo, quanto para águas superficiais e subterrâneas.

Em relação ao canal das Corujas, esse ponto amostral (E5) requer muita atenção por ter apresentado três picos de nitrogênio total que destoaram de todos os outros e foram os maiores observados no decurso das cinco campanhas de monitoramento. Os picos observados (16,1 mg/L em set./24; 13,7 mg/L em nov./24 e 7,5 mg/L em maio/25), assim como pontuado para o afluente do rio Iriry, coincidem com altas concentrações de DBO (47 mg/L em set./24; 38 mg/L em nov./24 e 8 mg/L em maio/25) e baixas de OD (1,22 mg/L em set./24; 3,06 mg/L em nov./24 e 1,28 mg/L em maio/25) e sugerem a ocorrência de eutrofização (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, além de reduzirem os níveis de oxigênio dissolvido, provocando a mortalidade de organismos aquáticos (FIGUEIRÊDO et al., 2007; MORAES, 2009; COSTA et al., 2021).

Ademais, de acordo com a Figura 5-1, nota-se que as águas do canal das Corujas (E5) e do rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas (E6), estão localizadas em áreas muito urbanizadas, nas proximidades dos bairros Nova Cidade e Jardim Mariléa, por exemplo. Nesse sentido, um ponto que chama atenção é que no estudo de Silva (2022), no município do Rio das Ostras, baseado em dados de 2021, tanto o indicador do

atendimento da população em relação aos serviços de coleta de esgoto, como o referente ao tratamento do esgoto coletado apresentaram 31,40%. A partir disso entende-se que quase 70% do esgoto do município não é tratado (SILVA, 2022), o que pode ter contribuído com os resultados observados, considerando que o esgoto sanitário é uma das principais fontes de nitrogênio total (CETESB, 2018).

Figura 6-15 Resultados de nitrogênio total das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Fonte: Própria Autoria.

6.1.12 Nitrato

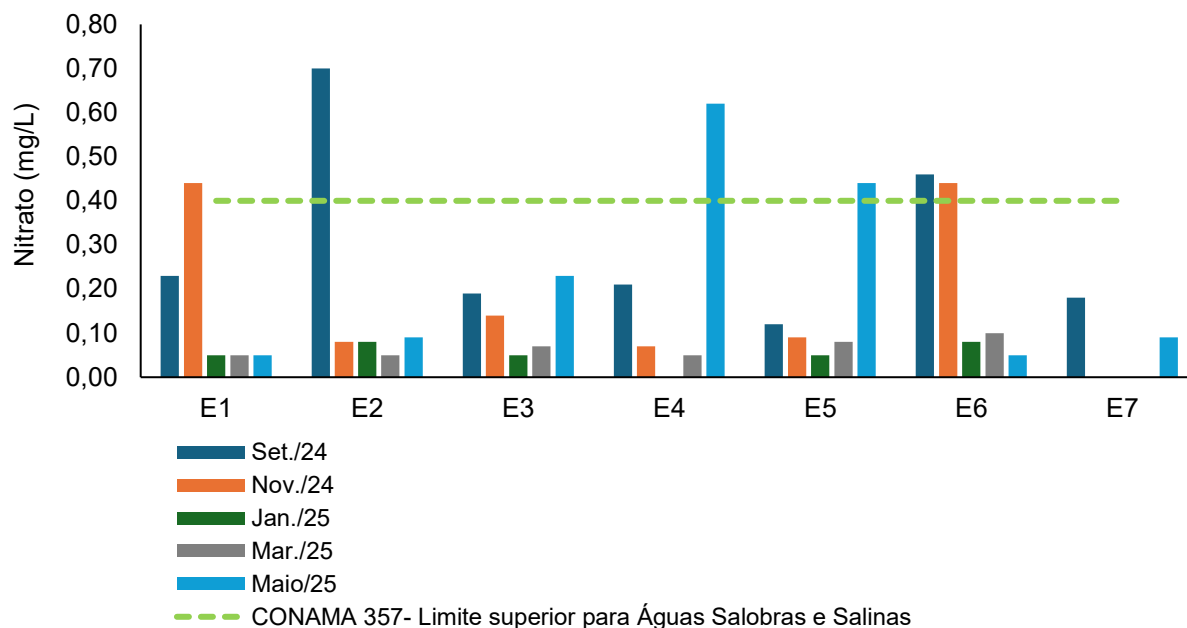
O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. (CETESB, 2014). Nesse sentido, destaca-se que o nitrato é um íon relevante e ocorre naturalmente no ambiente, mas, atualmente, sua detecção em excesso nos diferentes compartimentos ambientais está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

A variação dos resultados de nitrato foi de $<0,05$ mg/L (menor que o limite de quantificação do método analítico) em diversas amostras a 0,70 mg/L no rio Jundiá (E2 – set./24) (Figura 6-16). Cabe ressaltar que essa variável ambiental não foi detectada em nov./24, jan./25 e mar./25 na foz do rio das Ostras (E7) e em jan./25 no rio Iriry (E4).

Em relação à comparação com a normativa de referência, nota-se que quase todas as amostras analisadas apresentaram concentrações em conformidade com os limites estabelecidos para Águas Doces Classe 2 (10,0 mg/L), Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 (0,4 mg/L). A exceção foi a amostra do canal das Corujas (E5 – 0,44 mg/L) em maio/25, que ultrapassou ligeiramente o limite estabelecido na normativa de referência e as amostras do rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas (E6) nas campanhas de set./24 (0,46 mg/L) e nov./24 (0,44 mg/L) (Figura 6-16). Salienta-se que o limite estabelecido para Águas Doces Classe 2 (10,0 mg/L) foi retirado do gráfico, no intuito de facilitar a visualização, em razão das baixas concentrações obtidas. De acordo com Von Sperling (2014) a detecção predominante de nitrato indica uma contaminação mais antiga.

Em relação ao nitrato, a maioria dos picos observados foram nas campanhas de set./24, nov./24 e maio/25, nas quais os acúmulos pluviométricos nos 15 dias que antecederam a amostragem, incluindo o dia de coleta, foram altos, com 40,9 mm (IRIODA9), 64,5 mm (IRIODA12) e 57,4 mm (IRIODA12), respectivamente. Desse modo, sugere-se que esses picos tenham relação com o escoamento superficial do entorno, hipótese corroborada por dados de Folletto, Feldens e Ferreira (2013) de um estudo que avaliou a variação sazonal da concentração de nitrato e observou maiores concentrações em períodos de maior pluviosidade. Além disso, as maiores concentrações registradas foram nos rios Jundiá (E2 – 0,70 mg/L - set./24), no qual a degradação hídrica é advinda majoritariamente da urbanização, com o aporte de efluentes sanitários e industriais sem tratamento ou parcialmente tratados no leito do rio, e Iriry (E4 – 0,62 mg/L – maio/25), no qual os problemas estão mais relacionados às atividades agropecuárias do entorno (JARDIM, 2020). Salienta-se que esses dois rios sofrem as consequências da ausência de mata ciliar, tendo suas margens totalmente expostas em alguns trechos.

Figura 6-16 Resultados de nitrato das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Fonte: Própria Autoria.

6.1.13 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).

Os resultados de fósforo total variaram entre menor que o limite de quantificação do método analítico (0,01 mg/L) nos pontos E3 (rio das Ostras), na campanha de maio/25, E5 (canal das Corujas), na campanha de mar/25 e E7 (foz do rio das Ostras) em quase todas as campanhas, com exceção de set./24, e 1,96 mg/L no canal das Corujas (E5) em set./24 (Figura 6-17).

Em relação à comparação dos resultados com a Resolução CONAMA nº 357/05, as únicas amostras que sempre estiveram em conformidade com a normativa foram as do ponto E4 (rio Iriry), classificadas como águas doces e E7 (foz do rio das Ostras), classificadas como águas salinas, atendendo aos limites de 0,1 mg/L para Águas Doces Classe 2 e 0,062 mg/L para Águas Salinas Classe 1. Em se tratando das amostras que

desenquadraram, no sétimo quadrimestre tem-se E5, canal das Corujas (com 1,96 mg/L em set./24 e 1,61 mg/L em nov./24) e E6, rio das Ostras (com 0,28 mg/L em set./24 e 0,63 mg/L em nov./24). No oitavo quadrimestre, em jan./25, nenhuma amostra desenquadrou, enquanto em mar./25 a maioria ultrapassou a norma, com exceção das amostras do rio Iriry (E4), do canal das Corujas (E5) e da foz do rio das Ostras (E7) que estiveram em conformidade com os limites preconizados na Resolução CONAMA nº 357/2005. No nono quadrimestre a única amostra que apresentou não conformidade foi a do canal das Corujas (E5), a qual exibiu 0,39 mg/L de fósforo total.

É importante ressaltar que os valores de fósforo total do atual monitoramento são consideravelmente superiores a dados pretéritos de 2004 obtidos nas mesmas estações amostrais do presente estudo ambiental, cuja variação registrada foi de resultados menores que o limite de quantificação (0,01 mg/L) nas águas analisadas em E7 a 0,03 mg/L na amostra de E5 e E6 (CBH MACAÉ OSTRAS, 2012). Considerando as estações do canal das Corujas (E5) e do rio das Ostras, a jusante da foz desse canal (E6), as concentrações dessa variável ambiental chegaram a 1,96 mg/L (set./24) e 1,61 mg/L (nov./24) no canal das Corujas e 0,63 mg/L no rio das Ostras (E6), em nov./24.

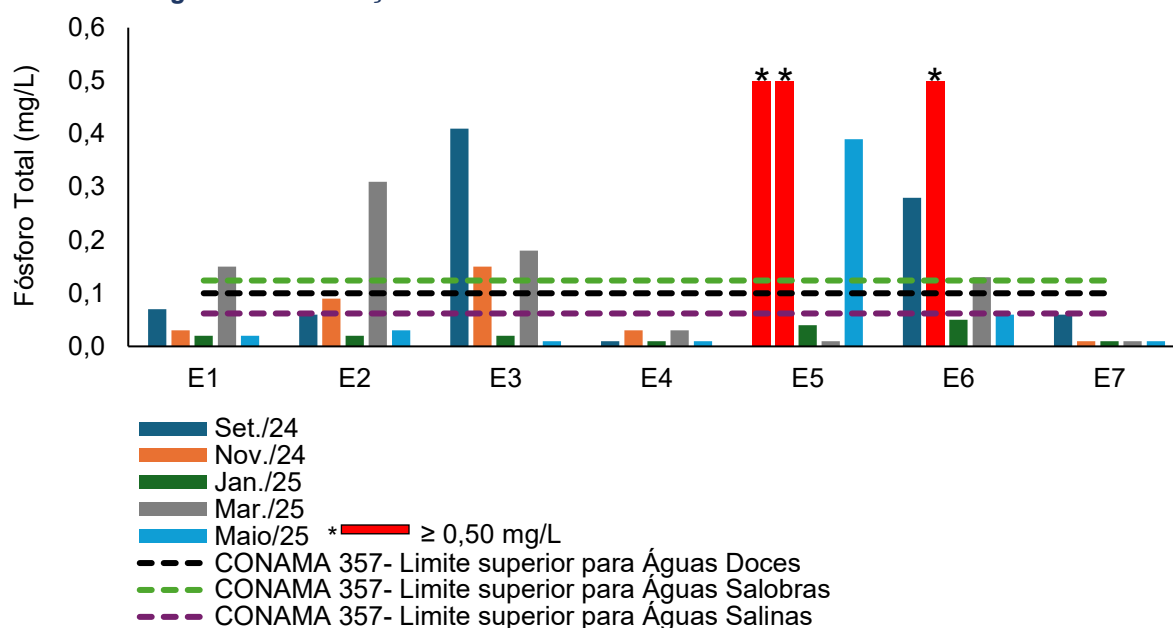
Salienta-se também que, ao contrário das demais amostras, que finalizaram o monitoramento (maio/25) apresentando conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o canal das Corujas foi o único que desenquadrou, exibindo 0,39 mg/L na última campanha, que é um resultado 13 vezes superior ao encontrado nos dados históricos de 2004 (CBH MACAÉ OSTRAS, 2012), tornando evidente o aumento do aporte de efluentes no canal das Corujas, que é reflexo da degradação desse corpo hídrico.

Além do descarte de efluentes, algumas regiões próximas aos pontos amostrais E4 e E1 (rio Iriry e seu afluente) são áreas rurais. Logo, acredita-se que alguns valores elevados de fósforo podem ter relação com uso de fertilizantes em atividades agrícolas (GOMES, 2009). Em mar./25, por exemplo, nota-se picos desse nutriente em E1 (afluente do rio Iriry), E2 (rio Jundiá), E3 e E6 (ambos no rio das Ostras). Em adição, podemos destacar ainda que no ponto E1, o pico de fósforo total neste mês (0,15 mg/L) coincidiu com um pico de nitrogênio total (4,9 mg/L). Diante da localização destes pontos em região de atividades rural, estes resultados reforçam a hipótese de que o aporte desses nutrientes seja advindo de atividades agropecuárias.

Em relação aos picos observados no rio Jundiá (E2 – 0,31 mg/L) e no rio das Ostras (E3 – 0,18 mg/L e E6 – 0,13 mg/L) no mesmo período (mar./25) sugere-se relação com o aporte de efluentes não tratados ou parcialmente, já que essas estações amostrais estão

situadas em localidades com uma maior intensificação urbana. Corroborando essa hipótese, observa-se picos de coliformes termotolerantes nos pontos supracitados, os quais serão discutidos adiante, referentes ao mesmo período.

Figura 6-17 Resultados de fósforo total das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Fonte: Própria Autoria.

6.1.14 Fosfato

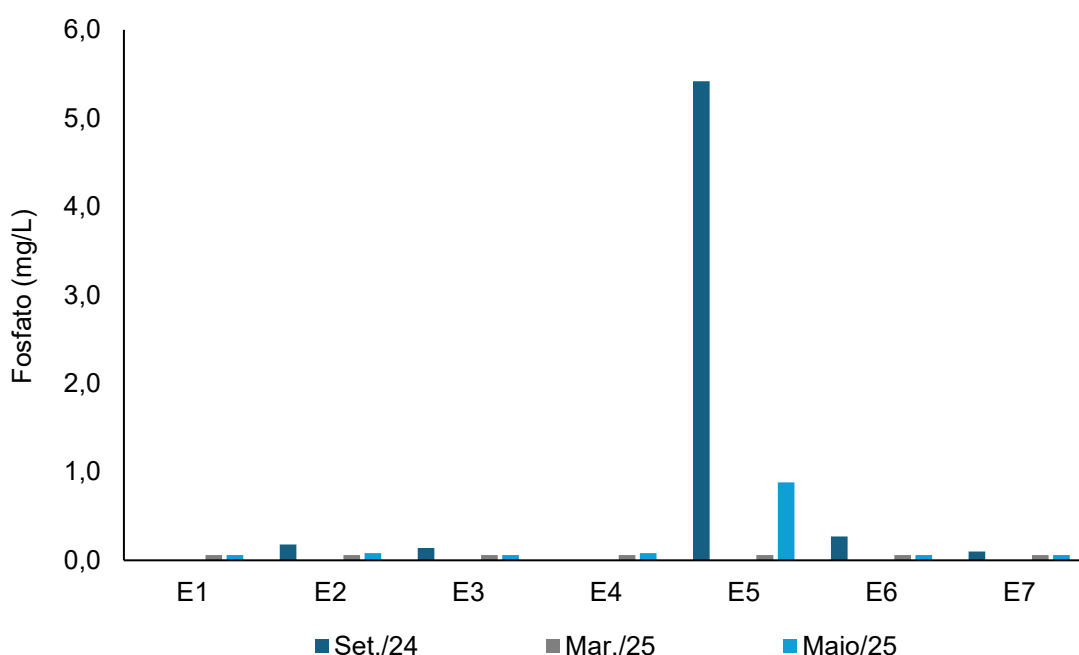
O fósforo pode se apresentar em diversas formas, incluindo sais inorgânicos, como o fosfato. Embora o fosfato seja um nutriente essencial para as plantas, o seu excesso proveniente de atividades humanas, como esgoto doméstico, fertilizantes e resíduos urbanos, tem contribuído para o fenômeno da eutrofização.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

Das 35 amostras, em 16 não foi detectado fosfato, incluindo todas as das campanhas de nov./24 e jan./25, que, portanto, não foram apresentadas no gráfico. Além disso, 11 amostras, considerando todas da campanha de mar./25 e algumas da última campanha (E1, E3, E6 e E7), exibiram resultados menores que o limite de quantificação do método analítico (0,06 mg/L). Diante disso, dos 8 resultados quantificáveis obtidos no decurso das cinco campanhas, a amostra do canal das Corujas (E5) foi a que exibiu as

maiores concentrações, chegando a 5,42 mg/L em set./24 e finalizando o monitoramento (maio/25) com 0,88 mg/L (Figura 6-18).

Destaca-se que na Resolução CONAMA nº 357/2005 não há valores de referência para esse nutriente. Entretanto, salienta-se que os valores elevados de fosfato reportados em E5 (canal das Corujas), acompanhou altas concentrações de nitrogênio total, nitrato, fósforo total e DBO e baixa disponibilidade de OD em suas águas, o que sugere a ocorrência de eutrofização artificial nesse corpo hídrico.

Figura 6-18 Resultados de fosfato das três campanhas realizadas.



Fonte: Própria Autoria.

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).

As concentrações de coliformes termotolerantes variaram entre 4,5 NMP/100 mL na amostra do rio Jundiá (E2) em maio/25 e resultados maiores que o limite máximo de

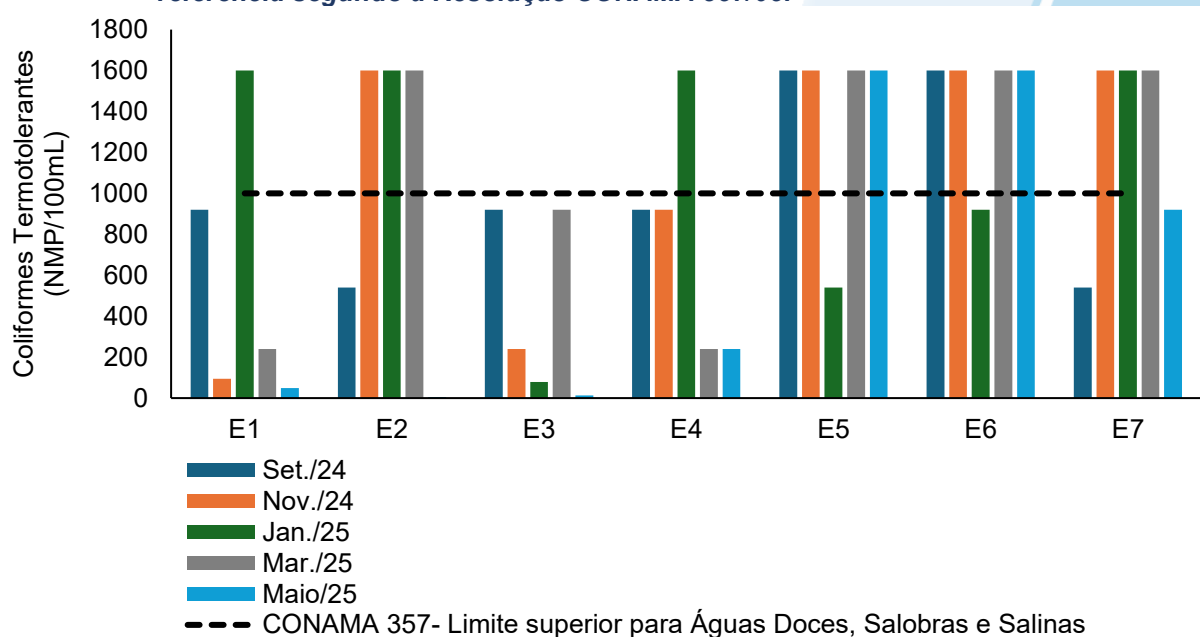
quantificável pelo método analítico (1.600,0 NMP/100 mL) em 14 das 35 amostras, incluindo o canal das Corujas (E5) na última campanha (maio/25).

Quando comparado com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, nota-se que 16 amostras exibiram resultados que ultrapassaram a concentração recomendada para Águas Doces Classe 2, Águas Salinas Classe 1 e Águas Salobras Classe 1 (1.000,00 NMP/100 mL).

Cabe ressaltar uma situação que torna ainda mais evidente o nível de degradação das águas amostradas. À medida que as estações amostrais se aproximam da foz, ainda que haja uma intensificação urbana, esperava-se que a diluição provocada pela entrada das marés conseguisse atenuar os resultados de coliformes termotolerantes. No entanto, mesmo com essa maior circulação de águas, os valores desse grupo de coliformes permaneceram altos, como observado na Figura 6-19, especialmente em E6 e E7.

Diante disso, os resultados sugerem um alto aporte de efluentes sanitários não tratados nos corpos hídricos monitorados. Isso é, provavelmente, decorrente da urbanização desordenada, que não foi acompanhada por uma ampliação da cobertura de tratamento de esgoto, conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2022 (IAS, 2025), e está relacionada com o uso e ocupação irregular do solo no entorno das estações amostrais.

Figura 6-19 Resultados de coliformes termotolerante das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Fonte: Própria Autoria.

7 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

Na caracterização da bacia hidrográfica do Rio das Ostras e do estuário, observa-se aumento da salinidade do ponto E1, situado no afluente do rio Iriry, em direção a E7, localizado na foz do rio das Ostras, estação que apresentou, no decurso das cinco campanhas de monitoramento, amostras com características salinas de acordo com os valores de salinidade estipulados na Resolução CONAMA nº 357/2005. Nesse sentido, reforça-se que, tanto o estuário do rio das Ostras, quanto a bacia como um todo, são fortemente influenciados pelas marés, que adentram áreas interiores do rio, resultando em valores de salinidade decrescentes da foz às regiões mais interioranas. Cabe ressaltar que essa contribuição marinha é mais intensa à medida que o acúmulo pluviométrico é menor, conforme observado em mar./25 (Figura 6-1 e Figura 6-3), mês no qual foram registradas águas salobras no afluente do rio Iriry (E1) e no rio Jundiá (E2). As amostras do rio Iriry (E4) foram as únicas que apresentaram, nos três quadrimestres, características doces. Ademais, os resultados mostraram que não há estratificação halina entre a massa d'água superficial e a profunda, uma vez que tanto a salinidade quanto a condutividade foram muito semelhantes nos dois estratos da coluna d'água dos corpos hídricos monitorados.

Salienta-se que a forte dinâmica da ação das marés e do ambiente costeiro na bacia do Rio das Ostras não se limita a relação com a pluviosidade, pontuada acima, mas também é explicada pela vazão dos corpos hídricos e topografia da região (BARROSO; MOLISANI, 2019). O maior fluxo das águas da foz do rio das Ostras (E7) contribui para os maiores resultados registrados de salinidade, condutividade, sólidos totais e dissolvidos, pH e oxigênio dissolvido nesse ponto amostral, e consequentemente, melhores condições hídricas quando comparado aos demais.

No entanto, um ponto que chama atenção é que, ainda que haja uma grande troca de massas d'águas fluviais e marinhas em E7, o crescimento urbano acelerado no entorno, sem o crescente aumento da rede de tratamento de esgoto, faz com que essas águas ainda apresentem resultados elevados de coliformes termotolerantes, conforme expõe a Figura 6-19, tornando evidente a degradação hídrica. Um exemplo claro desta condição é quando se compara os resultados de E7 com um ponto no mesmo corpo hídrico (E3), mas a montante da intensificação urbana e nota-se resultados menores desse grupo de coliformes.

Salienta-se que o ponto E3, localizado no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá, foi o único, durante os três quadrimestres, que esteve em conformidade com os limites de coliformes termotolerantes balizados na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras e Salinas Classe 1 (1.000 NMP/100mL). Sugere-se que isso possa estar relacionado à sua localização, visto que esse ponto está situado em uma área com maior preservação da vegetação nativa e a montante da intensificação urbana, resultando em um menor aporte de efluentes sem tratamento ou parcialmente tratados diretamente em seu leito.

Além dos parâmetros previamente mencionados, destaca-se os valores elevados de turbidez em algumas estações, especialmente nas águas analisadas no rio Iriry (E4), seu afluente (E1) e no rio Jundiá (E2). Esses resultados podem ter relação com o uso e ocupação do solo no entorno. Conforme mostra a [Figura 7-1](#), o entorno do rio Iriry (E4) apresenta uma vasta área de pasto, com gados presentes ao fundo de alguns registros. Além disso, em algumas cadeias de custódia (ANEXO 4) há anotações dos coletores sobre vestígios da presença de animais nas margens desse corpo hídrico. Em relação ao rio Jundiá (E2), a literatura descreve que suas águas são impactadas pelo aporte clandestino de efluentes sanitários e de resíduos urbanos advindos de ocupações irregulares (GOMES, 2009). Embora o estudo previamente citado tenha mais de 15 anos, dados obtidos nesse monitoramento, como os de coliformes termotolerantes ([Figura 6-19](#)), corroboram esse descarte inadequado nas águas do rio Jundiá, o que pode estar relacionado ao aumento dos níveis de turbidez (CETESB, 2018).

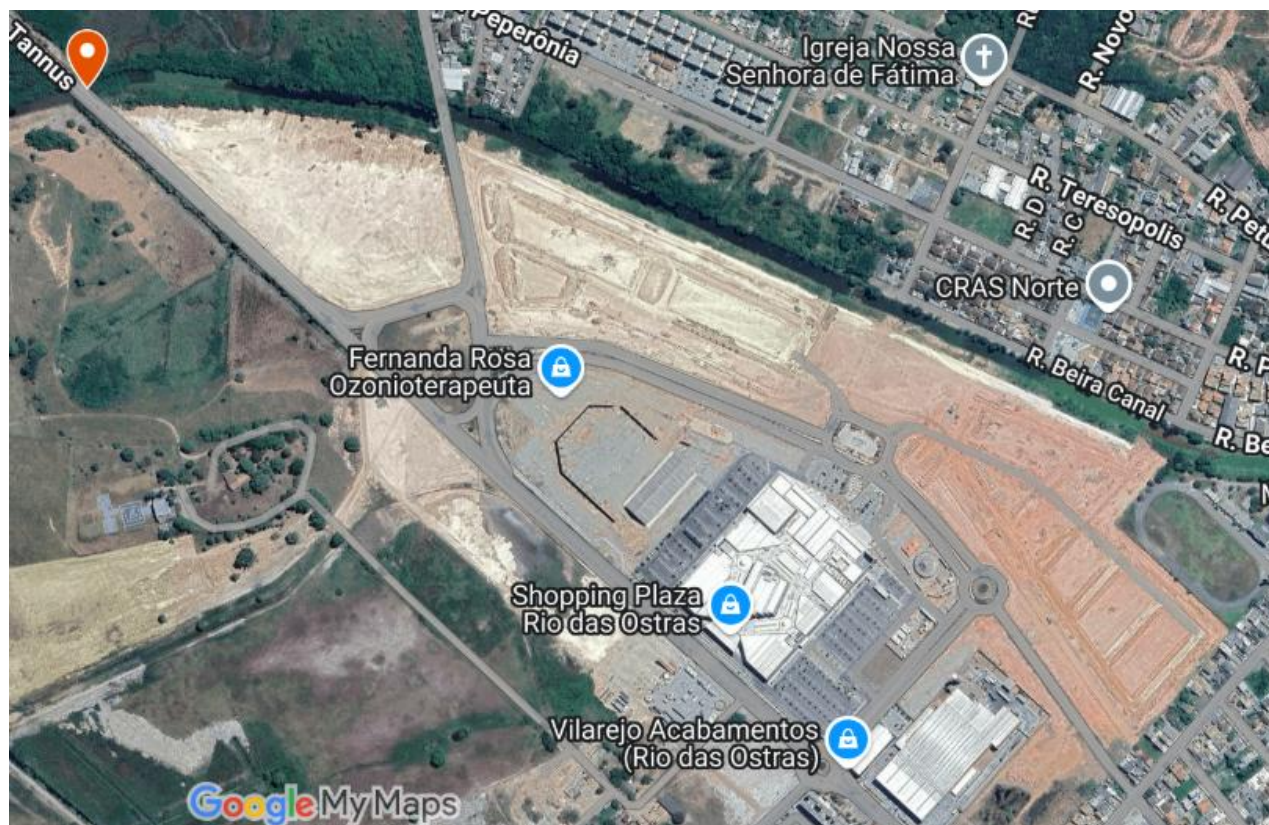
Adicionalmente, a [Figura 7-2](#) evidencia uma área de exposição de sedimentos, referente a um empreendimento às margens do rio Jundiá (E2), que pode ter relação com os resultados de turbidez observados. Essa área está localizada aproximadamente entre as latitudes -22.49184 e -22.48345 e longitudes -41.93671 e -41.9229.

Figura 7-1. Entorno do rio Iriry (E4) com gados ao fundo.



Fonte: Arquivo Oceanus.

Figura 7-2. Empreendimento às margens do rio Jundiá (E2).



Fonte: Imagem de Satélite do Google MyMaps.

No que se refere aos nutrientes, as maiores concentrações de fósforo total, fosfato e nitrogênio total foram detectadas nas águas analisadas nas estações E5 e E6, o que expõe o nível de degradação desses rios, já que segundo a CETESB (2018), a principal fonte de nutrientes das séries fosfatada e nitrogenada advém de efluentes sanitários. E corroborando essa hipótese, os resultados de coliformes termotolerantes mostraram que, no canal das Corujas (E5), quatro das cinco campanhas, apresentaram valores acima do limite máximo de quantificação (1.600 NMP/100mL). Além deste, o rio das Ostras, a jusante da foz desse canal (E6), exibiu três resultados superiores a 1.600 NMP/100mL e um igual a 1.600 NMP/100mL. O menor registro dessa variável microbiológica nos pontos supracitados coincidiu com o maior acúmulo pluviométrico observado em jan./25, com 73,4 mm. Sugere-se que esse aporte de efluentes sanitários sem tratamento sejam advindos de bairros do entorno dos pontos amostrais como Nova Cidade e Jardim Mariléa. De um modo geral, os resultados expõem a carência de esgotamento sanitário adequado da população de Rio das Ostras conforme aponta o Instituto Água e Saneamento (2025), a partir de dados retirados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2022.

Além dos impactos previamente mencionados, as regiões com menor urbanização como no caso do rio Iriry (situado nas estações E1e E4), conforme expõe a Figura 5-1, podem apresentar nos resultados um reflexo das atividades agrárias, como foi o caso dos resultados de nitrato (Figura 6-16), nutriente que apresentou duas das maiores concentrações nos pontos supracitados e são encontrados na composição de fertilizantes agrícolas. No entanto, esse nutriente também pode ter como fonte efluentes sanitários e industriais (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2018; CETESB, 2022)), o que pode estar mais bem relacionado aos picos observados em E2 (rio Jundiá), situado às margens da urbanização e em E6 (rio das Ostras), localizado em região de maior intensificação urbana.

Outro aspecto importante para caracterizar o cenário em que se encontram as águas amostradas são os resultados de OD e DBO. No decurso de todo o monitoramento, as concentrações de DBO foram altas (Figura 6-14) e a disponibilidade de oxigênio dissolvido baixa (Figura 6-13), o que reforça o lançamento de efluentes sem tratamentos nesses corpos hídricos. Todo esse quadro pode ser uma consequência da ausência de saneamento na região, já que 73% da população de Rio das Ostras não tem acesso ao tratamento de esgoto (IAS, 2025) e pode ser piorado pela baixa vazão dos rios dessa bacia (BARROSO; MOLISANI, 2019). Além disso, os baixos valores registrados de OD representam um risco para a biota local, que pode não resistir a uma redução significativa desse parâmetro.

Destaca-se ainda que, as altas concentrações de DBO podem estar também relacionadas ao lançamento de efluentes industriais e agropecuários, além dos sanitários, já que valores altos são registrados diante do aporte de matéria orgânica em geral (CETESB, 2014). Nesse sentido, as amostras que tiveram as maiores médias dessa variável foram as de E5 (canal das Corujas), E6 (rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas) e E1 (afluente do rio Iriry) e corroborando a hipótese sugerida, tem-se altas concentrações de nutrientes da série nitrogenada (Figura 6-15 e Figura 6-16) e fosfatada (Figura 6-17 e Figura 6-18) nessas estações amostrais.

Os resultados encontrados para os diferentes parâmetros analisados refletem não só a ausência do saneamento, mas também, o desmatamento na região da bacia hidrográfica do Rio das Ostras e das atividades de agropecuária e silvicultura (CBH MACAÉ OSTRAS, 2012; DA CUNHA; LIMA; HESPANHOL, 2015; BIDEGAIN; VÖLCKER, 2022). Portanto, os diversos fatores supracitados provavelmente atuam de forma conjunta, impactando a qualidade das águas da área do monitorada.

A Tabela 7-1 e a Tabela 7-2 exibem a estatística descritiva de cada parâmetro analisados nas distintas estações amostrais ao longo das cinco campanhas de monitoramento. Com base nos resultados de salinidade evidencia-se a influência da intrusão salina nas amostras de E5, E3, E6 e E7, que apresentaram as maiores médias quando comparadas aos demais pontos amostrais. Essa contribuição marinha também é evidenciada nos resultados de condutividade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e pH nas amostras da estação E7, localizada na foz do rio das Ostras.

Além disso, a análise das tabelas supracitadas também expõe que as maiores médias de nutrientes foram encontradas no canal das Corujas (E5), assim como a segunda maior de coliformes termotolerantes, o que culminou na maior média de DBO. De modo similar, o ponto E6, situado no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, ficou com as segundas maiores médias de nutrientes fosfatados e nitrogenados, bem como a primeira maior de coliformes. As médias de OD são outro ponto de atenção, já que a maioria apresentou concentração em torno de 2 mg/L, evidenciado a hipoxia dos corpos hídricos monitorados.

Tabela 7-1 - Estatística descritiva de cada parâmetro analisado, considerando cada uma das estações amostrais, ao longo do monitoramento realizado.

Estações amostrais	Salinidade (‰)		Condutividade (µS/cm)		Sólidos Totais (mg/L)		Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)		Turbidez (NTU)		pH		Temperatura (°C)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
E1	0,38	0,71	725,40	1324,36	414,80	641,94	361,19	663,01	39,38	38,62	5,97	0,45	24,78	2,01
E2	1,78	3,31	3169,42	5719,33	2157,00	4048,71	2121,73	4057,72	25,10	25,80	5,49	1,30	25,57	1,94
E3	11,57	12,75	18134,00	19580,36	16820,80	15252,47	16789,68	15283,97	17,48	6,03	6,82	0,67	24,92	2,45
E4	0,08	0,03	164,36	61,82	116,80	45,03	74,61	25,48	44,46	30,77	6,45	0,68	25,61	1,84
E5	7,38	13,03	11791,40	19894,42	7939,80	14086,87	7902,20	14103,20	21,24	8,79	6,54	1,05	26,31	1,02
E6	23,13	15,38	34057,40	21798,70	18160,20	15250,41	18086,74	15265,88	16,16	9,28	6,96	0,75	26,23	1,38
E7	35,55	2,52	54973,00	6283,78	36677,40	4636,17	36643,60	4640,26	11,31	4,91	7,76	0,34	24,94	1,35

Fonte: Própria Autoria.

Tabela 7-2 - Estatística descritiva de cada parâmetro analisado, considerando cada uma das estações amostrais, ao longo do monitoramento realizado.

Estações amostrais	OD (mg/L)		DBO (mg/L)		Fósforo Total (mg/L)		Fosfato (mg/L)		Nitrogênio Total (mg/L)		Nitrato (mg/L)		Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
E1	1,47	0,38	18,80	14,82	0,06	0,06	0,03	0,03	1,68	1,86	0,16	0,17	580,60	668,91
E2	2,10	0,58	17,20	8,93	0,10	0,12	0,07	0,07	1,62	0,89	0,20	0,28	1068,90	751,48
E3	2,28	0,82	9,40	2,07	0,15	0,16	0,06	0,05	1,10	0,60	0,14	0,08	434,40	450,91
E4	2,14	1,21	16,80	9,23	0,02	0,01	0,03	0,03	0,76	0,34	0,19	0,25	784,00	568,93
E5	2,14	0,92	21,40	19,54	0,80	0,92	1,28	2,35	7,82	7,05	0,16	0,16	1388,00	474,05
E6	4,15	1,36	18,00	10,20	0,23	0,24	0,08	0,11	3,42	3,36	0,23	0,21	1464,00	304,11
E7	5,64	0,97	8,20	2,77	0,02	0,02	0,05	0,04	0,60	0,51	0,06	0,08	1252,00	495,10

Fonte: Própria Autoria.

7.1 Análise dos Componentes Principais (PCA)

De forma a avaliar estatisticamente, a influência da concentração dos parâmetros físico-químicos analisados em cada ponto amostral foi realizada a Análise dos Componentes Principais (PCA).

Para comprovar a adequação da PCA realizada, foi utilizado o teste de esfericidade de *Bartlett* e o teste estatístico de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO). O teste de *Bartlett* testa a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é semelhante à matriz de identidade. Nesse teste o resultado igual ou menor a 0,05 indica que os dados utilizados produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial é adequado para a realização da análise de dados. Já o teste KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso o modelo é considerado apropriado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1,0 e valores abaixo de 0,6 mostram que a análise não é adequada (OLINTO, 2007; PRADO et al., 2016). Sendo assim, verifica-se com base nos resultados da Tabela 7-3 que os requisitos exigidos para a adequação da PCA foram cumpridos nos testes de KMO (0,723), que é adequado segundo a literatura (WU et al., 2010; AL-MUTAIRI et al., 2014) e observa-se que o teste de esfericidade de *Bartlett* foi significativo ($p < 0,05$), com isso tem-se que a análise da PCA é adequada. Salienta-se que o parâmetro fosfato foi retirado da análise por não ter apresentado variância na maioria das campanhas (nov./24, jan./25 e mar./25).

Tabela 7-3 - Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,723
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	783
Graus de liberdade	78
Significância estatística (p valor)	<0,001

Fonte: Própria Autoria.

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 48,62% e 14,90% da variação dos dados, totalizando 63,52%.

A análise PCA (Figura 7-3) mostrou uma clara separação espacial dos pontos analisados, assim como, por vezes, uma distinção sazonal. A partir da análise da Figura

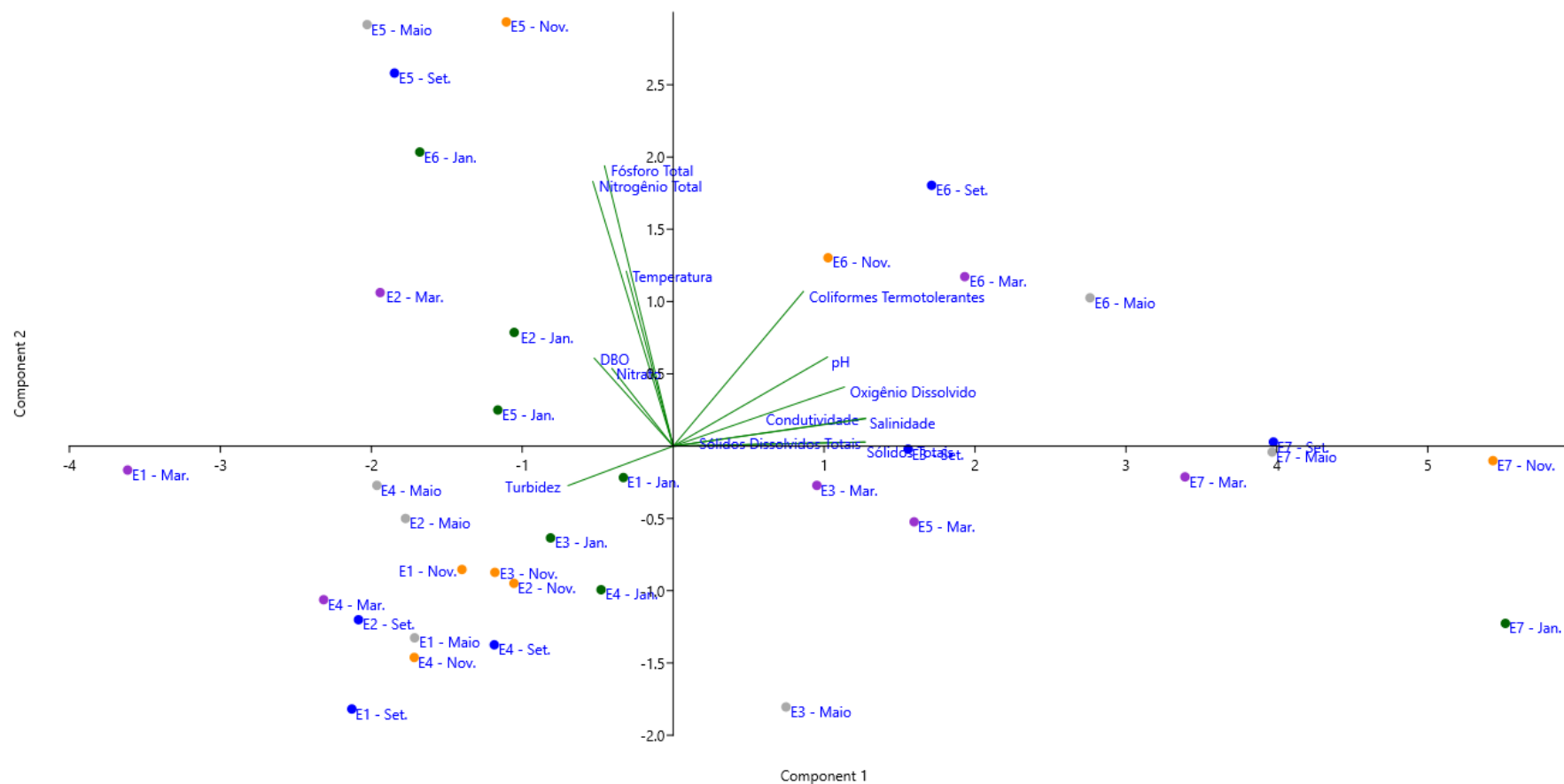
7-3 nota-se uma associação da estação amostral E6, situada no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, em quase todas as campanhas (exceção de jan./25), com altos valores de coliformes termotolerantes. Conforme expõe a Figura 5-1, o ponto E6 localiza-se em uma região de urbanização desenfreada, uma vez que o urbanismo não foi acompanhado de uma ampliação do saneamento básico, especialmente no que se refere ao esgotamento sanitário. Dados do SNIS de 2022, disponibilizados pelo Instituto de Água e Saneamento (2025), expõe a carência dos munícipes de Rio das Ostras em relação ao tratamento de esgoto. Isso implica no lançamento de efluentes sanitários sem tratamento ou parcialmente tratados nos corpos hídricos amostrados, contribuindo para resultados como o de E6 em relação aos coliformes termotolerantes. Ainda na direita do gráfico é possível observar os parâmetros físico-químicos característicos de águas salinas associados aos vetores relacionados com maior influência ao ponto E7. Quanto aos altos valores de pH e OD, sugere-se que sejam advindos da contribuição marinha, uma vez que uma maior influência de águas salinas tende a aumentar o pH (D'AQUINO, 2010) e a maior circulação de águas favorece a aeração do corpo hídrico monitorado.

Observa-se também que as altas concentrações de fósforo total, nitrogênio total e DBO influenciaram a distribuição de E5 em set./24, nov./24 e maio/25. O canal das Corujas (E5), em set./24, foi o corpo hídrico que apresentou as maiores concentrações de fósforo total e nitrogênio total, o que provavelmente culminou na mais alta concentração de DBO, observada no atual monitoramento, no mesmo período (Figura 6-14). Em nov./24 essas concentrações se mantiveram notadamente altas, e em maio/25, os resultados, comparados às campanhas de set./24 e nov./24, apresentaram uma redução considerável, mas ainda assim permaneceram altos. Adicionalmente, a concentração de nitrato também foi alta nesse mesmo período (maio/25). Segundo a Prefeitura Municipal de Rio das Ostras (2024), o entorno do canal das Corujas conta com ocupações irregulares e ausência de rede de coleta e tratamento de esgoto em parte da região, favorecendo a degradação do corpo hídrico, e os resultados supracitados, devido ao lançamento de efluentes sanitários sem tratamento.

Altas concentrações de DBO também estão associadas aos pontos E2 (rio Jundiá), nas campanhas de jan./25 e mar./25 e E6 (rio das Ostras) em jan./25. Esses dados reforçam a má qualidade das águas monitoradas e atentam para o aporte de efluentes sanitários sem tratamento nesses rios, já que a DBO é um indicativo da poluição por matéria orgânica (CETESB, 2014).

Em relação à turbidez, nota-se que esse vetor influenciou a distribuição da maioria dos pontos de E4, E1 (rio Iriry e seu afluente), E2 (rio Jundiá) e alguns pontos de E3, situado no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá. Conforme discutido no item 6.1.7, as estações amostrais que apresentaram os valores mais altos do monitoramento foram justamente E4, E1 e E2.

Figura 7-3 Resultado da análise dos componentes principais.



Fonte: Própria Autoria.

7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Considerando os resultados do IQA_{CETESB}, obtidos ao longo das cinco campanhas de monitoramento, foi gerado um gráfico com a evolução desses resultados do IQA, além da média do índice para cada ponto amostral (Figura 7-4).

Os valores do IQA_{CETESB}, da estação amostral E1, situada no afluente do rio Iriry, variaram de 30,21 (ruim) na campanha de set./24 a 53,73 (boa) em nov./24. As águas desse ponto amostral foram classificadas como ruins nas campanhas de set./24 e mar./25, regular na campanha de jan./25 e boas nas campanhas de nov./24 e maio/25, registrando uma média geral de 42,58 (regular). Cabe ressaltar que a diferença observada entre as campanhas de mar./25 (ruim) e maio/25 (boa) foram provavelmente decorrentes da diminuição dos resultados de coliformes termotolerantes, variável de segundo maior peso do índice, que foram de 240 NMP/100mL para 49 NMP/100mL.

No que se refere ao ponto E2, localizado no rio Jundiá, os resultados apresentaram uma variação de 34,28 (ruim) em set./24 a 60,68 (boa) em maio/25. Ao todo esse rio apresentou duas classificações ruins (set./24 e jan./25), duas regulares (nov./24 e mar./25) e uma única boa (maio/25). Essa última classificação do rio Jundiá (E2) como boa, decorrente do resultado de coliformes termotolerantes de maio/25 (4,5 NMP/100mL), evidencia as limitações do método, uma vez que esse rio apresenta características de um ambiente eutrofizado, haja vista a quantidade de macrófitas observadas (Figura 6-11), os resultados de nutrientes (Figura 6-15, Figura 6-16 e Figura 6-17), além da baixa disponibilidade de OD em suas águas (Figura 6-13) e alta DBO (Figura 6-14). A média geral do IQA desse rio foi de 41,14 (regular).

A qualidade da água da estação E3, localizada no rio das Ostras, exibiu variação de 43,18 (regular) em nov./24 a 57,00 (boa) em jan./25. Ao todo as águas desse ponto amostral apresentaram classificações regulares (set./24, nov./24 e mar./25) e boas (jan./25 e maio/25), contribuindo para uma média geral de 49,06. Um padrão semelhante de resultados, com exceção da campanha de set./24 (ruim), foi notado na estação E4, situada no rio Iriry, que apresentou duas classificações regulares (nov./24 e jan./25) e duas boas (mar./25 e maio/25), resultando em uma média de 45,75.

As três estações supracitadas (E1, E2 e E3) apresentaram diminuição de coliformes termotolerantes de mar./25 para maio/25. Sugere-se que isso esteja relacionado à precipitação, considerando que ela possui caráter dual em relação a concentração de

poluentes nas águas superficiais. Segundo Fritzsons et al. (2002), em um primeiro momento, a carga de poluentes levada para o leito dos rios através do escoamento pluvial é elevada; no entanto, em um segundo momento, considerando o maior aporte de água, a precipitação pode atuar como diluidora.

Os valores do IQA_{CETESB}, da estação amostral E4, situada no rio Iriry, variaram de 32,82 (ruim) a 59,74 (boa). As águas desse ponto amostral foram classificadas como ruins na campanha de set./24, regulares nas campanhas de nov./24 e jan./25 e boas nas campanhas de mar./25 e maio/25, registrando uma média geral de 45,75 (regular). A classificação ruim obtida em set./24 se deve, provavelmente, a condição de hipoxia (baixa oxigenação) das amostras do rio Iriry, com 1,21 mg/L de OD, variável de maior peso no cálculo do IQA, além dos altos resultados de DBO (31 mg/L) e coliformes termotolerantes (920 NMP/100 mL).

O ponto E5, localizado no canal das Corujas, foi o que exibiu os piores resultados, variando de 22,36 (ruim) em set./24 a 49,95 (regular) em mar./25. Os resultados físico-químico e microbiológicos expuseram o nível de degradação hídrica desse rio, portanto, os valores e categorizações do IQA observados (três ruins e duas regulares) são apenas mais um reflexo do grau de poluição desse corpo hídrico. A média geral do IQA desse canal foi 35,77 (ruim).

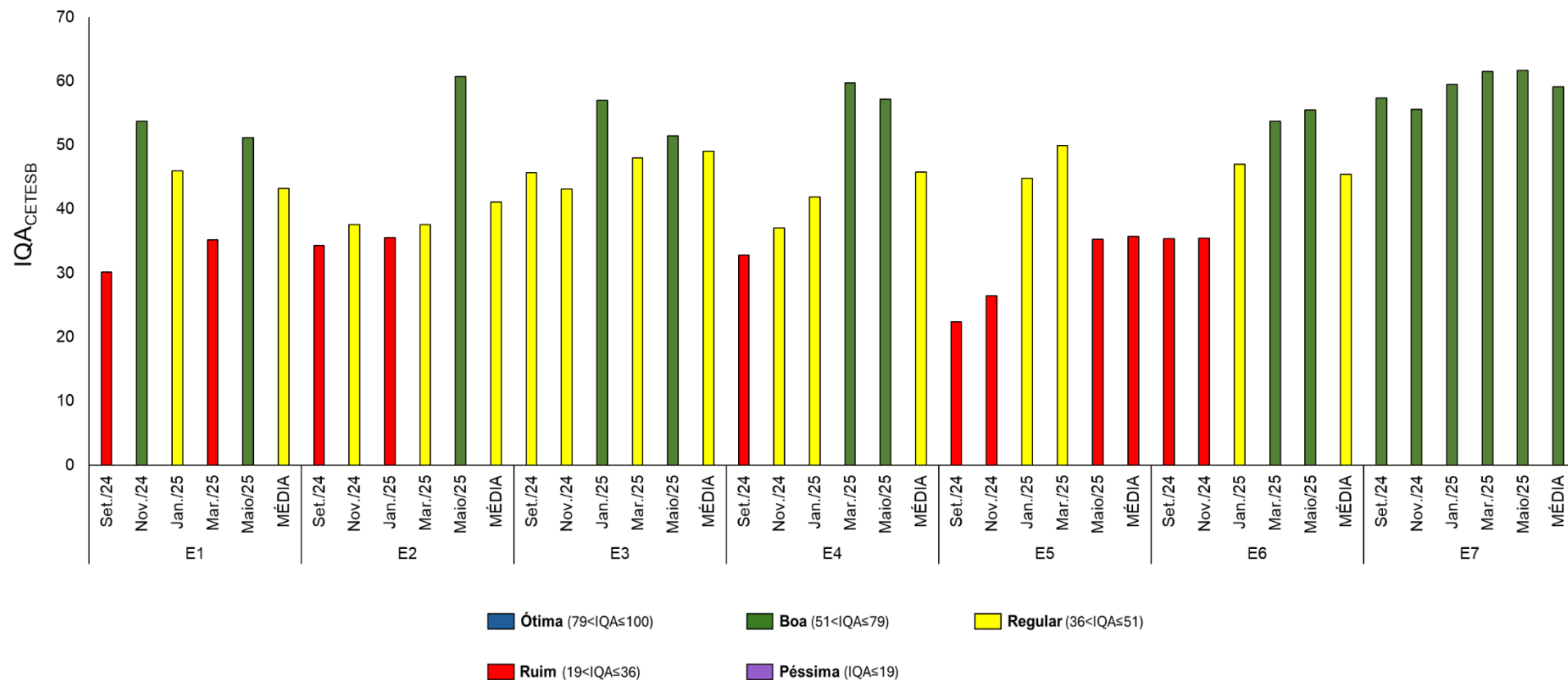
A estação amostral E6 está localizada no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas (E5) e, portanto, além de contar com o impacto da falta de tratamento de esgoto adequado do entorno, haja vista os resultados de coliformes termotolerantes (Figura 6-19), recebe também os impactados trazidos de E5. Esse cenário somado contribui para as duas categorizações ruins de E6 (set./24 e nov./24) e regular (jan./25). As duas classificações boas observadas em mar./25 e maio/25 foram provavelmente advindas dos resultados de OD, variável de maior peso no cálculo do IQA, e que exibiu maiores concentrações nessas campanhas quando comparadas às duas anteriores. O IQA médio observado foi de 45,39.

As amostras da estação E7, situada na foz do rio das Ostras, foram sempre classificadas como boas. No entanto, cabe ressaltar que essa estação amostral diz respeito a um ambiente estuarino, que possui, por exemplo, maior circulação de águas, contribuindo para uma maior aeração e consequentemente, resultados mais altos de OD (variável de maior peso no IQA). Isso pode estar mascarando a real qualidade de suas águas, considerando que é uma localidade que conta com o aporte de efluentes sanitários

sem tratamento, ou parcialmente tratados, haja vista os resultados de coliformes termotolerantes.

De forma geral, o que se percebe a partir dos resultados do IQA_{CETESB} é que as faixas de classificação são muito amplas e pouco restritivas, considerando que a categoria boa, por exemplo, abrange uma grande faixa de pontuação, partindo de valores maiores que 51 até 79. Tais características acabam não refletindo adequadamente as condições ambientais das águas monitoradas, resultado em uma percepção mais otimista do que a realidade.

Figura 7-4. Resultados do IQA_{CETESB} ao longo do período de monitoramento.



Fonte: Própria Autoria.

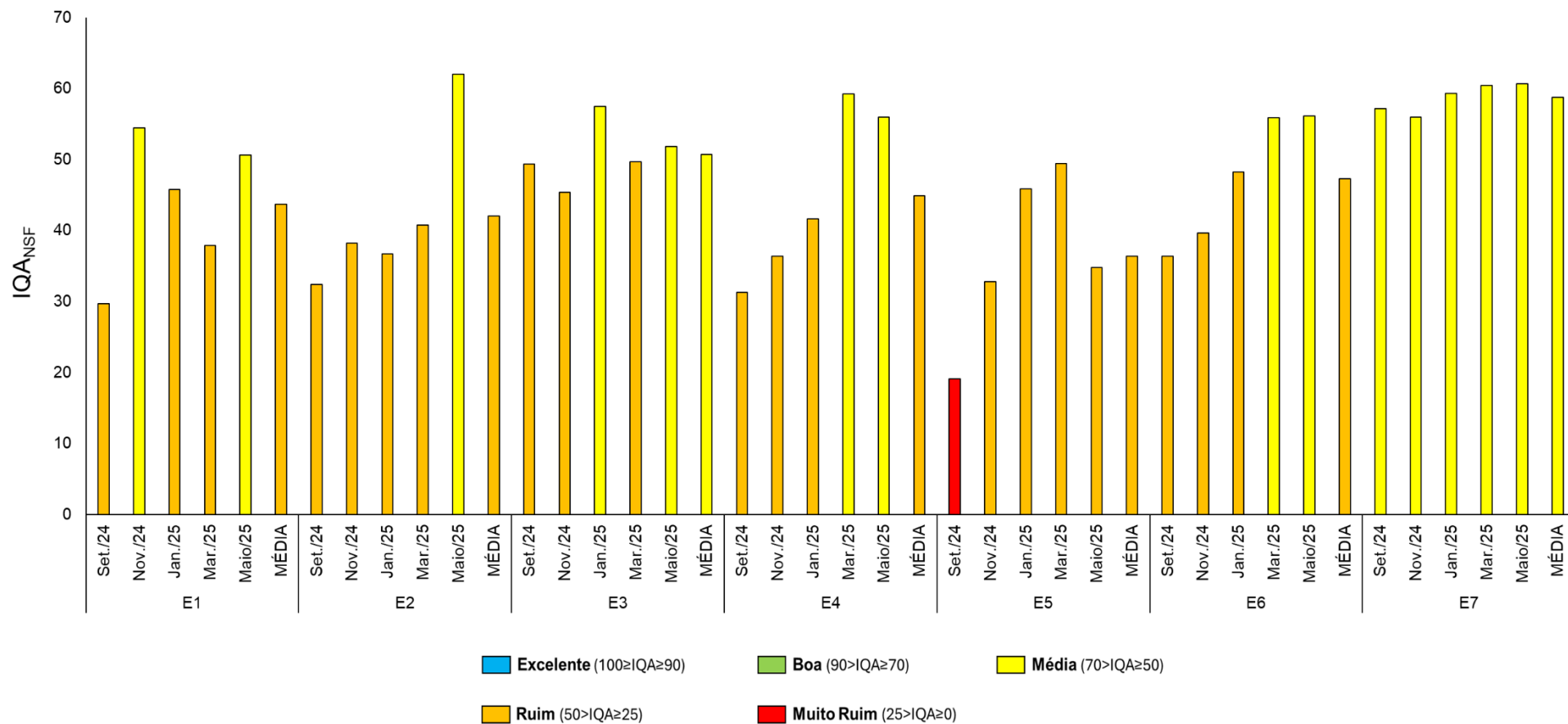
Também foi realizado um gráfico de evolução dos resultados das cinco campanhas para o IQA_{NSF-INEA}, bem como a média desse índice para cada estação amostral (Figura 7-5). Diante dos resultados, verificou-se que as categorizações do IQA_{NSF-INEA} nas estações do rio Iriry (E4) e seu afluente (E1) foram similares, totalizando três classificações ruins e duas regulares, resultando em um IQA médio de 44,91 (ruim) no rio Iriry e 43,70 (ruim) no seu afluente.

No que diz respeito as amostras das águas do rio Jundiá (E2), quatro foram classificadas como ruins (de set./24 a maio/25) e apenas uma foi regular, o que contribui para que o IQA médio desse rio fosse o segundo pior do monitoramento, com 42,02 (ruim). Esses resultados já refletem de modo mais fidedigno, quando comparado aos resultados do IQA_{CETESB}, a realidade de poluição desse corpo hídrico.

A estação amostral E3, situada no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá, recebe os impactos trazidos desses dois corpos hídricos, resultando, de modo similar aos pontos E4 e E1 (rio Iriry e seu afluente), em três classificações ruins e duas regulares. No entanto, o IQA médio desse ponto foi superior aos dos pontos E4 e E1, registrando 50,76 (média). Isso se deu, provavelmente, pela atenuação dos impactos de poluição gerados por uma maior circulação das águas, decorrente da contribuição salina nessa estação. Sugere-se que esse efeito de suavização de impactos pode ser melhor observado nesse ponto devido a sua localização antes da intensificação urbana, conforme exhibe a Figura 5-1.

Como esperado, devido aos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas, além dos valores e classificações do IQA_{CETESB}, a degradação hídrica foi mais evidente no canal das Corujas (E5) que, além de ter apresentado o IQA médio mais baixo (36,41 – ruim), foi o único que exibiu categorização muito ruim (19,09 – set./24). Todas as demais classificações desse corpo hídrico foram ruins e são reflexo do nível de poluição de suas águas. Conforme dito anteriormente, esses impactos provavelmente são carregados para E6, estação que situada no rio das Ostras, a jusante da foz desse canal, contribuindo para as três classificações ruins observadas em (set./24, nov./24 e jan./25). No entanto, a maior influência marinha nessas águas favorece a atenuação dos efeitos de poluição nessa estação do rio das Ostras, contribuindo para as duas classificações regulares observadas (55,93 em mar./25 e 56,17 em maio/25). Pelas mesmas razões, a foz do rio das Ostras (E7) acabou recebendo as melhores classificações, com todas as amostras apresentando categorizações médias.

Figura 7-5. Resultados do IQA_{NSF} ao longo do período de monitoramento.



Fonte: Própria Autoria.

Com base na análise da Figura 7-4, Figura 7-5 e Tabela 7-4, nota-se que, de maneira geral, os resultados numéricos foram semelhantes nos dois IQA, devido à similaridade dos pesos das variáveis nos dois índices (Quadro 5-4 e Quadro 5-6). A principal diferença entre o IQA_{CETESB} e o IQA_{NSF} reside nas faixas de classificação dos resultados, uma vez que o IQA_{NSF} é mais restritivo, considerando de qualidade boa apenas águas que exibam, no mínimo, resultados iguais a 70, enquanto o IQA_{CETESB} já categoriza como boas, águas com pontuações superiores a 51. Aplicando essa diferença aos resultados médios do atual monitoramento, vê-se que, enquanto no IQA_{NSF} a maioria das classificações foram ruins, com apenas duas médias, no IQA_{CETESB} a maioria foi regular, com apenas uma ruim e uma boa. Dessa forma, sugere-se o uso do IQA_{NSF} para resultados mais condizentes com a realidade da região monitorada, auxiliando, de forma mais assertiva, a tomada de decisão para a gestão da Bacia do Rio das Ostras. Além disso, ele é o método adotado pelo órgão ambiental do Governo do Estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) (FERREIRA et al., 2024), contribuindo para uma melhor comparação do histórico da qualidade da água na região.

Diante do exposto e já descrito previamente, a região de estudo é altamente influenciada pela ação das marés e isso pode refletir nos resultados de outros parâmetros, como por exemplo, OD, coliformes termotolerantes, pH, sólidos totais e sólidos dissolvidos. Ainda assim recomenda-se a utilização do IQA_{NSF} atrelada à uma análise crítica que considere não só os resultados desse IQA, mas também os resultados brutos propriamente ditos e de outros parâmetros não abarcados pelo índice. A influência marinha acaba mascarando, por exemplo, a concentração de OD, parâmetro de maior peso do IQA, da estação da foz do rio das Ostras (E7) devido à aeração natural gerada pela correnteza (VON-AHN; PEREIRA FILHO, 2015; QUINELATO et al., 2021) e contribui também para valores mais altos de pH (D'AQUINO, 2010).

Por fim, salienta-se que, apesar das variáveis ambientais consideradas no IQA_{NSF} serem indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos sanitários e industriais, a avaliação pode ficar limitada, já que outros parâmetros importantes não são analisados. A análise de metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água, associados aos parâmetros já incluídos no monitoramento, permitiria uma maior robustez do estudo (ANA, 2023). Entretanto, o IQA é um índice amplamente utilizado, com escala pré-definida, para avaliar a contaminação de rios por atividades antrópicas.

Tabela 7-4 - Resultados médios das duas metodologias do IQA no 3º ano de monitoramento.
IQA_{CETESB}: verde = boa; amarelo = regular; vermelho = ruim; IQA_{NSF}: amarelo = média; laranja = ruim.

Estação	Localização	IQA _{CETESB}	IQA _{NSF}
E1	Afluente do rio Iriry	43,26	43,70
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	41,14	42,02
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	49,06	50,76
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	45,75	44,91
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	35,77	36,41
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	45,39	47,27
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	59,11	58,74
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	

7.3 Matriz FPSEEA

Os fatores que estão relacionados à qualidade ambiental da água dos corpos hídricos monitorados estão apresentados na Tabela 7-5, que se apresenta através da matriz FPSEEA (STEDILE et. al., 2018). Foram descritas forças motrizes (F) dentro desse contexto, que favorecem a criação de pressões (P) observadas ao longo do monitoramento, como por exemplo a ocupação do solo de forma irregular. Essas pressões levaram à mudança da qualidade da água, representada pelo eixo situação (S), no qual observa-se, por exemplo, as elevadas concentrações de coliformes termotolerantes e nutrientes. Toda essa alteração do ambiente monitorado reflete na biodiversidade local e saúde humana, como evidenciado no pilar exposição (E). Com base nisso, notam-se inúmeros efeitos (E) relacionados ao bem-estar da população associado à qualidade hídrica. Por fim, são sugeridas algumas ações (A) de médio e longo prazo como forma de reduzir os riscos relacionados às condições ambientais da água dos corpos hídricos monitorados.

Tabela 7-5 - Aplicação da matriz FPSEEA com proposição de ações de gerenciamento da qualidade ambiental das águas dos corpos hídricos monitorados.

Nível	Determinantes
Força motriz	Aumento da população no entorno dos rios monitorados; Falta de ampliação do saneamento básico, especialmente no que se refere ao esgotamento sanitário; Ausência de cumprimento das leis municipais, como por exemplo, o Plano Diretor do Rio das Ostras; Empreendimentos no entorno de alguns rios; Atividades agropecuárias no entorno de algumas estações amostrais.
Pressão	Ocupação urbana; Aumento da geração de efluentes e resíduos; Exposição das margens dos rios; Uso e ocupação irregular do solo.
Situação	Lançamento de esgoto parcialmente tratado ou sem tratamento nos corpos hídricos; Elevadas concentrações de coliformes termotolerantes e nutrientes nas amostras avaliadas; Erosão do solo; Resultados em desconformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005; IQA com classificações majoritariamente ruins.
Exposição	Qualidade microbiológica das amostras analisadas; Ameaça à biodiversidade local e saúde humana.
Efeito	Ocorrência de doenças de veiculação hídrica; Processos de eutrofização; Assoreamento dos rios; Redução do potencial produtivo do solo; Desequilíbrio ambiental generalizado; Implicações para alcançar alguns Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), como o ODS 6 e o 14. O objetivo 6 se refere ao tratamento de água potável e saneamento como um todo, além da

	melhoria da qualidade da água. Já o objetivo 14 faz referência especialmente à proteção da vida na água em ambientes costeiros.
Ações de médio prazo	Divulgação dos resultados do monitoramento para os munícipes de Rio das Ostras; Intensificação da fiscalização das políticas públicas ambientais e municipais; Ministrar cursos sobre agroecologia incentivando técnicas de manejo sustentáveis para uma interação harmoniosa entre o solo e corpos hídricos da região; Desenvolvimento de materiais educativos e palestras nas escolas do município.
Ações de longo prazo	Revisão das políticas públicas que visem a recuperação dos corpos hídricos monitorados; Controle de fontes difusas de poluição através de um aprimoramento do planejamento urbano e com uso de tecnologias adequadas; Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico; Ampliação da cobertura da rede de esgoto e de tratamento de água; Desenvolvimento de projetos para a restauração de matas ciliares e de controle de erosão do solo; Análise de pesticidas nas águas superficiais para compreender as implicações das atividades agrícolas na região; Análise de metais pesados e sedimentos; Projeto de ciência cidadã tendo com público-alvo principal os moradores do entorno dos corpos hídricos monitorados; Continuidade do monitoramento ambiental com intuito de criar uma série histórica de dados e compreender as variações da qualidade hídrica para subsidiar tomadas de decisão do Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras.

Fonte: Própria Autoria.

7.4 Matriz SWOT

Com base nos resultados obtidos acerca da qualidade da água da Bacia do Rio das Ostras, incluindo cargas de poluentes, legislações e de ações realizadas pelo Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras, foi desenvolvida uma matriz de SWOT (Tabela 7-6). Essa matriz apresenta forças (*strengths*), fraquezas (*weaknesses*), oportunidades (*opportunities*) e ameaças (*threats*), com intuito de ser utilizada como uma estratégia para o controle da poluição hídrica e subsídio para o fortalecimento da gestão das águas da Bacia Hidrográfica do rio das Ostras.

Tabela 7-6- Matriz de SWOT adaptada para o presente estudo ambiental.

PONTOS FORTES	FRAQUEZAS
Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico;	Ausência de cobertura do sistema de esgotamento sanitário em todo o município de Rio das Ostras;
Existência do Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras e do Consórcio Intermunicipal Lagos São João;	Valores elevados de nutrientes, coliformes termotolerantes, DBO e baixa disponibilidade de OD na maioria das amostras;
Presença e atualização do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica VIII – Macaé e das Ostras;	A fiscalização das normativas pertinentes é incipiente;
Apresentação dos resultados para a sociedade por meio de veículos como a Revista Água e Ambiente e via E-book das Águas;	Ausência de mata ciliar;
Boletim Mensal Águas em Foco;	Poucos dados científicos na região de estudo.
Publicações nas redes sociais divulgando resultados, mostrando as ações do CBH Macaé Ostras, convidando a população para oficinas e afins.	

OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
Participação do Comitê no âmbito político como forma de garantir a qualidade das águas e recuperação dos corpos hídricos; Aumento da cobertura de tratamento de esgoto a partir da elaboração de um Plano Municipal de Saneamento Básico mais abrangente; Sugestões de estratégias a serem implementadas em um planejamento urbano mais adequado; Aumento da fiscalização e vistoria nas redes de drenagem; Realização de oficinas com a comunidade local com incentivo às práticas agropecuárias mais sustentáveis; Programa de sensibilização/educação ambiental de longa duração a partir da contratação de equipes especializadas e parceria empresa x universidade; Projeto de recuperação das matas ciliares; Parcerias de pesquisas com universidades da região (tanto públicas, como o campus da UFF, quanto privadas); Realização de estudos de monitoramento da qualidade das águas da Bacia do Rio das Ostras com a inclusão de novos parâmetros;	Expansão urbana; Despejo de resíduos sólidos urbanos no entorno das estações amostrais; Ligações clandestinas de esgotos em redes de drenagem; Impactos da agropecuária na qualidade hídrica; Processos de eutrofização nos corpos hídricos monitorados; Erosão do solo do entorno com assoreamento dos rios.

Fonte: Própria Autoria.

8 OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante dos resultados de todas as campanhas realizadas no terceiro ano de monitoramento, nota-se que a qualidade da bacia hidrográfica do rio das Ostras sofre forte influência das marés e da dinâmica de chuvas. O acúmulo pluviométrico além de afetar a intrusão salina, potencializa o carreamento de poluentes, por meio do escoamento superficial, provenientes de fontes difusas. Adicionalmente, o uso e ocupação do solo do entorno da bacia e o lançamento de efluentes sem tratamento, têm impactado os corpos hídricos monitorados.

Os valores elevados de nutrientes, coliformes termotolerantes, DBO e as baixas disponibilidades de OD em vários pontos nas águas monitoradas, retratam as condições do entorno das áreas amostradas e podem ser o indicativo do aumento da urbanização sem planejamento, culminando no lançamento de efluentes sanitários parcialmente e/ou sem tratamento. Por conta disso, é sugerida a ampliação da cobertura de tratamento de esgoto para atender não só as comunidades que moram no entorno da área de estudo, mas todos os municípios de Rio das Ostras. Além disso, é indicado o aumento da fiscalização de ligações de esgoto clandestinas em redes de drenagem urbana (CLIQUE DIÁRIO, 2025).

Devido aos resultados supracitados, especialmente as concentrações elevadas de nutrientes, sugere-se a ocorrência de eutrofização artificial no rio Jundiá (E2) e no canal das Corujas (E5), sendo as concentrações registradas no canal as maiores do atual monitoramento. Este cenário pode causar um desequilíbrio no ecossistema local, eliminando fauna e flora de extrema importância para o uso sustentável destes recursos naturais. Além disso, cabe ressaltar que o fenômeno da eutrofização altera as condições hídricas como odor, cor e turbidez, comprometendo a distribuição das águas para o abastecimento público. Ademais, dependendo dos organismos presentes nesse processo, como por exemplo as cianobactérias, podem ser liberadas cianotoxinas no ambiente aquático, impactando a saúde humana. Nesse sentido, sugere-se a adição da análise de fitoplâncton no monitoramento afim de entender as possíveis toxinas presentes nas águas monitoradas e de ecotoxicologia, no intuito de avaliar os impactos sobre a biota.

Em relação ao pH, considerando que a estação amostral do rio Jundiá (E2) já chegou a registrar 3,20 em jan./25 e que valores mais ácidos de pH diminuem a capacidade de retenção de alguns compostos pelo sedimento, tornando-os mais

biodisponíveis (RIOS, 2018; ZHANG et al., 2014), sugere-se também a inclusão da análise de sedimento.

Considerando as atividades agropecuárias desenvolvidas na região (DA CUNHA; LIMA; HESPAHOL, 2015; BIDEGAIN; VÖLCKER, 2022) e os potenciais impactos associados à introdução de nutrientes e pesticidas no ambiente, recomenda-se a inclusão de determinados pesticidas no monitoramento, como ferramenta de apoio ao diagnóstico da qualidade das águas. De acordo com o Boletim de 2023 sobre a comercialização de agrotóxicos no Brasil, publicado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2025), os três ingredientes ativos mais vendidos no país naquele ano foram: glifosato e seus sais, mancozebe e 2,4-D. Diante desse cenário, sugere-se que esses compostos sejam priorizados na composição do monitoramento, além do dicloro-difenil- tricloroetano (DDT) pela sua detecção elevada em ambientes costeiros no Estado do Rio de Janeiro (GIRONES et al., 2020).

Salienta-se ainda que o monitoramento realizado apresenta um panorama robusto da qualidade das águas dos diferentes rios e tais resultados são fundamentais para o Comitê de Bacia Hidrográfica Macaé Ostras provocar a gestão municipal para execução de ações que possam atenuar a situação. Além disso, tais resultados fornecem subsídios para avaliar a necessidade de implementação de novas políticas públicas ou adequação das existentes e na tomada de decisão para projetos de recuperação da área de estudo em questão. Nesse sentido, o Plano Municipal de Saneamento Básico, financiado pelo CBH Macaé Ostras, está em elaboração, dessa forma, os direcionamentos de seus programas e ações podem impactar diretamente na qualidade dos rios da bacia analisada. Com base nesse cenário, as ações propostas na matriz FPSSEA e na matriz de SWOT servem como importante ferramenta da gestão hídrica para a melhoria da saúde ambiental e humana.

Finalmente, sugere-se que, além das questões da implementação de tratamento de efluentes, ações de educação ambiental são de extrema relevância para o presente projeto. Nestas ações, as informações obtidas neste estudo ambiental, devem ser compartilhadas de forma didática em escolas e outros espaços não formais, de maneira a atingir a população que vive na Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras. O principal objetivo desta ação é de sensibilizar a sociedade para as questões ambientais dos corpos hídricos monitorados e informar as consequências desses impactos para a comunidade.

9 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 (ANA). **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 24 mai. 2024.

ALAH, E. E.; MUKHOPADHYAY, S. C.. Detection methods of nitrate in water: **A review. Sensors and Actuators A: Physical**, v. 280, p. 210-221, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2018.07.026>. Disponível em: <https://researchers.mq.edu.au/en/publications/detection-methods-of-nitrate-in-water-a-review>. Acesso em 24 mai. 2023.

ALMEIDA, M. A. B. A.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 01 p. 81- 97, 2003. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v8n1.p81-97>. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/37/a92b6e729e50671504266683290894eb_606a4e793c7e33f151c052dd4766cf84.pdf. Acesso em 10 jan.2024.

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

ALVARADO, J. J.; AGUILAR, J. F. Batimetría, salinidade, temperatura y oxígeno disuelto em águas 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, G. 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>. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/livros/issue/view/978-85-99968-58>. 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 Hidrográficas dos rios São João e das Ostras- Águas, terras e conservação ambiental**. Rio de Janeiro: Consórcio Intermunicipal Lagos São João. 2022. 192 p.

BERNINI, E. et al. Fitossociologia de florestas de mangue plantadas e naturais no estuário do Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 1, 10 out. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n1p37>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2014v27n1p37>. Acesso em 05 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997, Seção 1, p. 470.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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, DF, 18 mar. 2005, Seção 1, p. 58-63.

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.

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

CANIVETE, G. D. R. **Avaliação da Influência das Descargas Fluviais na Distribuição da Salinidade no Estuário Bons Sinais-Zambézia**. 2019. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane, Moçambique, 2019.

CARBINATTI, C. **Remoção de fosfato em esgoto doméstico utilizando argilas ativadas e funcionalizadas de chumbo**. Dissertação. (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2019.

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

CLIQUE DIÁRIO. **Rio das Ostras segue com ações de combate às ligações clandestinas de esgoto**. 2025. Disponível em: <https://cliquediario.com.br/cidades/rio-das-ostras-segue-com-acoes-de-combate-as-ligacoes-clandestinas-de-esgoto>. Acesso em: 23 jun. 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.

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://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2020/03/RD-03-Relat%C3%B3rio-do-Mapeamento-do-Uso-e-Cobertura-do-Solo.pdf>. 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)**. 2023. Disponível em: https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2023/09/Produto_7__Relatorio_CILSJ-RO_Oceanus_final_rev02.pdf. Acesso em: 12 jun. 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)**. 2024. Disponível em: https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2022/10/Relatorio_CILSJ-RO_Oceanus_final_rev01-1.pdf. Acesso em: 12 jun. 2025.

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**. São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apendice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. 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: 10 jun. 2025.

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

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

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS DE PERNAMBUCO (CPRH). **Índices e Indicadores**. Recife: CPRH. Disponível em: <https://www2.cprh.pe.gov.br/monitoramento-ambiental/qualidade-da-agua/bacias-hidrograficas/indices-e-indicadores/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

CONSELHO 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.

DA CUNHA, N. F.; LIMA, L.; HESPANHOL, N. T. Homem e meio ambiente: experimentação como propostas de educação ambiental no município de Rio das Ostras/RJ- Brasil. **AmbientalMente Sustentable: Revista científica galego-lusófona de educación ambiental**, v. 20, p. 469-485, 2015.

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: 12 jun. 2025.

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

DEY, J.; VIJAY, R. A critical and intensive review on assessment of water quality parameters through geospatial techniques. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 31, p. 41612-41626, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-021-14726-4>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34105074/>. Acesso em 13 dez.2023.

DIAZ, R. Overview of hypoxia around the world. **Journal of environmental quality**, v. 30, n. 2, p. 275-281, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2001.302275x>. Disponível em: <https://nature.berkeley.edu/classes/espm-120/Website/Diaz2001.pdf>. Acesso em 12 fev. 2024

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

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

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

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

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

FERREIRA, M. I. et al. Metodologias de Avaliação da Qualidade da Água: Estudo comparativo na Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras. **Encontro Estadual de Comitês de Bacias Hidrográficas do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2024.

FOLLETO, F. A.; FELDENS, M. J.; FERREIRA, E. R. Variações sazonais das concentrações de nitrato no trecho médio do Rio Taquari/RS. In: **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Rio Grande do Sul**, 2013. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013__PAP013110.pdf. Acesso em: 24 jul. 2025.

FORTES, A. C. C.; BARROCAS, P. R. G.; KLIGERMAN, D. C. Water quality indices: Construction, potential, and limitations. **Ecological Indicators**, v. 157, p. 111187, 2023.

FRITZSONS, Elenice et al. As interações entre coliformes e alteração de vazão em águas superficiais. In: **II Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste, Campo Grande**, 2002.

GIRONES, L. et al. Spatial Distribution and Ecological Risk Assessment of Residual Organochlorine Pesticides (OCPs) in South American Marine Environments. **Current Environmental Health Reports**, v.7, p. 147-160, 2020. DOI: 10.1007/s40572-020-00272-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40572-020-00272-7>

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.

HAN, Z.; CUI, B. Performance of macrophyte indicators to eutrophication pressure in ponds. **Ecological Engineering**, v. 96, p. 8-19, 2016.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO (IAS). Rio das Ostras (RJ) – Esgotamento Sanitário. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/rj/rio-das-ostras>. Acesso em: 19 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Relatórios de comercialização de agrotóxicos - Boletim 2023**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>. Acesso em 20 jun. 2025

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 (IQA)**. Rio de Janeiro, 2019. 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). **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). **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). **Qualidade das Águas por Região Hidrográfica (RHs)**. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/qualidade-das-aguas-por-regiao-hidrografica-rhs/>. Acesso em 12 jun. 2024.

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, Rio de Janeiro, 2020.

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

KALLIORAS, A. et al. SWOT analysis in groundwater resources management of coastal aquifers: a case study from Greece. **Water International**, v. 35, n. 4, p. 425-441, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2010.508929>. Acesso em 15 mai. 2024.

LANZA, V. C. V. et al. **Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente; Fundação Israel Pinheiro, 2010. Disponível em: <https://www2.israelpinheiro.org.br/wp-content/uploads/2016/09/Caderno-T%C3%A9cnico-de-Reabilita%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%81reas-Degradadas-por-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Urbanos.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

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

MILLER, M. G. Environmental metabolomics: a SWOT analysis (strengths, weaknesses, opportunities, and threats). **Journal of proteome research**, v. 6, n. 2, p. 540-545, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1021/pr060623x>. Acesso em 15 mai. 2024.

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

NGUYEN, T. G.; HUYNH, T. H. N. Assessment of surface water quality and monitoring in southern Vietnam using multicriteria statistical approaches. **Sustainable Environment Research**, v. 32, n. 1, p. 20, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42834-022-00133-y>. Acesso em: 20 ago. 2024.

NOTÍCIAS MACAÉ. **Aterro sanitário de Rio das Ostras é interditado e lixo será depositado no aterro de Macaé temporariamente**. 2019. Disponível em: <https://www.noticiasmacae.com/meio-ambiente/aterro-sanitario-de-rio-das-ostras-e-interditado-e-lixo-sera-depositado-no-aterro-de-macae-temporariamente>. Acesso em: 13 jun. 2025.

OLINTO, M. T. A. In: KAC, Gilberto et al. orgs. **Epidemiologia nutricional**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz/Editora Atheneu, p. 213-25, 2007. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788575413203>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/rw5w>. 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: 12 jun. 2025.

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, p.407-413. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016147040>. Acesso em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7X3f79MpyfKs5FMv3pWwQbT/?lang=pt#>. Disponível em: 15 fev. 2024. Acesso em 15 já. 2024.

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

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS. **Plano Municipal de Contingência de Inundações – PLANCON Inundação 2024**. Rio das Ostras, 2024. Disponível em: <https://www.riodasostras.rj.gov.br/wp-content/uploads/2024/10/plancon-inundacao-2024.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2025.

PRIOSTE, M. A. 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.

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

QUINELATO, R. V. et al. Determinação da qualidade da água superficial e sua compatibilidade com os múltiplos usos: estudo de caso do estuário do rio Caraíva. **Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF)**, v. 14, n. 1, p. 37-57, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Bernardes2/publication/350974483_Determinacao_da_qualidade_da_agua_superficial_e_sua_compatibilidade_com_os_multiplos_usos_estudo_de_caso_do_estuario_do_rio_Caraiva_Determination_of_surface_water_quality_and_its_compatibility_with_multiple_uses_study_of_case_of_the_Caraiva_River_estuary/Determination_of_surface_water_quality_and_its_compatibility_with_multiple_uses_study_of_case_of_the_Caraiva_River_estuary

multiplos-usos-estudo-de-caso-do-estuario-do-rio-Caraiva-Determination-of-surface-water-quality-and-its-compatibility-with-mu.pdf. Acesso em: 9 jul. 2025.

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 DE JANEIRO (Estado). **Lei nº 3.239, de 2 de agosto de 1999.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI) e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 3 ago. 1999.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei nº 5.639, de 6 de janeiro de 2010.** Dispõe sobre as Agências de Água no âmbito do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI), disciplina sua constituição, funcionamento e gestão financeira, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 7 jan. 2010.

RIO DE JANEIRO (Estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução CERHI nº 84, de 4 de abril de 2012.** Delibera sobre a delegação de funções de Agência de Água da Região Hidrográfica VIII (RH VIII) ao Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ). Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 10 abr. 2012.

RIO DE JANEIRO (Estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução CERHI nº 107, de 26 de novembro de 2013.** Delimita a Região Hidrográfica VIII (RH VIII), abrangendo as bacias dos rios Macaé, das Ostras e a Lagoa Imboassica, no Estado do Rio de Janeiro. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 27 nov. 2013.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado do Ambiente. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Rio das Ostras.** Organizadores: Renata de Souza Lopes, Janete Abrahão. Rio de Janeiro, 2017. 145 p. Disponível <https://www.aemerj.org.br/images/pdf/PMMA/PMMARiodasOstras.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2025.

RIOS, J. H. L. **Distribuição e fracionamento geoquímica de metais em sedimentos estuarinos do semiárido brasileiro sob diferentes estações climáticas.** 2018. 107f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). - Fortaleza, Ceará, 2018.

SAMMUT-BONNICI, T.; GALEA, D. SWOT analysis. **Wiley Encyclopedia of management**, p. 1-8, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118785317.weom120103>. Acesso em 20 mai.2024.

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, A. G. Rio das Ostras e o Petróleo. In: ASSUNÇÃO, V. N. F. (org.). **Mosaico Riostrense: economia, sociedade e cultura de Rio das Ostras e região**. Belém: Home, 2024. v. 1, cap. 2, p. 37-46. Disponível em: <https://www.homeeditora.com/ebook-2024/736b6c23-0c9d-4d71-9c94-c44c88a91652>. Acesso em: 16 jun. 2025.

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, R. A. Avaliação do atendimento às políticas de serviços de água e esgoto do município de Rio das Ostras (RJ) em comparação ao cenário nacional. **Boletim do Observatório Ambiental Ribeiro Lamago**, v. 16, n. 2, p. 102-119, 2022. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/16993/16700>. Acesso em: 13 jun. 2025.

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). **Painel Saneamento Brasil - Rio das Ostras.** Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=330452>. Acesso em: 08 jul. 2024.

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

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 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 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 B. **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 B. **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 2130 B. **Turbidity**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

STEDILE, N. R. L. et al. A aplicação do modelo FPSEEA no gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 11, p. 3683–3694, nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320182311.19352016>. Acesso em: 20 jun. 2025.

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/kpzVhzFFCk3zxZFzVFXPvZG/#>. Acesso em: 12 fev. 2024.

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

VON-AHN, C. M. E.; PEREIRA FILHO, J. Diagnóstico da qualidade de água ao longo do estuário do rio Itajaí-Açu, SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v. 20, n. 2, p. 331-342, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jurandir-PereiraFilho/publication/279912268_vonAhn_e_Pereira_Filho_2015_RBRH/links/559d7f8108ae76bed0bb3d5e/von-Ahn-e-Pereira-Filho2015-RBRH.pdf. Acesso em: 18 jul. 2025.

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

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_547d54410916871229faf8f418e9b8bf.pdf. Acesso em: 09 jul. 2024.

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

WU, M. 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.

XINGANG, Z.; JIAOLI, K.; BEI, L. Focus on the development of shale gas in China—Based on SWOT analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 603-613, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.044>. Acesso em 16 mai. 2024.

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. Disponível em: <https://www.homeeditora.com/ebook-2024/736b6c23-0c9d-4d71-9c94-c44c88a91652>. Acesso em: 16 jun. 2025.

ZHANG, C. et al. Effects of sediment geochemical properties on heavy metal bioavailability. **Environment International**, [s.l.], v. 73, p. 270-281, 2014.

10 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