

Relatório Consolidado Final 04

Referência: Agosto de 2025 a Abril de 2026

Julho de 2026

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger*	Gestora Ambiental Coordenadora Geral viviane@oceanus.bio.br *	
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
Kayza de Freitas Pereira	Especialista em Geoprocessamento	-
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	05/06/2026	Emissão original	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	
01	03/07/2026	Revisão conforme solicitação do CILSJ	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	
02	08/07/2026	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	13
4.2	Rio Jundiá.....	15
4.3	Canal das Corujas	16
4.4	Rio das Ostras	18
5	METODOLOGIA.....	20
5.1	Pontos amostrais	20
5.2	Metodologia de Coleta.....	23
5.3	Metodologia de Análise.....	24
5.4	Avaliação dos Resultados.....	26
5.4.1	Índice de Qualidade da Água (IQA)	27
5.4.2	Análises estatísticas.....	35
5.4.3	Matriz FPSEEA	35
5.4.4	Matriz SWOT.....	36
5.4.5	Matriz 5W2H	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
6.1	Análise físico-química e microbiológica	38
6.1.1	Precipitação	38
6.1.2	Temperatura.....	44
6.1.3	Salinidade	45
6.1.4	Condutividade	48
6.1.5	Sólidos totais.....	50
6.1.6	Sólidos dissolvidos totais	51
6.1.7	Turbidez	53
6.1.8	pH	55
6.1.9	Oxigênio dissolvido	56
6.1.10	Demanda Bioquímica de Oxigênio	58
6.1.11	Nitrogênio total.....	60
6.1.12	Nitrato.....	62
6.1.13	Fósforo total	63

6.1.14	Fosfato	65
6.1.15	Coliformes termotolerantes	66
7	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	68
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	71
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA)	74
7.3	Matriz FPSEEA.....	83
7.4	Matriz SWOT	86
7.5	Matriz 5W2H.....	88
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 do 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 quarto 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 do 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 do Rio das Ostras tem como finalidade realizar o diagnóstico da situação atual da qualidade da água da região, fornecendo informações para o Comitê de Bacia 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 campanhas de amostragem, realizadas ao longo de nove meses de monitoramento, no quarto ano consecutivo da série histórica, na Bacia do Rio das Ostras, inserida na Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, 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) e apresenta suas nascentes no complexo de serras isoladas, situadas na região de Cantagalo (JARDIM, 2020). A bacia hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras (Figura 4-1) abrange a região conhecida como as baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, localizando-se na faixa costeira central-norte do Estado (CBH MACAÉ OSTRAS, 2026). 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). Essa influência marinha na bacia será melhor abordada na seção de Salinidade. Ao longo da bacia são observadas pastagens, alagados e uma área de manguezal protegida por regulamentações estaduais e federais (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, são observadas duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm) e épocas mais secas de maio a setembro (médias mensais inferiores a 50 mm). Esse regime climático 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. Estudos pretéritos realizados na região demonstram uma temperatura média anual de 23,2 C na parte baixa da RH e 18,1 C na parte alta da RH (CBH MACAÉ OSTRAS, 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).

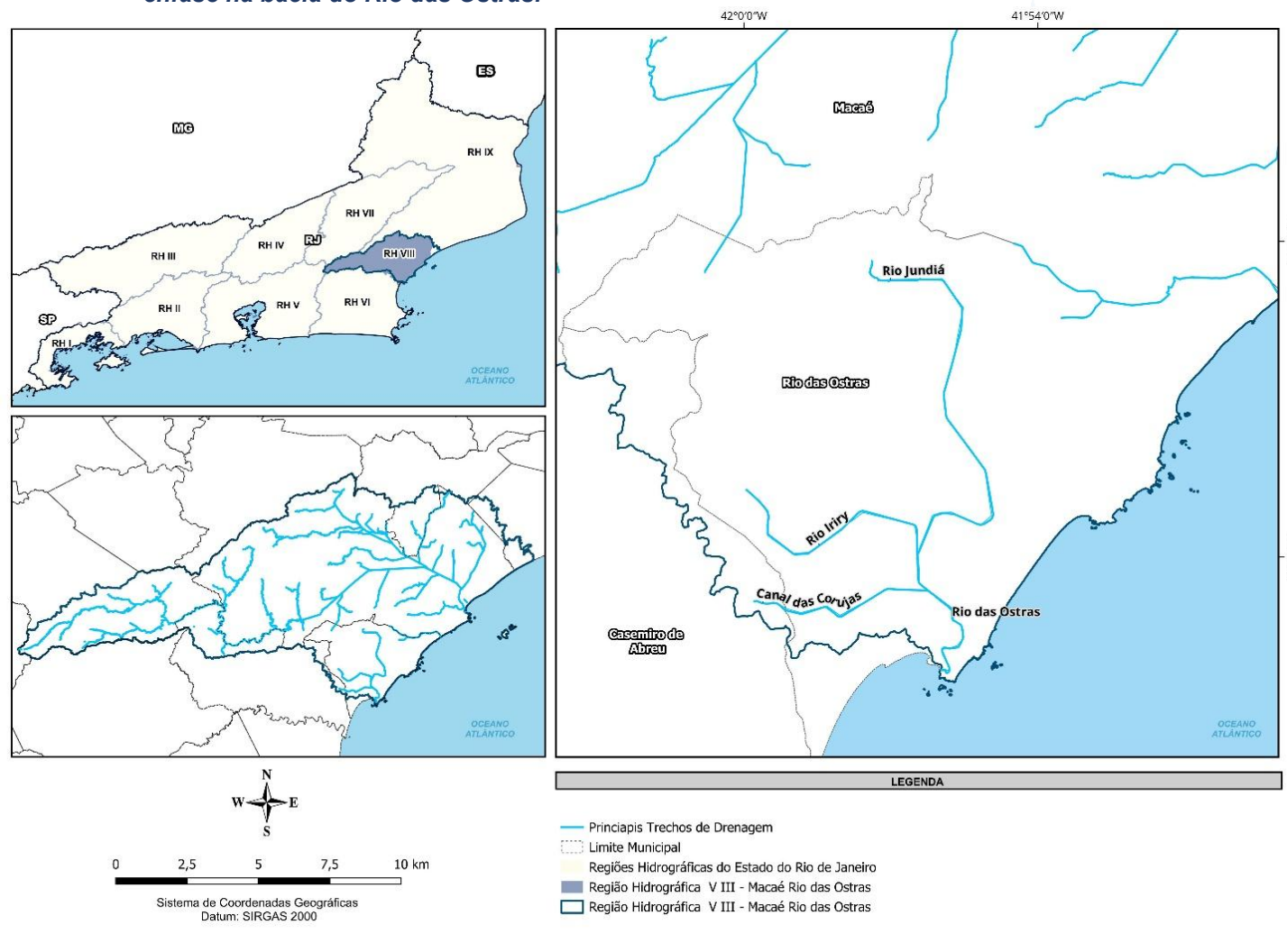
A gestão operacional da RH-VIII conta com a figura da Entidade Delegatária com funções de Agência de Água, exercida pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ), delegada pelo INEA inicialmente via Contrato de Gestão nº 01/2012, respaldado pela Lei Estadual nº 5.639/2010. Em 2022 foi renovada 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 dos rios Macaé e das Ostras no Estado do Rio de Janeiro com ênfase na bacia do Rio das Ostras.



Fonte: Própria autoria.

4.1 Rio Iriry

O rio Iriry (Figura 4-2) possui cerca de 9,3 km de comprimento e nasce em altitudes superiores a 300 m entre as serras de Jundiá, Seca e Careta em um local devastado (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). Esse rio ocupa a maior parte da região oeste da bacia hidrográfica do rio das Ostras e fica localizado na zona rural e em áreas de potencial expansão urbana (PRIOSTE, 2007; JARDIM, 2020). No núcleo urbano, o rio Iriry tem mostrado sinais de degradação, como em Rocha Leão, em que apresenta leito arenoso e margens erodidas sem proteção. Cabe salientar que, por conta de atividades de pecuária e agricultura, alguns trechos do rio foram retificados e houve a remoção de partes da mata ciliar (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS, 2004). Dados de amostragens desse mesmo projeto de monitoramento, realizadas em 2022 e 2024, indicam que a turbidez já foi um parâmetro crítico nesse corpo hídrico. Em novembro desses anos, foram observados os maiores picos de turbidez de toda a série histórica do monitoramento, com valores de 94,6 UNT e 91,1 UNT, respectivamente (CBH Macaé Ostras, 2023a, 2025). No entanto, no 4º ano de monitoramento os resultados apresentaram redução (Figura 4-3).

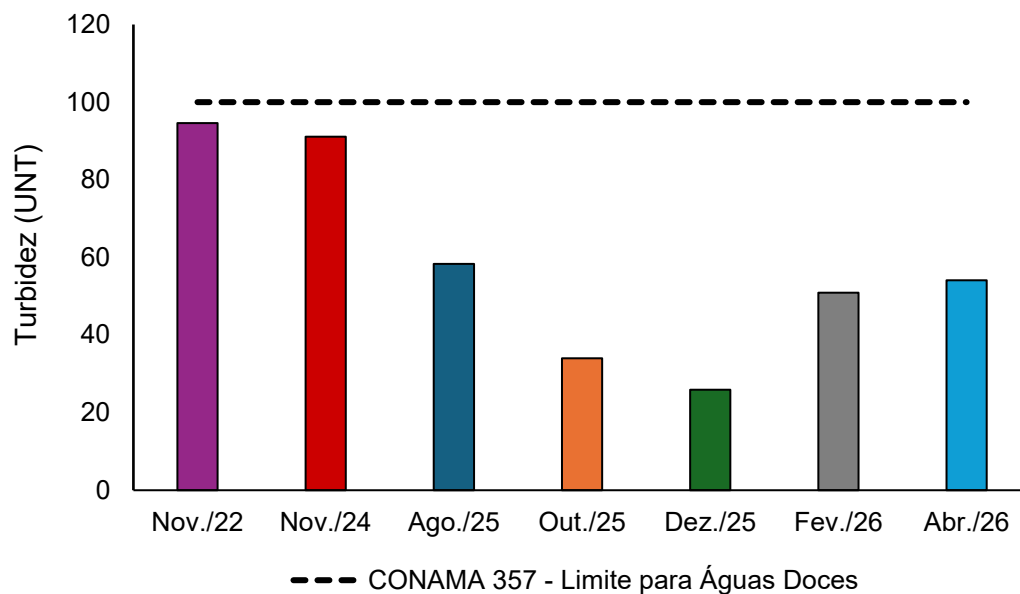
Os rios Iriry e Jundiá são os dois principais afluentes do rio das Ostras. No ponto em que se unem, na Zona de Expansão Urbana nas proximidades do loteamento Chácara Mariléa e a localidade Nova Cidade, nas margens esquerda e direita, respectivamente, o leito do rio é bastante assoreado, de fundo lodoso e com um canal central em forma de “V” com mais de 2 m de profundidade. 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.

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



4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá (Figura 4-4) nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude. Ele apresenta 16,5 km de comprimento e um pouco mais de 4 m de largura. Com características distintas do rio Iriry, o rio Jundiá apresenta leito pedregoso e águas claras nessa região (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). Entretanto, esse rio apresenta as margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão, o que compromete a transparência em vários trechos. 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 4-4 Pontos de coleta no rio Jundiá (E2).



Fonte: Arquivos Oceanus.

4.3 Canal das Corujas

O Canal das Corujas (Figura 4-5) é originalmente uma planície embrejada, com parte parcialmente aterrada, onde no centro foi aberto um canal artificial para desaguar no rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). O canal apresenta 5 m de largura e pequena profundidade com baixa energia. O canal se caracteriza como área deposicional de areias e argilas, e, principalmente, material antrópico de diversos matizes, o que acarreta seu

assoreamento. Com elevada degradação, o canal apresenta histórico de ocorrência de extravasamentos, o que gera riscos à população da região. Problemas com odores, poluição e enchentes são verificados na população que mora em torno desse canal (PRIOSTE, 2007).

Figura 4-5 Ponto de coleta no canal das Corujas (E5).



Fonte: Arquivo Oceanus.

4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras (Figura 4-6) 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 4-6 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. Os parâmetros salinidade e condutividade foram avaliados na superfície e no fundo da coluna d'água.

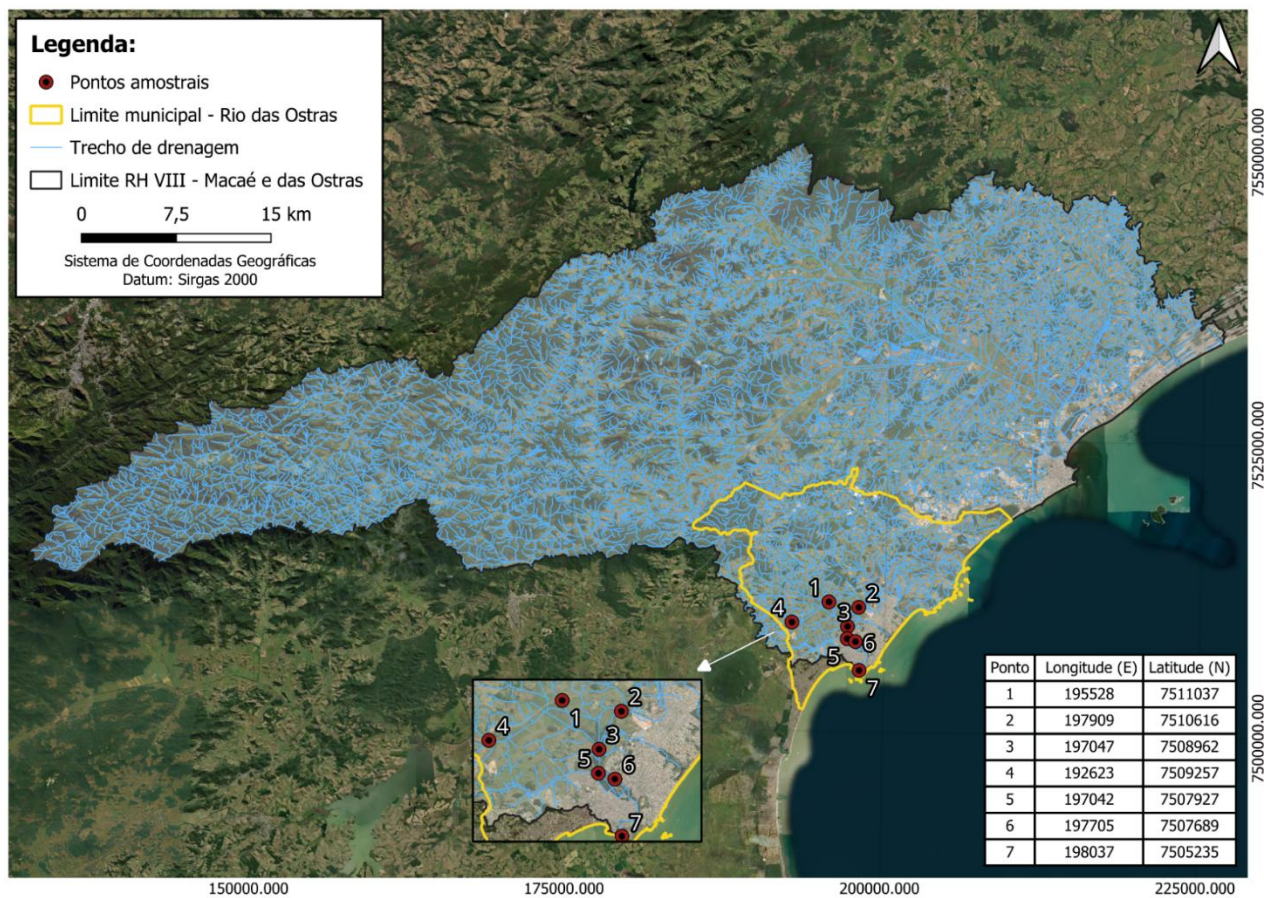
Ressalta-se que, a partir das campanhas do 1º quadrimestre (09/09/2022 e 21/11/2022), 2 pontos foram realocados com anuência da fiscalização, mantendo-se as novas coordenadas nas campanhas subsequentes. Os pontos realocados foram: Ponto 1, alocado para o afluente do rio Iriry devido à falta de acesso na localização original; e Ponto 7, também realocado por falta de acesso até a coordenada original.

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

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM) Zona 24S		Largura (m)	Profundidades das amostras coletadas (m)				
					10º Quadrimestre		11º Quadrimestre		12º Quadrimestre
		E	S		Ago./25	Out./25	Dez./25	Fev./26	Abr./26
E1	Afluente do rio Iriry	195528	7511037	8	0,60	0,77	0,49	0,98	0,07
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,00	1,30	1,99	1,20	1,56
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá	197047	7508962	20	2,00	1,60	2,00	1,90	2,20
E4	Rio Iriry, na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	0,80	0,90	1,07	1,50	1,20
E5	Canal das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	30	0,72	0,83	0,69	1,00	0,90
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas	197705	7507689	25	1,00	1,50	1,50	1,60	1,60
E7	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037	7505235	30	1,00	0,40	0,44	1,30	0,45

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.

5.2 Metodologia de Coleta

De acordo com o previsto no Termo de Referência, foram realizadas cinco campanhas bimestrais, ao longo de nove meses, nas seguintes datas 28/08/2025, 09/10/2025, 05/12/2025, 02/02/2026 e 01/04/2026. 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 $< 5^{\circ}\text{C}$ até a entrega ao laboratório.

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

5.3 Metodologia de Análise

Foram analisados inicialmente 11 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial até a 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 nº 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* (WU) para a estação do Rio das Ostras (IRIO12) (INMET, 2026; WU, 2026). 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 (CHM, 2026).

Além da obtenção de dados primários, foram realizadas comparações com dados pretéritos dos corpo hídricos analisados, 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 mínimo ou máximo de quantificação. Os valores do LD e LQ de cada parâmetro constam nos laudos analíticos (ANEXO 5).

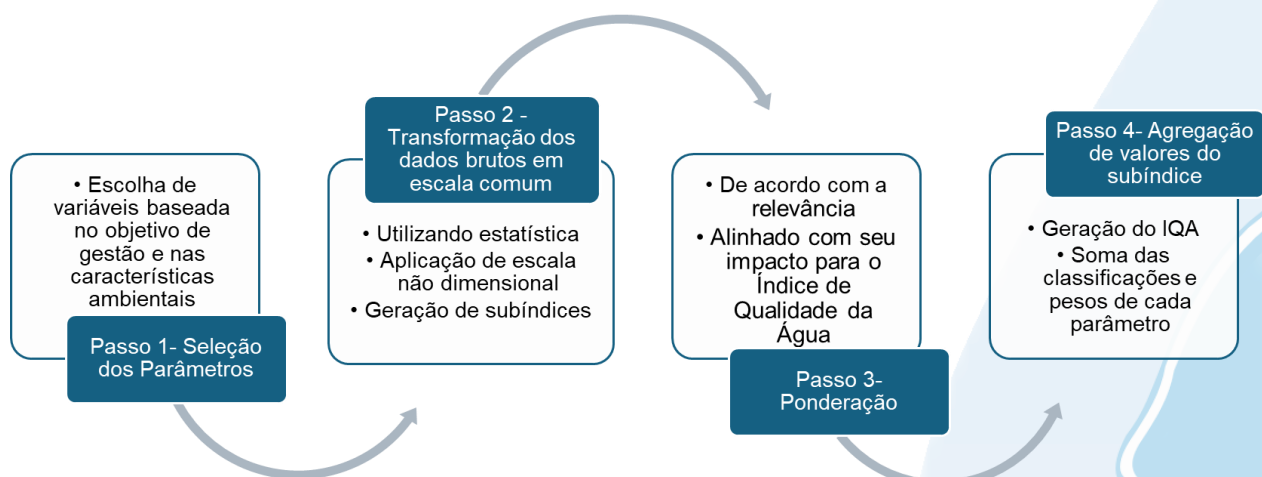
5.4.1 Índice de Qualidade da Água (IQA)

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 da 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 da 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:

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

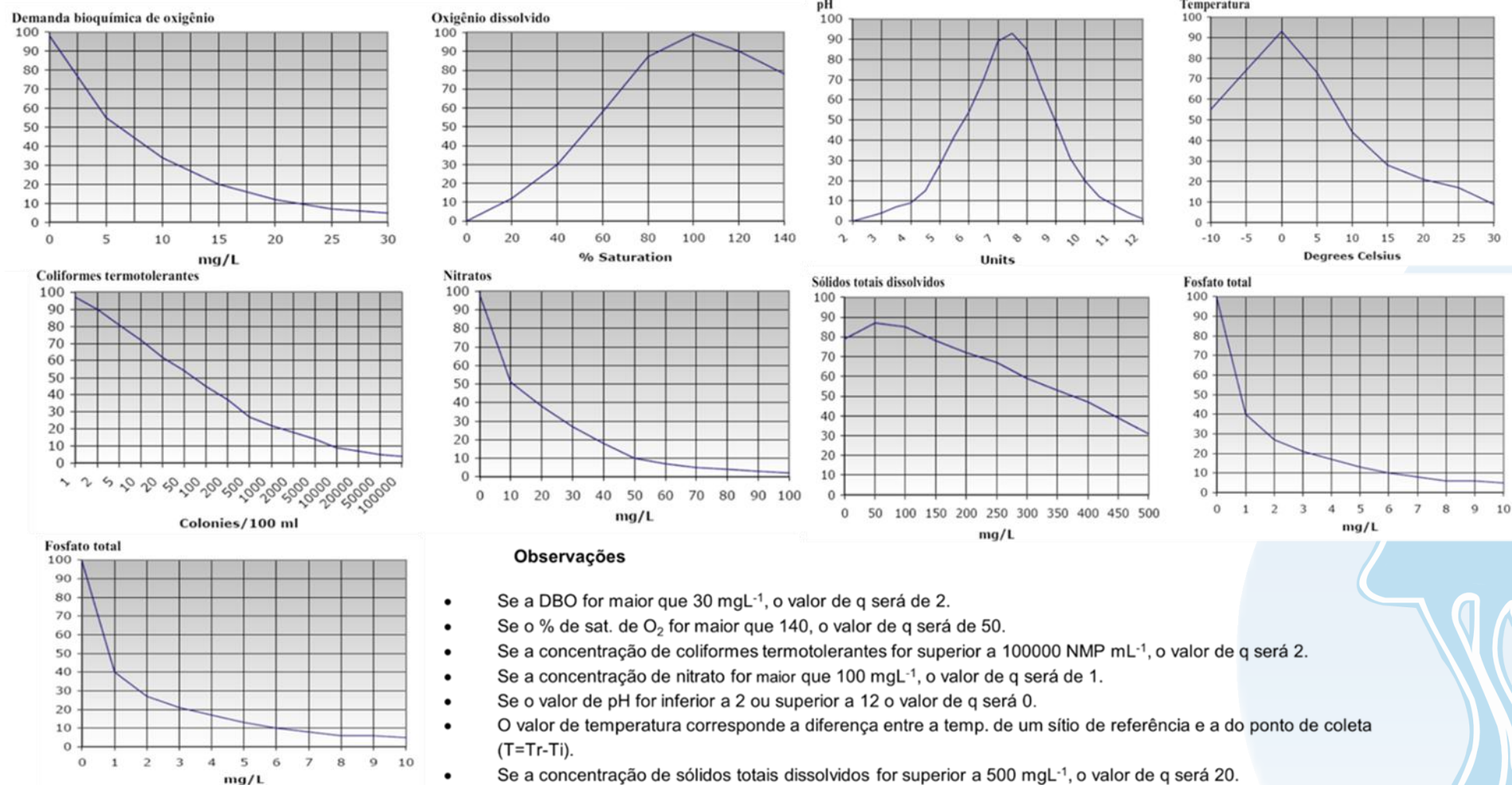
Sendo:

IQA= Índice de Qualidade da 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).

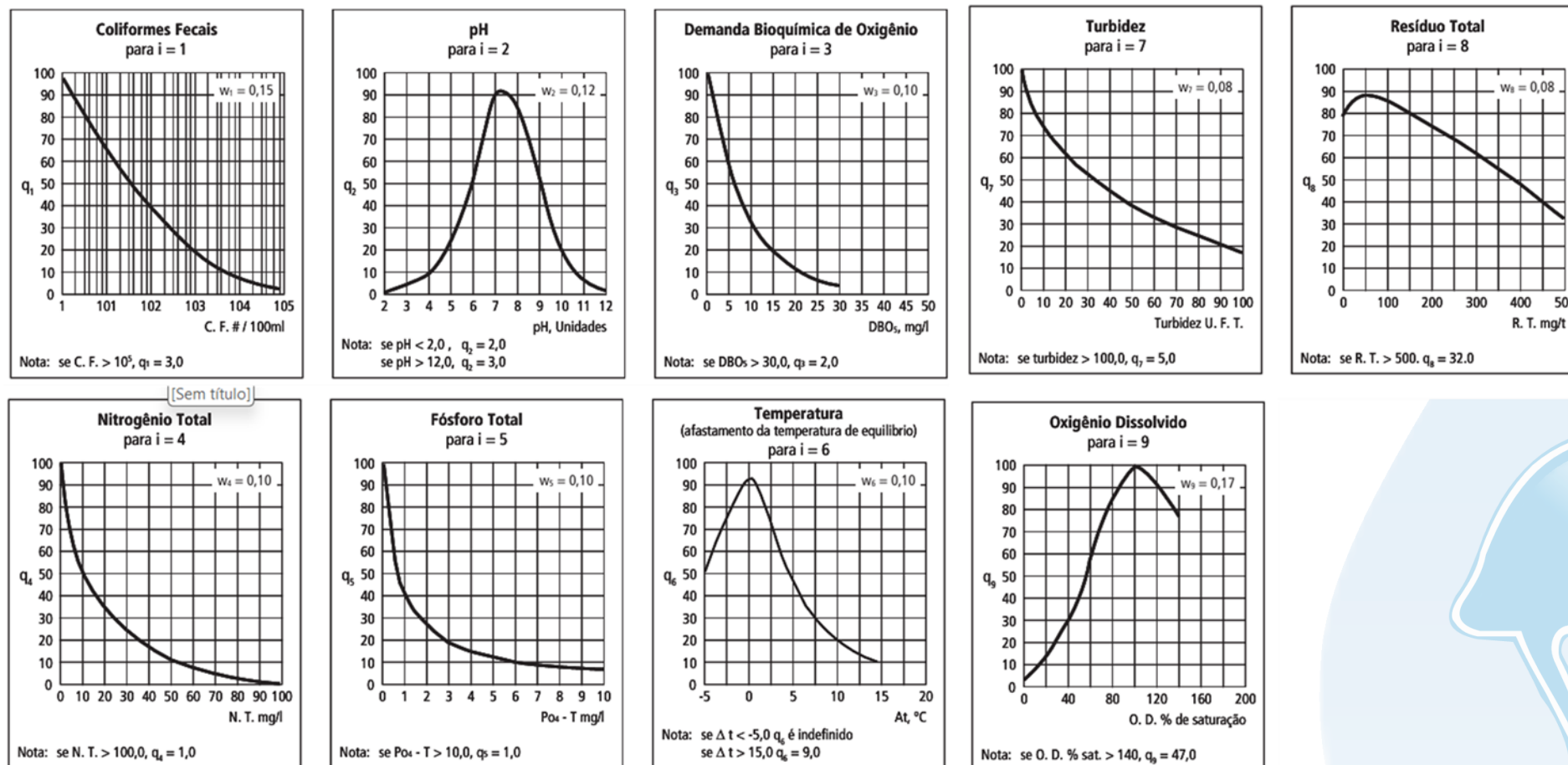
Os parâmetros previamente mencionados do IQA_{CETESB} e seus respectivos pesos estão apresentados no Quadro 5-6 e a Figura 5-5 apresenta a curva de variação de qualidade da água de cada parâmetro. Ressalta-se que a fórmula utilizada para o cálculo do IQA_{CETESB} é a mesma do IQA_{NSF} , a distinção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

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 das campanhas do atual monitoramento ambiental (ago./25 a abr./26), 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 avaliar a aplicabilidade da PCA, foram utilizados os testes estatísticos de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de Esfericidade de Bartlett (OLINTO, 2007). O teste de Bartlett testa a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é igual à matriz de identidade. Nesse teste, resultados iguais ou menores que 0,05 demonstram que os dados não produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial é adequado para a realização da análise de dados (OLINTO, 2007; PRADO et al., 2016). 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).

Quanto à PCA, a comparabilidade entre variáveis com diferentes unidades de medida e magnitude foi garantida através da normalização dos dados pelo método *z-score* (valor observado menos a média, dividido pelo desvio padrão). Os testes de Bartlett e KMO foram realizados através do *software* Jamovi versão 2.3.21 e a PCA, no *Paleontological Statistics* (PAST) na versão 4.03.

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 as 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 aos efeitos (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 problemáticas (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.

5.4.5 Matriz 5W2H

A fim de consolidar os resultados das duas matrizes supracitadas (SWOT e FPSEEA), o diagnóstico será integrado também à metodologia 5W2H. Essa metodologia consiste em uma ferramenta de gestão operacional eficaz para a avaliação de consórcios públicos, como apontam Ventura e Suquizaqui (2020), através da elaboração de um plano de ação estruturado, respondendo questões como: O que? (What?), Por quê? (Why?), Onde? (Where?), Quando? (When?), Quem? (Who?), Como? (How?) e Quanto custa? (How Much?) (MACHADO, 2012). Portanto, a metodologia estabelece de forma clara as medidas a serem implementadas (What), suas justificativas (Why), as áreas prioritárias (Where), os prazos (When), os responsáveis, vinculando às competências institucionais pertinentes (Inea, Prefeitura CBH) (Who), os procedimentos (How) e os recursos necessários (How Much).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise físico-química e microbiológica

6.1.1 Precipitação

O quadro abaixo apresenta a temperatura média e a precipitação acumulada nos 15 dias considerados para cada campanha, incluindo os dias de amostragem, durante o 4º ano de monitoramento. Salienta-se que, em relação à coleta de dez./2025, não havia dados disponíveis dos dias 22/11/2025, 24/11/2025, 28/11/2025 e 03/12/2025 na estação IRIODA12.

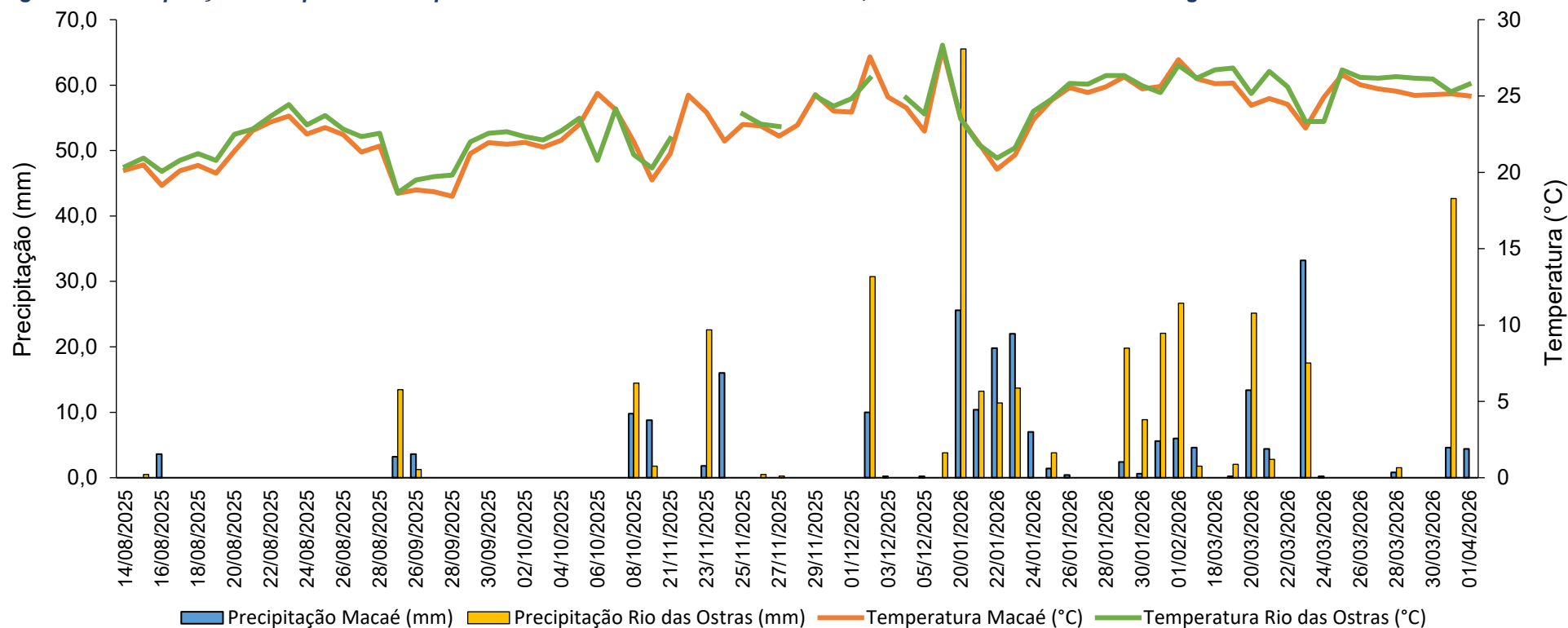
Quadro 6-1. Temperatura média e precipitação acumulada nos 15 dias considerados para cada campanha, incluindo os dias de amostragem.

Mês/ano	Temperatura (°C)		Precipitação (mm)	
	Macaé (A608)	Rio das Ostras (IRIODA12)	Macaé (A608)	Rio das Ostras (IRIODA12)
Ago./2025	21,5	22,1	3,6	0,5
Out./2025	21,3	21,5	25,4	31,0
Dez./2025	23,8	24,1	28,2	54,1
Fev./2026	24,7	24,9	105,8	190,8
Abr./2026	25,1	25,8	61,2	91,7

A partir do Quadro 6-1, considerando os dados de Rio das Ostras, nota-se que as maiores temperaturas médias e precipitações acumuladas ocorreram nos períodos associados às coletas de fevereiro e abril de 2026, correspondentes ao verão e à transição entre verão e outono, respectivamente. É importante destacar que o volume de chuvas do período associado à coleta de fevereiro (11º quadrimestre – 190,8 mm), no verão, foi o maior observado no 4º ano de monitoramento. Já as menores temperaturas médias e pluviosidades acumuladas foram registradas no 10º quadrimestre, nos períodos referentes às coletas de agosto e outubro de 2025, compreendendo o inverno e a transição entre inverno e primavera, respectivamente. O menor volume de chuva foi observado no período que compreende a coleta de agosto de 2025, no inverno (0,5 mm). A Figura 6-1 ilustra a temperatura e pluviosidade diária associadas ao período de 15 dias de cada uma das cinco campanhas de amostragem.

A Tabela 6-1, Tabela 6-2 e Tabela 6-3 expõem os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas obtidos em todas as campanhas, com os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 6-1 Precipitação e temperatura na quinzena referente à 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 (NTU)	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	28/08/2025	Sup	0,08	159	510	79,5	35,3	6,18	23,00	0,90	9	0,03	<0,06	0,5	0,38	23,0
		Fun	0,05	154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	09/10/2025	Sup	0,19	400	228	200,0	33,4	6,56	22,20	1,98	10	< 0,01	<0,06	0,8	0,27	49,0
		Fun	0,19	391	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/12/2025	Sup	0,10	201	75	53,2	26,1	6,44	25,23	1,12	11	< 0,01	<0,06	0,6	0,17	23,0
E2		Fun	0,11	206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/02/2026	Sup	0,14	281	184	140,5	22,0	6,90	27,77	2,12	9	< 0,01	<0,06	1,2	0,29	>1600,0
		Fun	0,13	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01/04/2026	Sup	0,11	236	138	118,0	40,9	6,17	28,80	3,76	13	0,11	N.D	13,6	0,19	>1600,0
		Fun	0,12	238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3	28/08/2025	Sup	1,96	3393	3032	2947,0	42,2	6,30	24,10	0,75	15	0,08	0,10	6,4	0,10	>1600,0
		Fun	1,91	3386	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	09/10/2025	Sup	0,99	1939	1054	969,5	48,6	6,76	22,65	3,98	15	0,04	<0,06	2,4	0,31	>1600,0
		Fun	1,01	1951	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/12/2025	Sup	0,49	919	470	459,5	21,3	5,98	25,58	0,87	14	< 0,01	<0,06	5,2	0,20	>1600,0
E3		Fun	0,49	919	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/02/2026	Sup	0,48	900	516	450,0	10,0	5,98	27,07	3,98	15	< 0,01	<0,06	3,2	0,27	14,0
		Fun	0,48	900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01/04/2026	Sup	0,40	818	463	409,0	46,3	4,04	26,50	4,89	15	< 0,01	N.D	4,2	0,45	7,8
		Fun	0,42	860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3	28/08/2025	Sup	10,37	17590	15398	12313,0	92,4	7,34	24,83	2,48	35	0,27	0,2	7,5	0,06	>1600,0
		Fun	10,42	17860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	09/10/2025	Sup	23,20	33300	24518	23310,0	53,5	7,44	22,43	4,06	19	< 0,01	<0,06	2,8	0,26	>1600,0
		Fun	23,41	33710	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/12/2025	Sup	7,96	13830	6890	6790,0	28,3	7,30	26,20	3,66	13	0,34	0,10	2,1	0,28	1600,0
E3		Fun	9,20	15770	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/02/2026	Sup	28,19	41700	30410	29190,0	39,5	5,79	27,39	2,57	14	< 0,01	<0,06	2,9	0,29	>1600,0
		Fun	28,22	42210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01/04/2026	Sup	0,88	1873	974	936,5	20,7	6,89	26,82	1,38	24	< 0,01	N.D	1,8	0,27	>1600,0
		Fun	0,92	2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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 (NTU)	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	28/08/2025	Sup	0,10	196	188	98,0	58,3	6,98	25,70	4,70	7	< 0,01	N.D	1,2	0,17	<1,8
		Fun	0,10	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	09/10/2025	Sup	0,12	255	226	127,5	34,0	6,39	23,00	3,15	8	< 0,01	<0,06	0,5	0,33	280,0
		Fun	0,12	256	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/12/2025	Sup	0,23	434	250	217,0	25,9	6,54	25,37	3,21	7	< 0,01	<0,06	0,5	0,07	240,0
E5		Fun	0,25	437	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/02/2026	Sup	0,11	211	234	105,5	50,9	7,10	27,49	3,71	7	< 0,01	<0,06	1,1	0,22	>1600,0
		Fun	0,11	212	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01/04/2026	Sup	0,04	95	71	47,5	54,1	6,66	25,80	5,21	9	< 0,01	0,09	0,6	0,11	>1600,0
		Fun	0,03	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5	28/08/2025	Sup	6,32	10170	9480	9219,0	33,1	7,66	25,70	0,30	50	1,46	3,78	19,1	0,14	>1600,0
		Fun	6,62	10650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	09/10/2025	Sup	8,35	14350	10288	10045,0	43,9	8,06	23,64	1,42	37	1,24	3,06	13,6	0,56	>1600,0
		Fun	8,37	14400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/12/2025	Sup	3,05	5196	3700	3637,2	34,6	6,27	27,18	1,98	30	0,55	0,68	6,7	0,31	1600,0
E5		Fun	3,05	5196	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/02/2026	Sup	0,68	1249	788	624,5	38,8	6,25	27,81	2,98	26	0,26	0,41	9,6	1,20	>1600,0
		Fun	0,66	1245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01/04/2026	Sup	0,57	1144	596	572,0	66,3	6,30	27,10	3,73	37	0,26	0,23	5,3	0,71	140,0
		Fun	0,56	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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 (NTU)	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	28/08/2025	Sup	19,15	30860	21666	21602,0	81,1	7,48	25,30	2,83	29	0,28	0,18	5,4	0,11	>1600,0
		Fun	19,29	30970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	09/10/2025	Sup	26,26	37230	29354	26061,0	89,3	7,34	22,38	5,27	24	0,10	0,07	6,4	0,29	1600,0
		Fun	26,74	37950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/12/2025	Sup	14,70	24130	16900	16891,0	11,2	7,98	26,60	4,73	14	0,27	0,2	2,2	0,46	1600,0
E7		Fun	15,88	26160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/02/2026	Sup	32,10	50710	36038	35497,0	86,4	6,52	27,53	3,06	15	0,11	<0,06	2,8	0,10	>1600,0
		Fun	32,25	51010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01/04/2026	Sup	0,17	351	218	175,5	43,3	5,74	26,99	2,88	24	0,11	N.D	2,6	0,57	430,0
		Fun	0,20	403	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E7	28/08/2025	Sup	30,70	42890	39760	39200,0	44,8	8,10	22,70	6,45	8	0,01	N.D	0,2	<0,05	>1600,0
		Fun	30,65	42830	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	09/10/2025	Sup	26,30	37600	26378	26320,0	18,3	8,10	21,64	6,93	5	< 0,01	<0,06	0,9	0,79	220,0
		Fun	26,30	37900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/12/2025	Sup	30,10	51200	41144	35840,0	7,7	8,51	26,81	5,31	6	< 0,01	<0,06	0,5	<0,05	130,0
E7		Fun	30,10	51200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/02/2026	Sup	35,02	53100	38462	37170,0	8,6	7,87	25,78	5,15	5	< 0,01	<0,06	1,3	0,57	>1600,0
		Fun	35,02	53120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01/04/2026	Sup	34,67	52167	36536	36516,9	9,7	8,36	24,80	4,36	3	< 0,01	N.D	0,5	0,45	220,0
		Fun	34,72	52200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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.

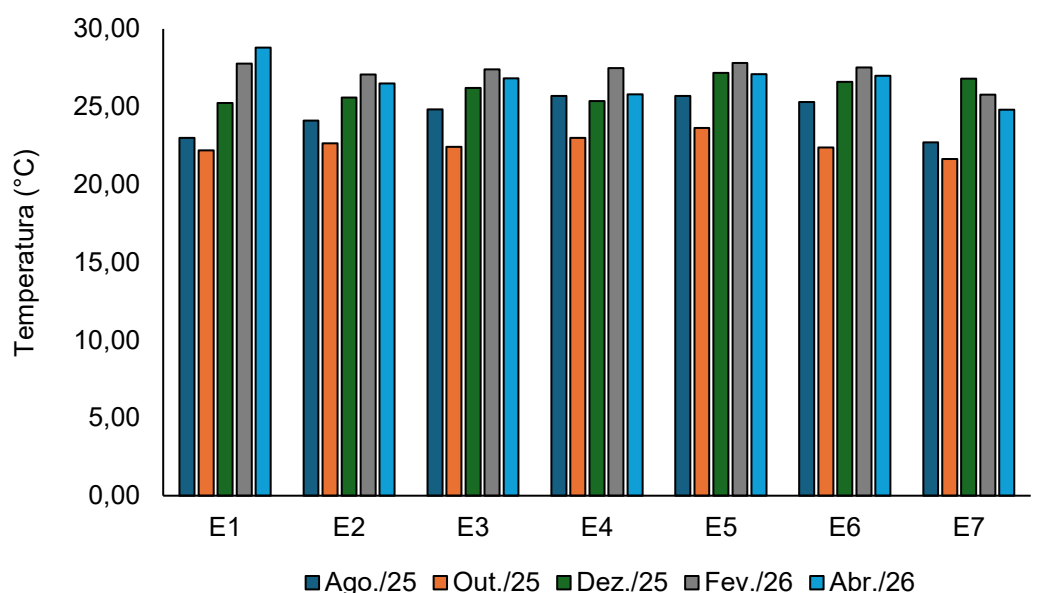
6.1.2 Temperatura

A temperatura desempenha um papel crucial nos ecossistemas aquáticos, visto que alterações nesse parâmetro geram mudanças em diversas propriedades da água (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 resultados de temperatura variaram entre 21,64°C na foz do rio das Ostras (E7), na campanha de out./25 e 28,80°C no afluente do rio Iriry (E1) em abr./26. A análise temporal mostra que as menores temperaturas foram registradas na campanha de out./25 (primavera), com média de 22,56°C $\pm$ 0,63, enquanto as maiores ocorreram em fev./26 (verão), com média de 27,26°C $\pm$ 0,70.

Através da análise espacial nota-se que na amostra da foz do rio das Ostras (E7) foram registradas as menores temperaturas na maioria das campanhas (ago. e out./25 e fev. e abr./26), enquanto na amostra do canal das Corujas (E5), foram registradas as maiores (ago., out. e dez./25 e fev./26).

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).

Considerando as cinco campanhas realizadas, a salinidade apresentou variação de $0,04\text{‰}$ e $0,03\text{‰}$ nas amostras de superfície e fundo do rio Iriry (E4), na campanha de abr./26, a $35,02\text{‰}$ em ambos os estratos nas amostras da foz do rio das Ostras (E7), na campanha de fev./26. 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 que, de maneira geral, 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.

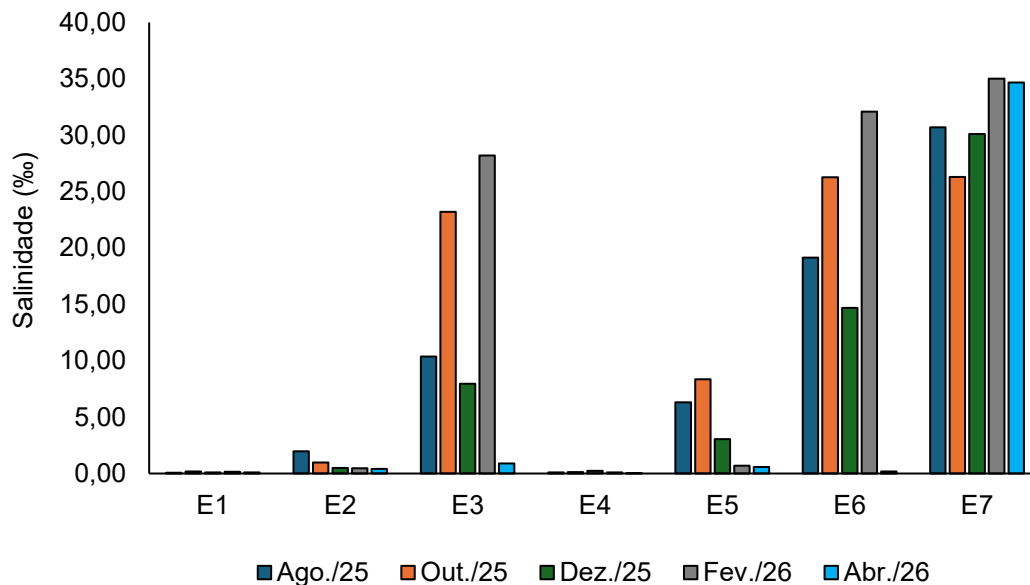
Embora as campanhas de ago. e out./25 (com os menores registros de pluviosidade acumulada - Quadro 6-1), tenham apresentado o maior número de amostras com classificação salobra e/ou salina (Quadro 6-2), os maiores resultados de salinidade foram obtidos nas campanha de fev./26 (média de $13,82\text{‰} \pm 16,91$ na superfície). O fato da campanha com a maior pluviosidade acumulada (fev./26) ter apresentado alta salinidade está provavelmente associado à hidrodinâmica da região, já que a topografia da bacia, com baixa declividade, favorece a forte contribuição marinha (BARROSO; MOLISANI, 2019). Desse modo, nota-se que a dinâmica da maré exerce maior controle sobre a intrusão salina do que a vazão dos rios da bacia.

O Quadro 6-2 mostra que durante as cinco campanhas, todas as amostras do rio Iriry e seu afluente (E4 e E1) foram classificadas como doces, resultando na comparação dos seus resultados com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005

para Águas Doces de Classe 2. As amostras do rio das Ostras, no ponto situado a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3) foram sempre classificadas como salobras, bem como as do canal das Corujas (E5), o que fez com que a comparação de seus resultados fosse sempre feita com os limites estabelecidos para Águas Salobras de Classe 1 na normativa de referência. Já as águas do rio Jundiá (E2), do rio das Ostras a jusante da foz do canal das Corujas (E6) e da foz do rio das Ostras (E7) apresentaram maiores variações na classificação quanto à salinidade. Nas campanhas com as menores pluviosidades acumuladas (ago. e out./25), as amostras do rio Jundiá (E2) foram classificadas como salobras e nas demais, doces. As amostras do E6 (rio das Ostras) foram majoritariamente salobras, mas também apresentaram classificação salina (fev./26) e doce (abr./26). Supõe-se que a pluviosidade acumulada no dia anterior à coleta de abril (42,7 mm - Figura 6-1) tenha contribuído para a redução do efeito da intrusão, considerando que todos os resultados de abr./26 foram menores que os de fev./26 (Quadro 6-2). Quanto às amostras da foz do rio das Ostras (E7), as classificações obtidas foram predominantemente salinas, com exceção da amostra da campanha de out./26, classificada como salobra.

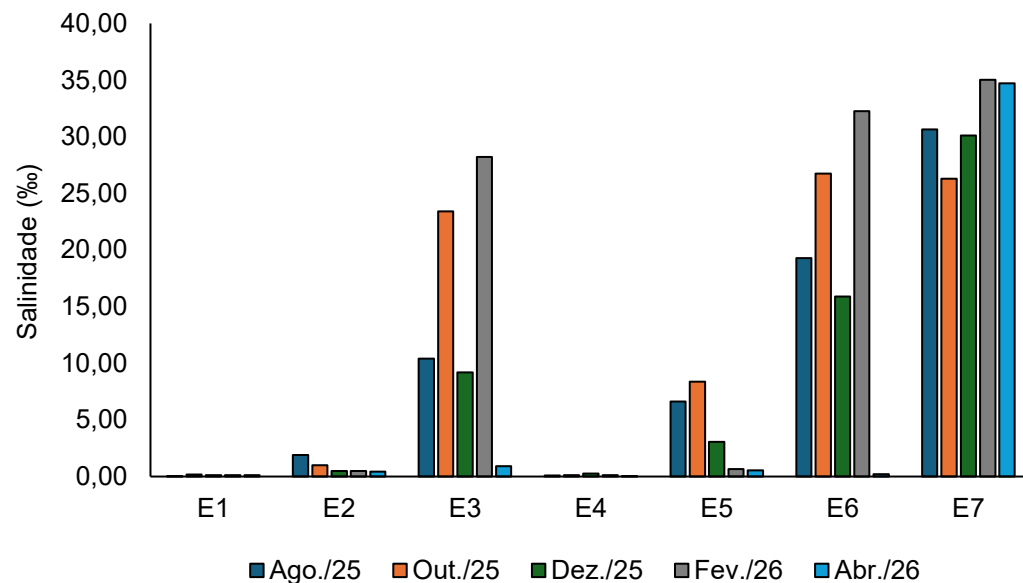
Portanto, o presente monitoramento demonstrou que o fenômeno da intrusão salina atinge principalmente as estações do canal das Corujas (E5) e do rio das Ostras (E3, E6 e E7), mas também atinge o rio Jundiá (E2), demonstrando que a influência marinha pode ir além dos 6,0 km a partir da foz, o que corrobora 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 e outro no rio Jundiá, próximo ao ponto E2, os autores também registraram a presença de águas salobras, 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 6-2. Classificação das amostras quanto à salinidade ao longo das cinco campanhas de monitoramento.

Pontos amostrais			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Salinidade (‰)	Ago./25	Superfície	0,08	1,96	10,37	0,1	6,32	19,15	30,7
		Fundo	0,05	1,91	10,42	0,1	6,62	19,29	30,65
	Out./25	Superfície	0,19	0,99	23,2	0,12	8,35	26,26	26,3
		Fundo	0,19	1,01	23,41	0,12	8,37	26,74	26,3
	Dez./25	Superfície	0,10	0,49	7,96	0,23	3,05	14,70	30,10
		Fundo	0,11	0,49	9,20	0,25	3,05	15,88	30,10
	Fev./26	Superfície	0,14	0,48	28,19	0,11	0,68	32,10	35,02
		Fundo	0,13	0,48	28,22	0,11	0,66	32,25	35,02
	Abr./26	Superfície	0,11	0,40	0,88	0,04	0,57	0,17	34,67
		Fundo	0,12	0,42	0,92	0,03	0,56	0,20	34,72
Classificação	Ago./25		doce	salobra	salobra	doce	salobra	salobra	salina
	Out./25		doce	salobra	salobra	doce	salobra	salobra	salobra
	Dez./25		doce	doce	salobra	doce	salobra	salobra	salina
	Fev./26		doce	doce	salobra	doce	salobra	salina	salina
	Abr./26		doce	doce	salobra	doce	salobra	doce	salina

Fonte: Própria autoria.

6.1.4 Condutividade

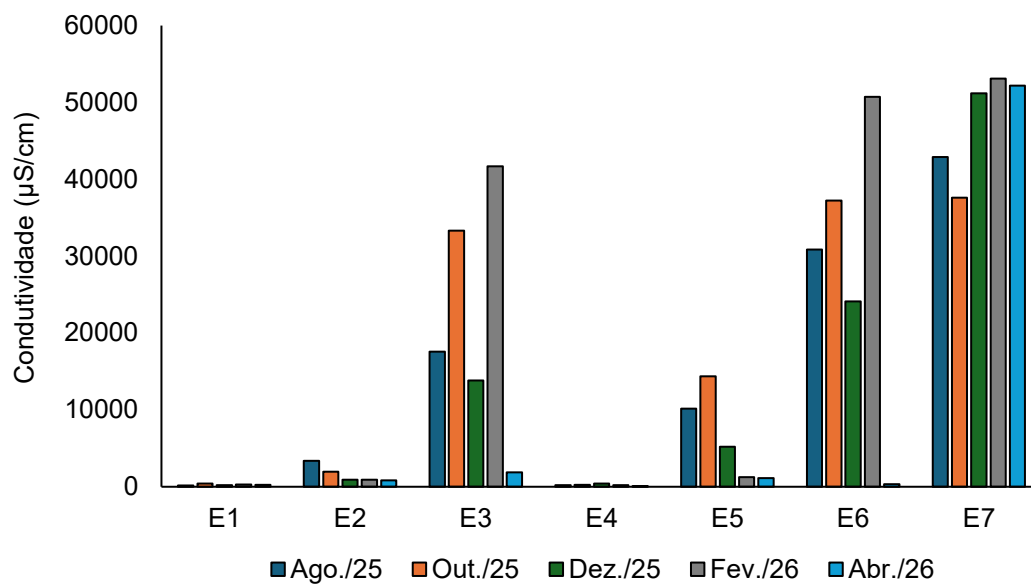
A condutividade é uma medida da capacidade de condução de corrente elétrica na água, sendo influenciada pela concentração de sólidos inorgânicos dissolvidos (ânions e cátions), compostos orgânicos (óleos, fenóis, graxas) e pela temperatura da água (CETESB, 2014).

Os resultados de condutividade (Figura 6-5) apresentaram variação espaço-temporal seguindo o padrão observado para salinidade (Figura 6-4), aumento de montante a jusante, em direção ao mar. Considerando as cinco campanhas realizadas, a condutividade apresentou variação de 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas amostras superfície e fundo do rio Iriry (E4), na campanha de abr./26, a 53.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 53.120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas amostras de superfície e fundo da foz do rio das Ostras (E7), na campanha de fev./26.

Os menores resultados de condutividade foram observados na campanha de abr./26 (média de 8.098 $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 19.442$ na superfície), enquanto os maiores ocorreram na campanha de fev./26 (média de 21.164 $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 25.810$ na superfície). A semelhança

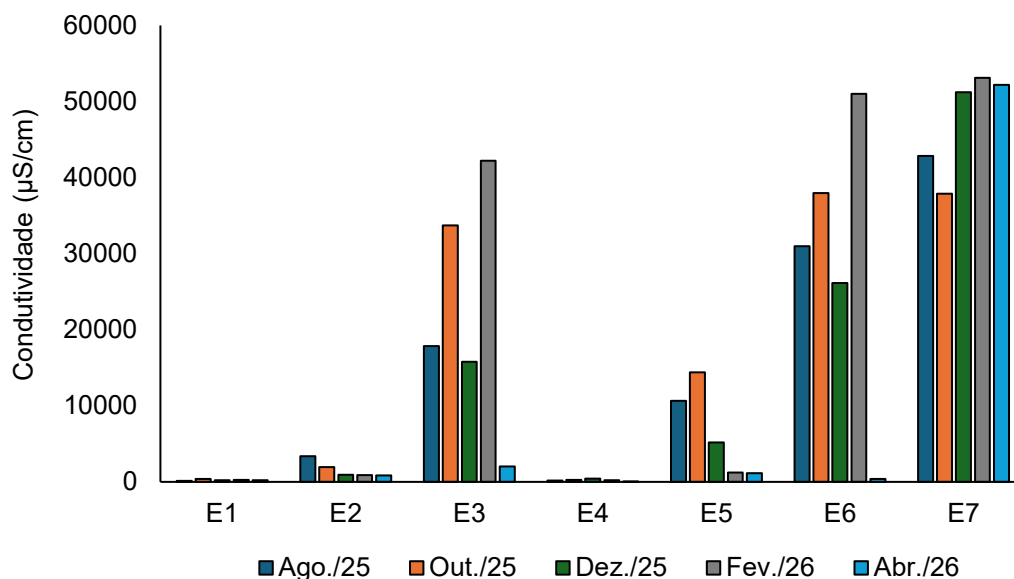
de resultados entre salinidade e condutividade evidencia a relação entre as duas variáveis, já que a condutividade é um indicativo da quantidade de sais presentes na coluna d'água (CETESB, 2018). Com base no exposto na Tabela 6-1, Tabela 6-2, Tabela 6-3 e nas Figura 6-5 e Figura 6-6, verifica-se que, de maneira geral, não há grandes diferenças de condutividade entre os dois estratos.

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.

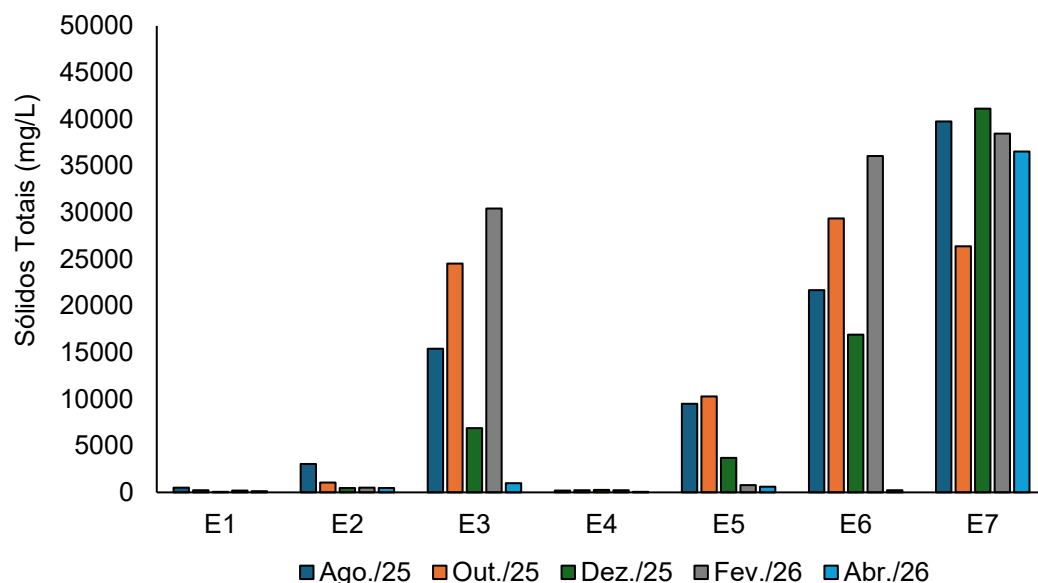
6.1.5 Sólidos totais

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. Esses processos determinam as diferentes frações de sólidos na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. É importante monitorar os sólidos, pois altas concentrações podem impactar a vida aquática (CETESB, 2016), afetando, por exemplo, o crescimento e sobrevivência de determinadas espécies de peixes (DICKERSON; VINYARD, 2011). Essa análise é importante no monitoramento da qualidade da água, tendo em vista que elevadas concentrações de sólidos na água podem acarretar danos à biota em decorrência de sua sedimentação, destruindo organismos ou danificando os leitos de desovas de peixes. Os sólidos também podem reter bactérias e resíduos orgânicos, favorecendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2014).

No 4º ano de monitoramento, a menor concentração de sólidos totais (ST) foi observada na amostra do rio Iriry (E4 - 71 mg/L), na campanha de abr./26, enquanto a maior, foi registrada na amostra da foz do rio das Ostras (E7 - 41.144 mg/L), em dez./25. Para esse parâmetro não há valores de referência descritos na Resolução CONAMA nº 357/05.

As menores concentrações de ST foram obtidas na campanha de abr./26, com média de 5.571 mg/L $\pm$ 13.658, enquanto as maiores ocorreram em fev./26, com média de 15.233 mg/L $\pm$ 18.617. Espacialmente, os menores resultados foram encontrados no rio Iriry, no seu afluente (E4 e E1) e no rio Jundiá (E2). Já os maiores foram observados no canal das Corujas (E5) e nas amostras do rio das Ostras (E3, E6 e E7).

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. 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).

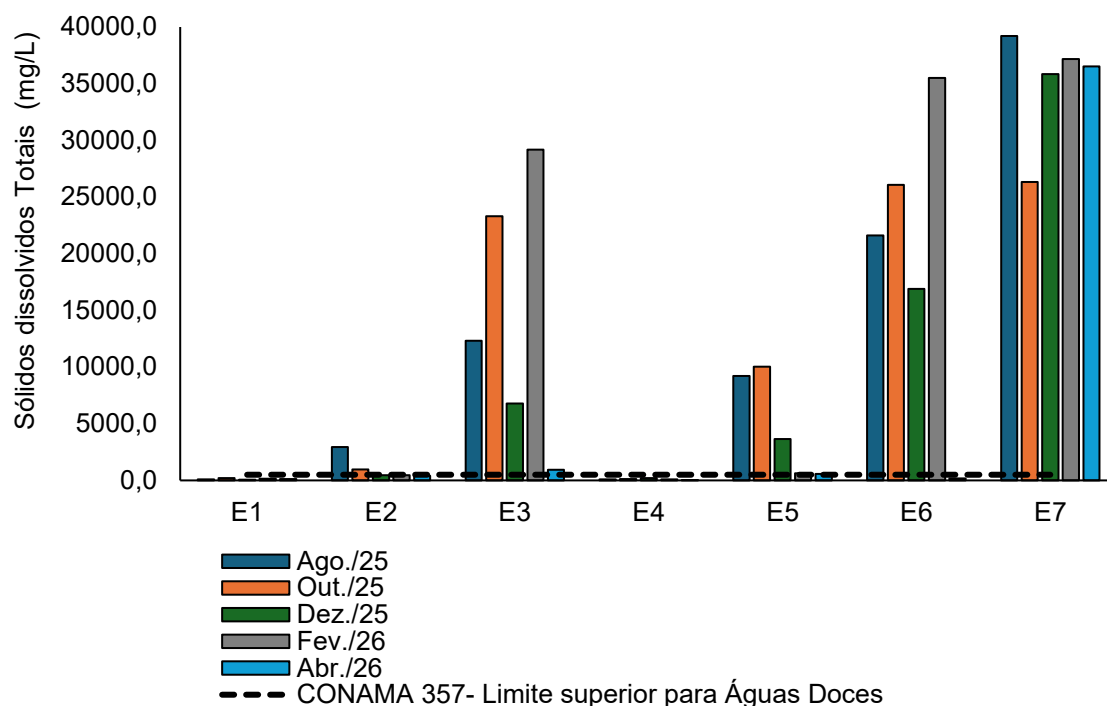
Considerando as cinco campanhas, os resultados de sólidos dissolvidos totais (SDT) oscilaram entre 47,5 mg/L na amostra do rio Iriry (E4), em abr./26, e 39.200,0 mg/L na amostra da foz do rio das Ostras (E7), em ago./25. Temporalmente, as menores

concentrações de SDT foram registradas na campanha de abr./26, com média de 5.539,3 mg/L $\pm$ 13.663,3 e as maiores em fev./26, com média de 14.739,6 mg/L $\pm$ 18.136,2.

Espacialmente, os menores resultados foram vistos nas amostras do afluente do rio Iriry, nele próprio (E1 e E4) e no rio Jundiá (E2), já os maiores ocorreram no canal das Corujas (E5) e no rio das Ostras (E3, E6 e E7), especialmente nas estações E6 e E7. Salienta-se que todas as amostras classificadas como doce estiveram em conformidade com o limite de 500 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº357/2005 para Águas Doces de Classe 2. Para águas salobras e salinas, não há limite na resolução de referência.

Embora não seja possível comparar as amostras classificadas como salobras e salinas aos limites normativos, os maiores resultados de SDT nas estações costeiras (E5, E3, E6 e E7) seguiram o padrão observado para salinidade, condutividade e ST. Diante disso, sugere-se que fatores ambientais, como a ação de ventos e marés, possam ter favorecido a mistura de massas d'água no sistema, contribuindo para o incremento de sais e outros sólidos dissolvidos nessas estações amostrais. Além dos fatores ambientais, o lançamento de efluentes sanitários e industriais também pode ter contribuído para os resultados observados.

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



Fonte: Própria autoria.

6.1.7 Turbidez

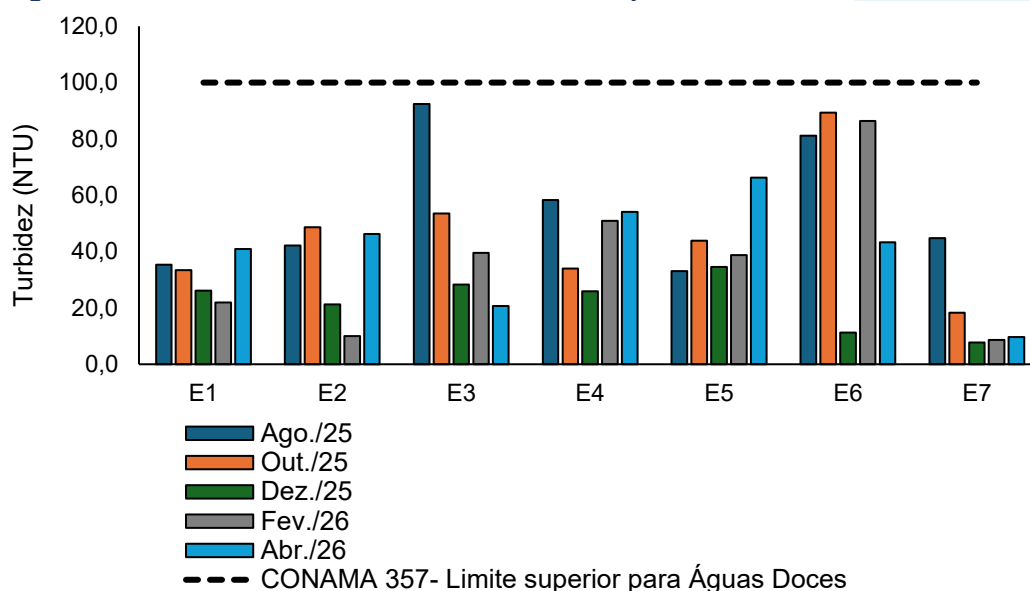
A turbidez pode ser definida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão. Logo, em águas turvas, a luz apresentará uma maior dificuldade de passagem. Esse parâmetro é medido em UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez). 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, durante o 4º ano de monitoramento, variaram entre 7,7 UNT na amostra da foz do rio das Ostras (E7), em dez./25 e 92,4 UNT no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3), em ago./25 (Figura 6-9). Sendo assim, todas as amostras classificadas como doce estiveram em conformidade com o limite de 100 UNT para Águas Doces Classe 2 estabelecido na Resolução CONAMA

nº357/2005. Ressalta-se que não há valores de referência descritos na normativa supracitada para Águas Salobras e Salinas Classe 1.

Temporalmente, os menores resultados de turbidez foram registrados na campanha de dez./25, com média de 22,2 UNT $\pm$ 9,6 e os maiores, em ago./25, com média de 55,3 UNT $\pm$ 23,2. Espacialmente, a amostra da foz do rio das Ostras (E7) apresentou os menores resultados (média de 17,8 UNT $\pm$ 15,7), enquanto a amostra do rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas (E6), os maiores (média de 62,3 UNT $\pm$ 34,0). Salienta-se que os dois maiores resultados de turbidez foram registrados em amostras do rio das Ostras: 92,4 UNT em E3 (ago./25) e 89,3 UNT em E6 (out./25). Nessas mesmas amostras e campanhas, a diferença entre os resultados de sólidos totais e sólidos dissolvidos totais foi maior que 3.000 mg/L, o que pode estar associado à presença elevada de sólidos em suspensão nesses pontos e consequente aumento da turbidez. Supõe-se que a ação dos ventos e marés possa ter contribuído para a ressuspensão e os resultados observados. Além disso, foram registrados resultados elevados de nitrogênio total, DBO e coliformes termotolerantes em E3 (ago./25) e E6 (out./25) no mesmo período, sugerindo maior aporte de efluentes sanitários ou industriais que também podem estar associados aos altos valores de turbidez supracitados (CETESB, 2018).

Figura 6-9. Resultados de turbidez das cinco campanhas realizadas.



Fonte: Própria autoria.

6.1.8 pH

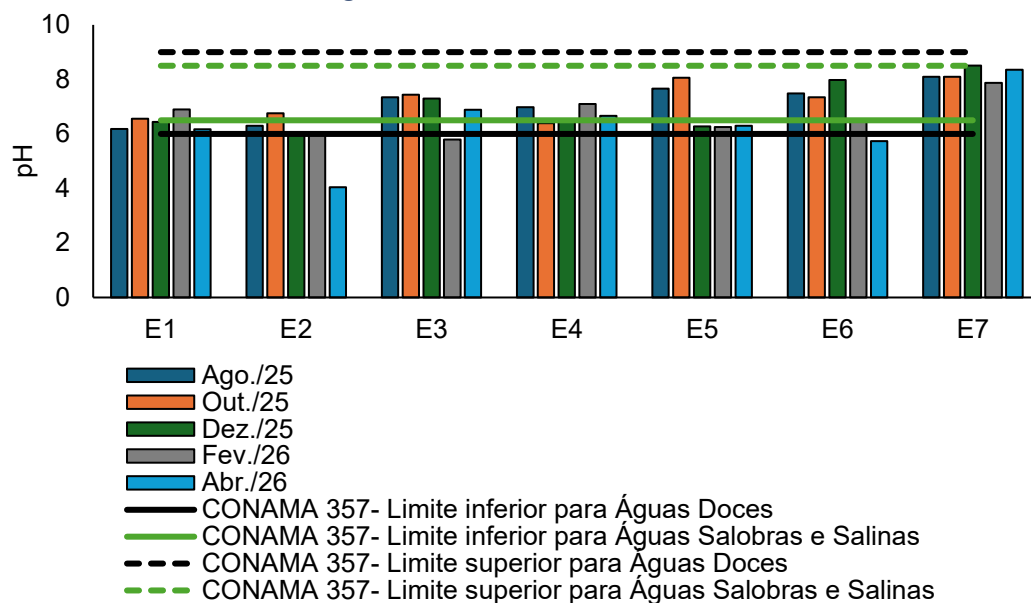
O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da atividade dos íons hidrônio (H^+) dentro de uma solução, sendo esse parâmetro essencial para o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos, tendo em vista seu papel como regulador de diversas atividades bioquímicas de organismos. Diversos fatores podem alterar 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).

Durante as cinco campanhas, os resultados do pH variaram entre 4,04 na amostra do rio Jundiá (E2), em abr./26 e 8,51 na amostra da foz do rio das Ostras (E7), em dez./25. Quanto à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, todas as amostras do rio Iriry e seu afluente (E4 e E1) estiveram em conformidade com a normativa, apresentando resultados dentro da faixa de 6 a 9 estabelecida para Águas Doces Classe 2. As amostras do rio das Ostras (E3, E6 e E7), durante as cinco campanhas, apresentaram apenas 3 inconformidades: E3 em fev./26 (5,79), E6 em abr./26 (5,74) e E7 em dez./25 (8,51). Em contrapartida, a maioria das amostras do rio Jundiá (E2) e do canal das Corujas (E5) apresentou inconformidade, com resultados abaixo dos limites mínimos de 6 (Águas Doces Classe 2) e 6,5 (Águas Salobras e Salinas Classe 1).

Espacialmente, os menores resultados de pH foram registrados nas amostras do rio Jundiá (E2), com média de $5,81 \pm 1,04$ e os maiores, nas amostras da foz do rio das Ostras (E7), com média de $8,19 \pm 0,25$. Esses maiores resultados no ponto E7 se devem, provavelmente, à contribuição marinha, que tende a aumentar o pH (D'AQUINO, 2010). Desse modo, um dos motivos dos resultados do ponto E2 serem consideravelmente menores é justamente a distância da costa e consequentemente, da ação das marés. Nesse sentido, é importante destacar que os maiores resultados do pH no rio Jundiá (E2) foram obtidos justamente nos meses em que suas águas apresentaram maiores salinidades e foram classificadas como salobras (ago. e out./2025). Outra possibilidade, que pode se somar à anterior, é que essas alterações de pH sejam decorrentes dos níveis de poluição (OMER, 2020).

Salienta-se 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 6-10 Resultados de pH das cinco campanhas realizadas e limites de referência segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.



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).

Durante as cinco campanhas, os resultados de oxigênio dissolvido (OD) variaram entre 0,30 mg/L na amostra do canal das Corujas (E5), em ago./25, e 6,93 mg/L na amostra da foz do rio das Ostras (E7), em out./25. Ao comparar os resultados obtidos com os limites mínimos de OD estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, 5 mg/L para Águas Doces Classe 2 e Salobras Classe 1 e 6 mg/L para Águas Salinas Classe 1, torna-se evidente a degradação hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras. Das 35 amostras analisadas nesse 4º ano de monitoramento, apenas 4 apresentaram conformidade com a resolução de referência: rio Iriry (E4) com 5,21 mg/L de OD em

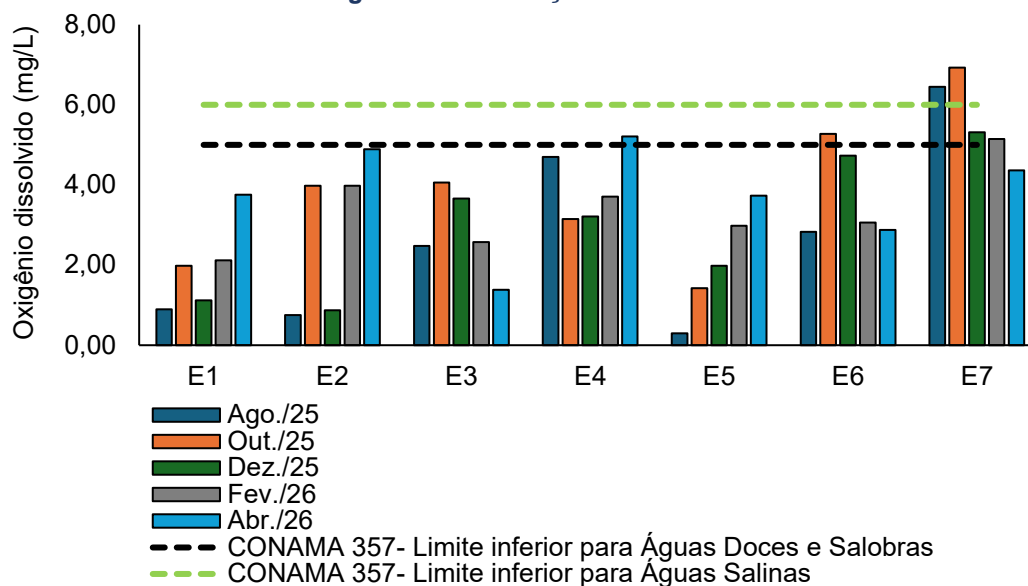
abr./26; rio das Ostras (E6) com 5,27 mg/L de OD em out./25 e a foz do rio das Ostras (E7) com 6,45 mg/L e 6,93 mg/L de OD em ago. e out./25, respectivamente (Figura 6-11).

Os resultados mais altos de OD em E7, quando comparados às demais estações amostrais, estão provavelmente associados a sua localização em região estuarina, com maior hidrodinamismo. Todas as coletas são realizadas em maré de sigízia e a correnteza gerada pela ação da maré contribui com a aeração natural das águas amostradas (Von-Ahn e Pereira Filho, 2015). 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.

No entanto, considerando que quase nenhuma amostra apresentou o mínimo estabelecido pela norma para proteção das comunidades aquáticas, os resultados de OD sugerem carga elevada de matéria orgânica nos corpos hídricos monitorados, o que implica em intensa decomposição aeróbica, reduzindo a disponibilidade de OD. Salienta-se que concentrações de OD ≤ 2 mg/L configuram condição de hipóxia, potencialmente associada à desequilíbrio ambiental generalizado, impactando diversos organismos aquáticos (DIAZ, 2001; DIAZ; ROSENBERG, 2008).

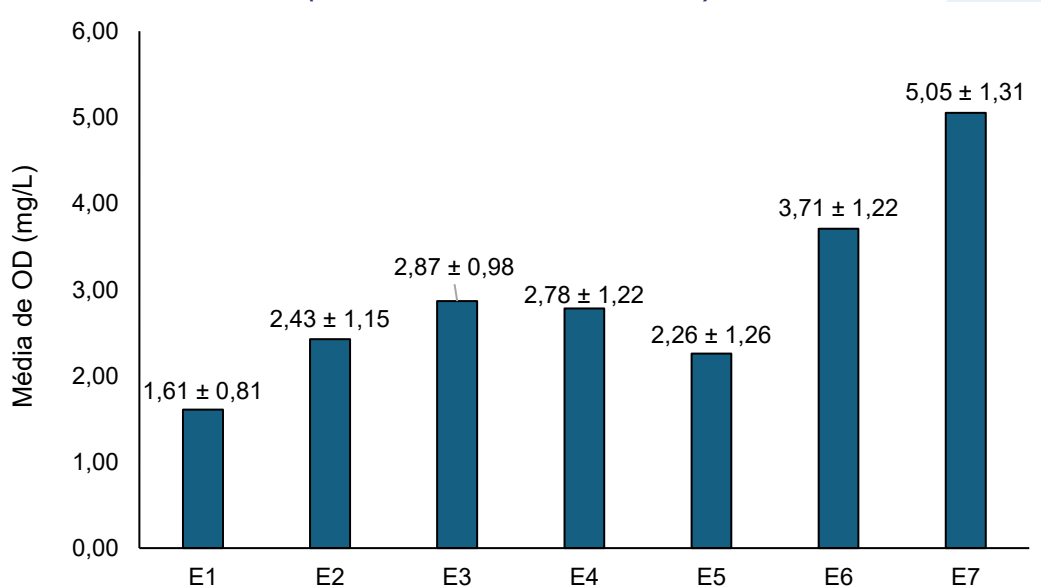
A baixa oxigenação das águas amostradas ocorre há anos, uma vez que dados desse mesmo projeto, de jan. e mar./23, já exibiam concentrações de OD baixíssimas nas estações analisadas. Em jan./23, os resultados de OD variaram entre menor que o limite de quantificação do método analítico ($< 0,1$ mg/L) no rio Iriry (E4) e 3,87 mg/L no rio das Ostras (E3). Já em mar./23, a variação observada foi de 1,4 mg/L na estação E1 a 6,0 mg/L em E7 (CBH MACAÉ OSTRAS, 2023b). A Figura 6-12 ilustra a média de OD, por ponto, considerando todas as 20 campanhas de monitoramento já realizadas.

Figura 6-11. Resultados de OD das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Fonte: Própria autoria.

Figura 6-12. Média de OD, por ponto amostral, considerando as 20 campanhas já realizadas (1º ao 4º ano de monitoramento).



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

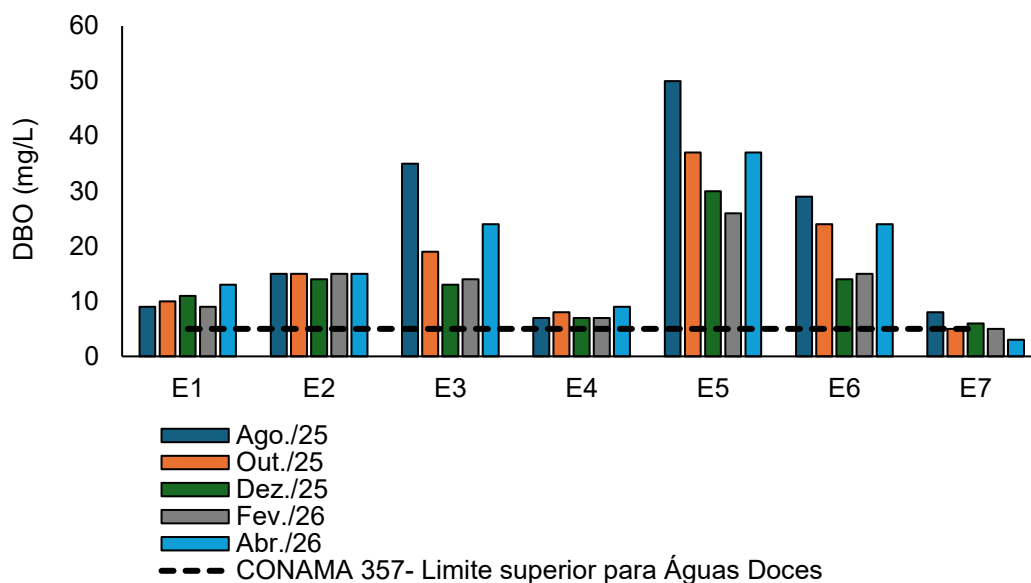
serem degradados), menor será a disponibilidade de oxigênio para seres vivos como peixes, organismos zooplanctônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2014).

Durante o 4º ano de monitoramento, os resultados de DBO oscilaram entre 3 mg/L na foz do rio das Ostras (E7), em abr./26 e 50 mg/L no canal das Corujas (E5), em ago./25 (Figura 6-13). Quanto à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/05, todas as amostras classificadas como doce ultrapassaram o limite de 5 mg/L estabelecido para Águas Doces Classe 2, indicando o aporte elevado de matéria orgânica nas águas monitoradas. Não há limites de DBO para Águas Salobras e Salinas, mas de uma forma geral, os valores registrados foram altos.

Espacialmente, os menores resultados de DBO foram registrados na foz do rio das Ostras (E7), com média de $5 \text{ mg/L} \pm 2$, enquanto os maiores foram observados no canal das Corujas (E5), com média de $36 \text{ mg/L} \pm 9$. Como há maior aeração nas águas da foz do rio das Ostras (E7), devido à sua localização, há maior disponibilidade de OD e consequentemente, menores resultados de DBO. Já os maiores resultados observados no canal das Corujas (E5) decorrem do aporte excessivo de efluentes não tratados ou parcialmente tratados, o que se evidencia pelas elevadas concentrações de nutrientes e coliformes termotolerantes, que serão discutidas nos próximos tópicos, registradas nessa estação ao longo do monitoramento.

De maneira geral, os resultados elevados de DBO, associados aos baixos de OD, evidenciam a situação crítica da Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras.

Figura 6-13. 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).

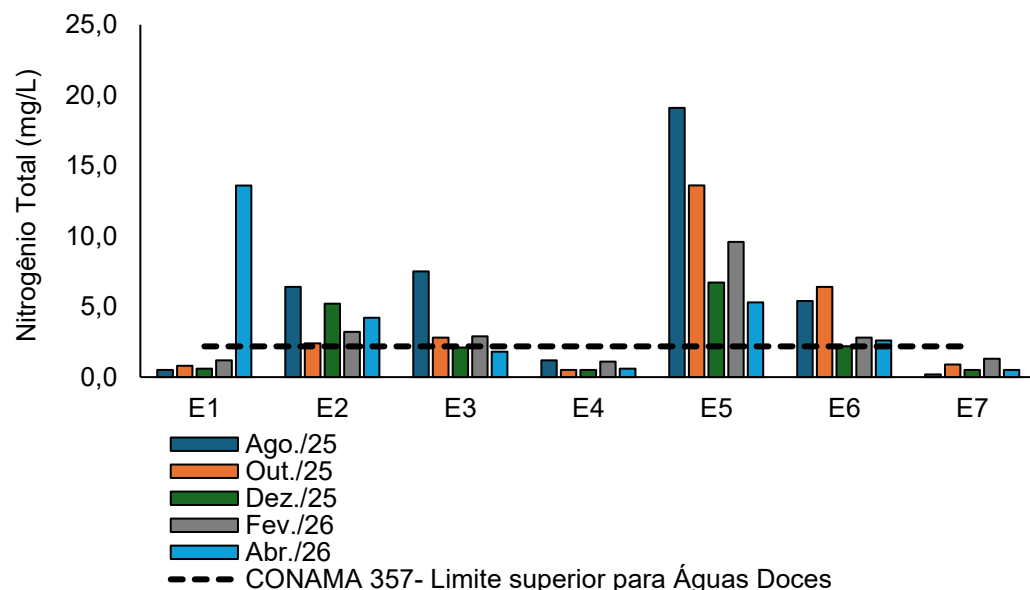
Considerando as cinco campanhas realizadas, as concentrações de nitrogênio total variaram entre 0,2 mg/L na amostra da foz do rio das Ostras (E7) em ago./25 e 19,1 mg/L na amostra do canal das Corujas (E5) nessa mesma campanha (Figura 6-14). Quanto à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, apenas uma amostra classificada como doce (E1 – 13,6 mg/L – abr./26) ultrapassou o limite de 2,18 mg/L estabelecido para Águas Doces Classe 2. Não há limites na normativa para Águas Salobras e Salinas de Classe 1.

Os menores resultados de nitrogênio total foram obtidos em dez./25, com média de 2,5 mg/L $\pm$ 2,5, enquanto os maiores foram registrados em ago./25, com média de 5,8 mg/L $\pm$ 6,6. Os valores elevados coincidem com o período de estiagem (ago./25 – inverno - [Quadro 6-1](#)), quando há menor volume de águas e consequentemente, menor diluição dos poluentes.

Especialmente, no rio Iriry (E4) foram registradas as menores concentrações de nitrogênio total, com média de 0,8 mg/L $\pm$ 0,3 e no canal das Corujas (E5), as maiores (média de 10,9 mg/L $\pm$ 5,6). Embora a normativa de referência não estabeleça limites para Águas Salobras e Salinas Classe 1, algumas concentrações obtidas em águas com essa classificação chamam atenção, especialmente no canal das Corujas (E5), cujos resultados permaneceram elevados em todo o monitoramento. Em relação à esse corpo hídrico, o maior resultado de nitrogênio total (19,1 mg/L em ago./25) coincide com a menor concentração de OD obtida no monitoramento (0,30 mg/L - Figura 6-11) e a maior de DBO (50 mg/L - Figura 6-13). Portanto, o enriquecimento dessas águas demonstra aporte de efluentes não tratados ou parcialmente tratados, resultando na hipóxia acentuada nesse corpo hídrico. Além disso, esse enriquecimento pode favorecer o processo de eutrofização, no entanto, seria necessária a avaliação de indicadores biológicos, como clorofila ou fitoplâncton, para sugerir a ocorrência desse processo.

As águas do canal das Corujas (E5) estão localizadas em áreas muito urbanizadas, nas proximidades dos bairros Nova Cidade e Jardim Mariléa, e no estudo de Diaz (2001) há menção sobre a associação da hipóxia registrada em diversos lugares do mundo com o desenvolvimento das bacias hidrográficas e o lançamento de nutrientes. Nesse sentido, no estudo de Silva (2022), realizado no município do Rio das Ostras e 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% de cobertura. A partir disso, entende-se que quase 70% do esgoto do município não é tratado, 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 6-14. 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

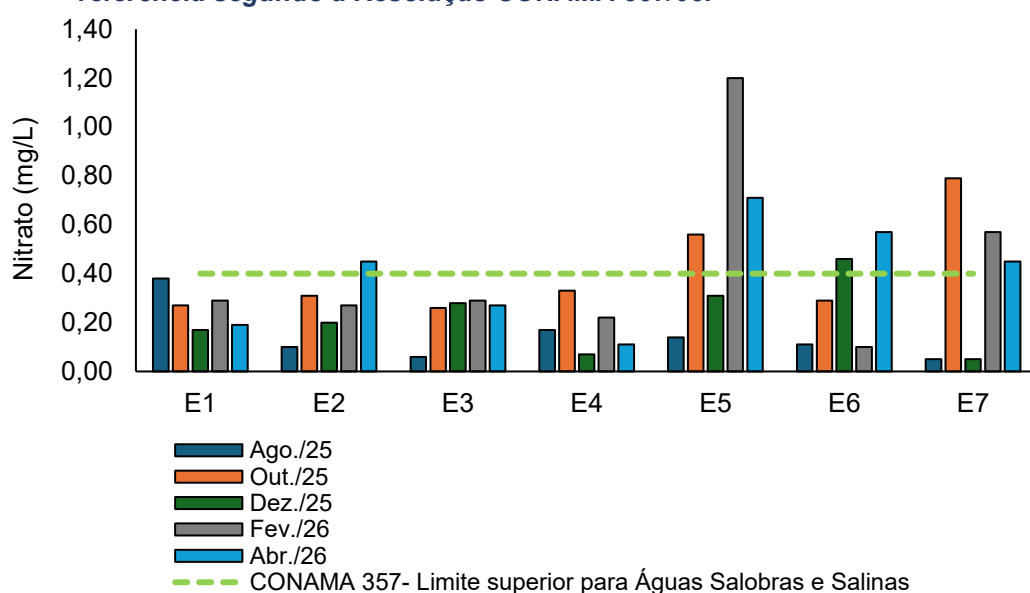
O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. (CETESB, 2014). Nesse sentido, destaca-se que o nitrato é um íon relevante e ocorre naturalmente no ambiente, mas, atualmente, sua detecção em excesso nos diferentes compartimentos ambientais está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

Ao longo do 4º ano de monitoramento, os resultados de nitrato variaram de <0,05 mg/L (limite de quantificação do método analítico) nas amostras da foz do rio das Ostras (E7), em ago. e dez./25, a 1,20 mg/L no canal das Corujas (E5) em fev./26 (Figura 6-15). Em relação à comparação com a normativa de referência, nota-se que as

inconformidades foram observadas nas amostras mais próximas à costa e à intensificação urbana: no canal das Corujas (E5) e na foz do rio das Ostras (E7) em out./25, fev. e abr./26 e no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas (E6) em dez./25. Essas amostras apresentaram resultados superiores ao limite de 0,4 mg/L estipulado pela Resolução CONAMA nº357/2005 para Águas Salobras e Salinas Classe 1. Todas as demais estiveram em conformidade com o limite supracitado e o de 10 mg/L estabelecido para Águas Doces Classe 2.

A fim de melhorar a visualização dos resultados, em razão das baixas concentrações obtidas, o limite de 10 mg/L para Águas Doces Classe 2 foi retirado do gráfico (Figura 6-15).

Figura 6-15. 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

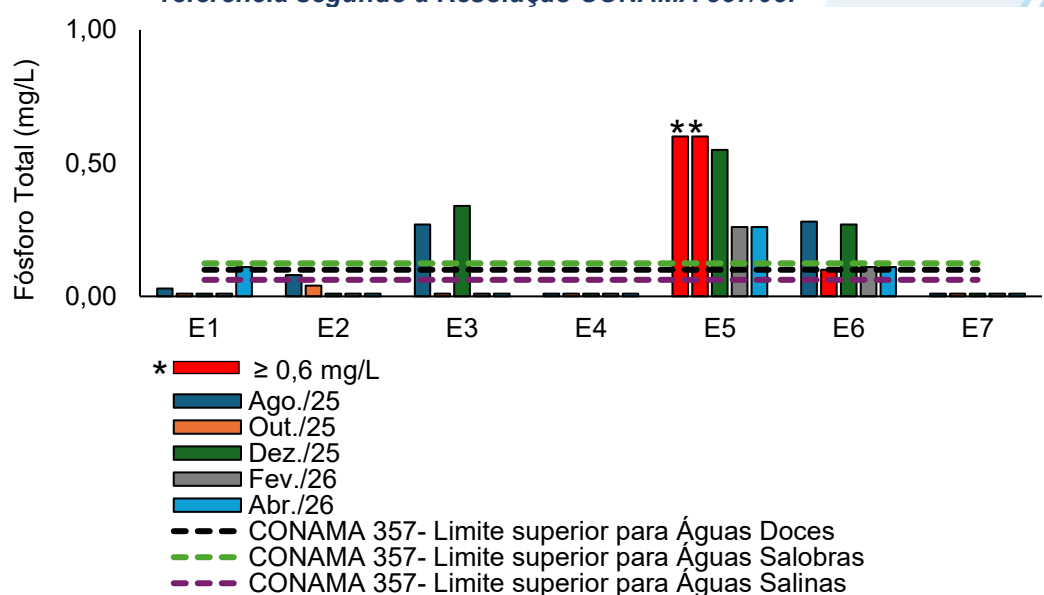
O fósforo é um nutriente que ocorre naturalmente nas águas, entretanto, altas concentrações de fósforo podem indicar aporte de esgoto e matéria orgânica para o ambiente. As principais fontes desse elemento são matéria orgânica fecal e detergentes; além disso, alguns efluentes industriais, fertilizantes 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 $<0,01$ mg/L (limite de quantificação do método analítico), em 19 das 35 amostras analisadas, e 1,46 mg/L no canal das Corujas (E5) em ago./25. Em relação à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, a maioria das amostras estiveram em conformidade com os limites de 0,1 mg/L para Águas Doces Classe 2, 0,124 mg/L para Águas Salobras Classe 1 e 0,062 mg/L para Águas Salinas Classe 1 (Figura 6-16). As inconformidades foram observadas no afluyente do rio Iriry (E1) em abr./26, no rio das Ostras (E3) em ago. e dez./25, no outro trecho do rio das Ostras (E6) em fev. e abr./26 e em todas as amostras do canal das Corujas (E5).

O canal das Corujas (E5), portanto, assim como observado para nitrogênio total, exibiu as maiores concentrações de fósforo total. É importante destacar que os resultados elevados desses nutrientes coincidiram nas campanhas de ago./25, com 1,46 mg/L de fósforo total e 19,1 mg/L de nitrogênio total e na de out./25, com 1,24 mg/L de fósforo total e 13,6 mg/L de nitrogênio total. Sugere-se que esse enriquecimento de nutrientes seja consequência do aporte de efluentes não tratados ou parcialmente tratados, contribuindo para o quadro de hipóxia severa observado no mesmo período nesse corpo hídrico, 0,30 mg/L em ago./25 e 1,42 mg/L em out./25 (Figura 6-11).

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



Fonte: Própria Autoria.

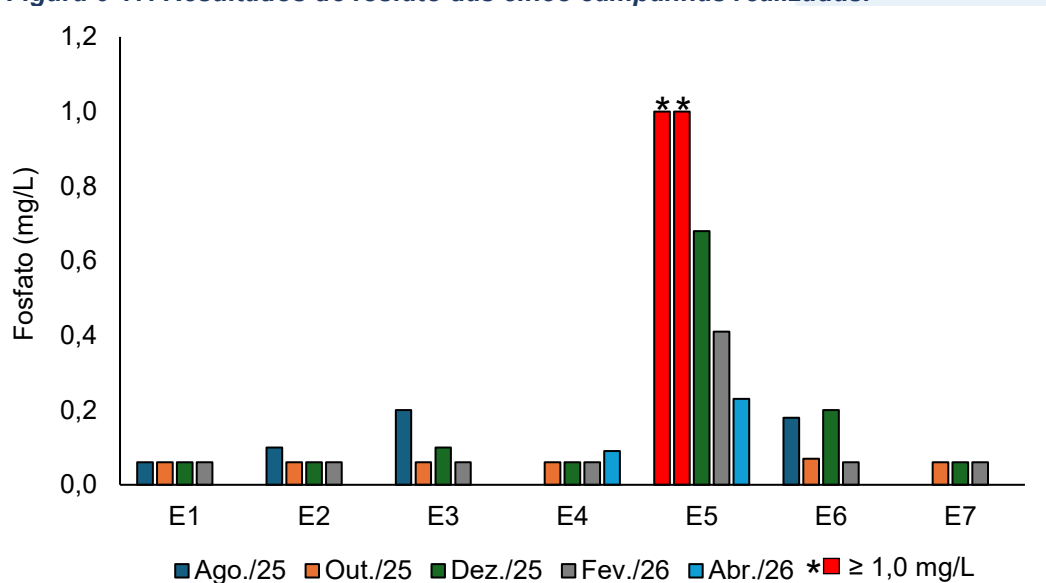
6.1.14 Fosfato

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 analisadas, em 23 os resultados foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (0,06 mg/L) e/ou o parâmetro não foi detectado (resultado inferior ao limite de detecção de 0,018 e/ou 0,020 mg/L) (Figura 6-17). As maiores concentrações foram observadas no canal das Corujas (E5), com 3,78 mg/L em ago./25 e 3,06 mg/L em out./25.

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 no canal das Corujas (E5) acompanharam altas concentrações de nitrogênio total, nitrato, fósforo total, DBO e baixa disponibilidade de OD. Esse cenário é provavelmente decorrente do aporte de efluentes não tratados ou parcialmente tratados, haja vista o histórico de carência de saneamento no município (SILVA, 2022), que pode favorecer processos de eutrofização, sendo necessária a avaliação de indicadores biológicos para confirmar tal hipótese.

Figura 6-17. Resultados de fosfato das cinco campanhas realizadas.



Fonte: Própria Autoria.

6.1.15 Coliformes termotolerantes

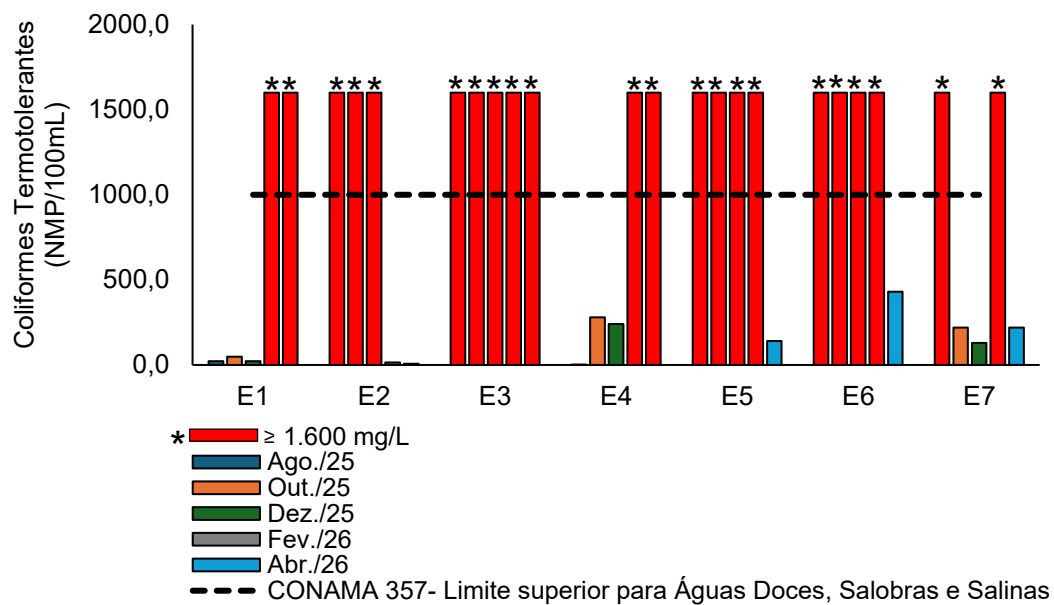
A poluição por esgoto sanitário pode levar a uma série de alterações em ecossistemas aquáticos, levando ao aumento nas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas, turbidez e coliformes. Os coliformes são bactérias presentes no trato intestinal humano e animal, sendo assim, as concentrações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

Ao longo das cinco campanhas, das 35 amostras analisadas, 22 apresentaram resultados iguais ou superiores ao limite de quantificação de 1.600 NMP/100mL, o que evidencia a situação crítica da bacia hidrográfica do Rio das Ostras associada ao aporte de efluentes não tratados ou parcialmente tratados nos rios monitorados. Portanto, essas 22 amostras ultrapassaram o limite de 1.000 NMP/100mL estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2, Salobras e Salinas Classe 1.

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, a maioria dos valores dessa variável microbiológica permaneceram altos, como observado na Figura 6-18, especialmente nas estações E5 (canal das corujas), E3, E6 e E7 (situadas no rio das Ostras).

Diante disso, os resultados sugerem alto aporte de efluentes não tratados ou parcialmente tratados nos corpos hídricos monitorados.

Figura 6-18. 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 E2, situado no rio Jundiá, em direção a E7, localizado na foz do rio das Ostras, estação que apresentou, majoritariamente, 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 os maiores resultados de salinidade coincidiram com a campanha de mais elevada pluviosidade acumulada (fev./26), evidenciando que a dinâmica da maré exerce maior controle sobre a intrusão salina do que a vazão dos rios. 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.

A forte dinâmica da ação das marés e do ambiente costeiro na bacia do Rio das Ostras contribui para os maiores resultados de salinidade, condutividade, sólidos totais e dissolvidos, pH e oxigênio dissolvido na foz do rio das Ostras (E7), além de menores concentrações da demanda bioquímica de oxigênio, e consequentemente, melhores condições hídricas quando comparado aos demais pontos. No entanto, um ponto que chama atenção é que, ainda que haja uma grande troca de massas d'águas fluviais e marinhas em E7, essas águas ainda apresentam resultados elevados de coliformes termotolerantes, conforme expõe a Figura 6-18 e baixos níveis de OD quando comparado à Resolução CONAMA nº357/2005, que estabelece mínimo de 6 mg/L para Águas Salinas Classe 1, tornando evidente a degradação hídrica.

No que se refere aos nutrientes, as concentrações mais elevadas dos quatro nutrientes analisados (nitrogênio total, nitrato, fósforo total e fosfato) foram registradas no canal das Corujas (E5). Em relação aos coliformes termotolerantes, em 22 das 35 amostras analisadas os resultados foram ≥ 1.600 NMP/100mL, resultando em 22 inconformidades em relação à norma de referência. Salienta-se que todos os resultados do ponto E3, situado no rio das outras, após o encontro dos rios Iriry e Jundiá, foram ≥ 1.600 NMP/100mL, bem como os resultados de ago./25 a fev./26 dos pontos E5 (canal das Corujas) e E6 (rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas). Os demais

pontos também apresentaram esse resultado em ao menos duas das cinco campanhas realizadas.

O cenário supracitado está intimamente relacionado à situação de baixa oxigenação dos rios analisados. Os resultados elevados de coliformes termotolerantes indicam o lançamento de efluentes não tratados ou parcialmente tratados nessas águas, o que implica em aumento da decomposição aeróbica, redução de OD e aumento da DBO. Das 35 amostras analisadas, apenas quatro apresentaram o mínimo de OD estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, sendo que três desses resultados foram em ago. e out./25. Portanto, considerando as campanhas de dez./25 e jan. e fev./26, apenas uma amostra do rio Iriry (E4) apresentou conformidade (abr./26), estando ligeiramente acima do limite mínimo de 5 mg/L exigido para Águas Doces Classe 2. Da mesma forma, todas as amostras classificadas como doce ultrapassaram o limite máximo de 5mg/L de DBO e apesar de não ter limites desse parâmetro para Águas Salobras e Salinas Classe 1, os resultados também foram elevados.

De um modo geral, os resultados expõem a carência de esgotamento sanitário adequado da população de Rio das Ostras, a situação crítica dos rios analisados e representam um risco à biodiversidade e equilíbrio do ecossistema.

A Tabela 7-1 e a Tabela 7-2 exibem a estatística descritiva de cada parâmetro analisado nas distintas estações amostrais ao longo das cinco campanhas de monitoramento. Cabe ressaltar que a média não foi calculada quando a maioria dos resultados foram inferiores aos limites de quantificação (LQ) ou detecção (LD) do respectivo parâmetro.

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	0,12	0,04	255	86	227	168	118	57	31,5	7,5	6,45	0,30	25,40	2,88
E2	0,86	0,61	1599	1039	1107	1104	1047	1087	33,7	17,1	5,81	1,04	25,18	1,81
E3	14,28	10,57	21986	14936	15638	12131	14508	11636	46,9	28,3	6,95	0,68	25,53	1,98
E4	0,12	0,07	236	122	194	72	119	62	44,6	14,0	6,73	0,30	25,47	1,61
E5	3,82	3,29	6474	5485	4970	4660	4820	4574	43,3	13,5	6,91	0,88	26,29	1,67
E6	18,67	11,52	28977	17579	20835	13647	20045	13059	62,3	34,0	7,01	0,88	25,76	2,06
E7	31,36	3,41	47421	6389	36456	5884	35009	5017	17,8	15,7	8,19	0,25	24,35	1,04

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	1,98	1,13	10	2	-	-	-	-	3,3	5,7	0,26	0,08	659,0	859,1
E2	2,89	1,94	15	0	-	-	-	-	4,3	1,6	0,27	0,13	964,4	870,4
E3	2,83	1,06	21	9	-	-	-	-	3,4	2,3	0,23	0,10	1600,0	0,000
E4	4,00	0,92	8	1	-	-	-	-	0,8	0,3	0,18	0,10	744,4	788,3
E5	2,08	1,34	36	9	0,75	0,56	1,63	1,66	10,9	5,6	0,58	0,41	1308,0	652,9
E6	3,75	1,16	21	6	0,17	0,09	0,10	0,08	3,9	1,9	0,31	0,21	1366,0	523,2
E7	5,64	1,04	5	2	-	-	-	-	0,7	0,4	0,38	0,38	754,0	773,2

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). Com base nos resultados da Tabela 7-3 nota-se que os requisitos exigidos para a adequação da PCA foram cumpridos nos testes de KMO (0,579), visto que o resultado foi um valor considerado aceitável (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, para realização dos testes supracitados, as variáveis fosfato e sólidos totais foram removidas, devido à alta colinearidade com fósforo total, sólidos dissolvidos totais, condutividade e salinidade.

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

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,579
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	549
Graus de liberdade	66
Significância estatística (p valor)	<0,001

Fonte: Própria Autoria.

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 38,35% e 24,79% da variação dos dados, totalizando 63,14%.

A análise PCA (Figura 7-1) mostrou uma clara separação espacial dos pontos analisados. A distribuição dos pontos situados no rio das Ostras (E3, E6 e E7) foi mais fortemente influenciada pelos altos valores de salinidade, condutividade, sólidos dissolvidos totais (SDT) e pH, especialmente a de E7. Isso está associado à intensa contribuição marinha nesses pontos, que eleva a salinidade, a condutividade e os SDT, além de tender a aumentar o pH. Em relação ao OD, nota-se que a influência também está mais associada à estação E7 em todos o monitoramento, que por localizar-se em uma região estuarina, está sob maior influência da circulação das águas e correnteza, favorecendo a aeração e contribuindo para o aumento de OD.

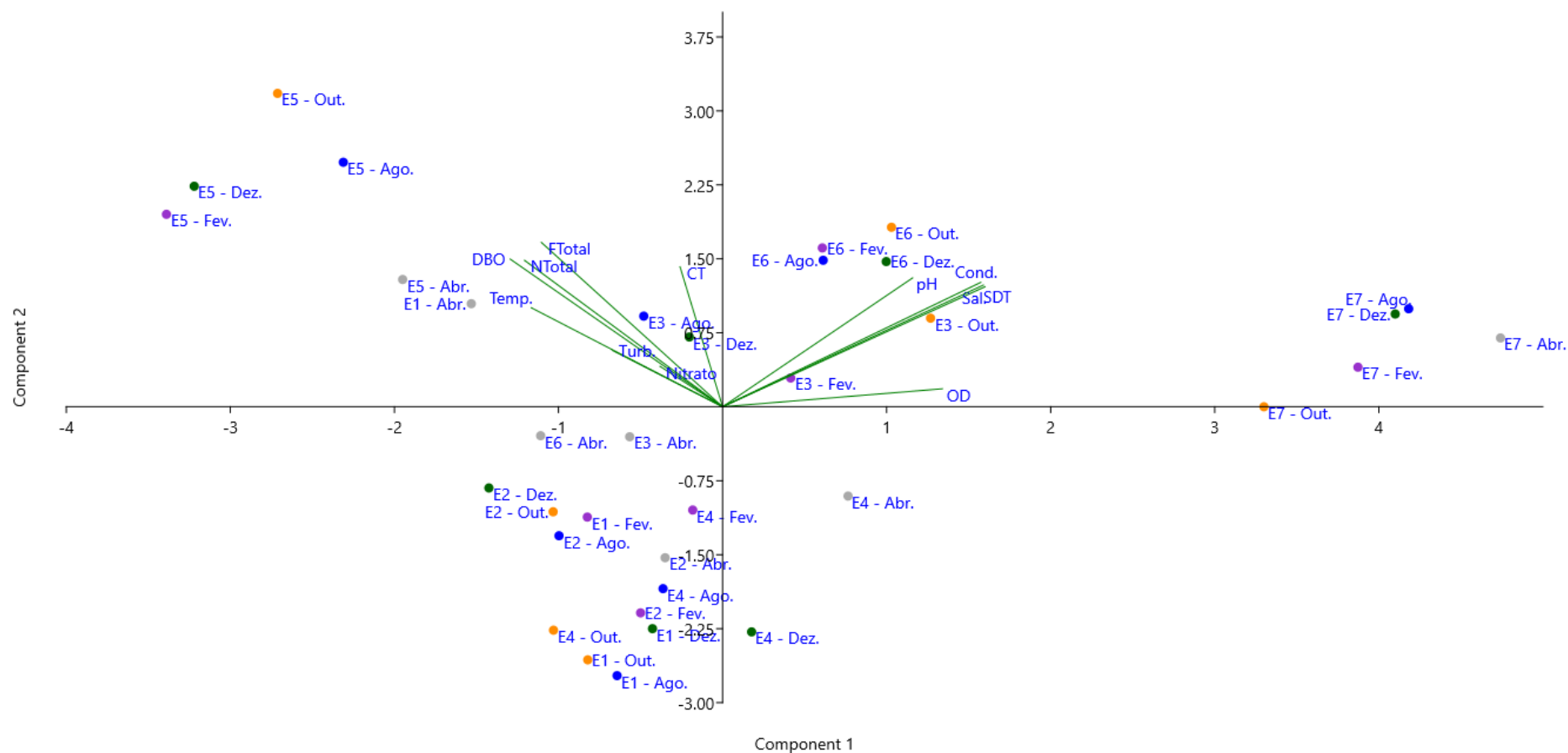
Em contrapartida, os parâmetros supracitados influenciaram negativamente a distribuição dos pontos situados no rio Iriry (E4), seu afluente (E1) e no rio Jundiá (E2). Isso acontece porque esses pontos são localizados no interior da bacia e sofrem pouca ou nenhuma influência marinha. É importante destacar que a distribuição dos pontos E3 e E6 (rio das Ostras) em abril também foi influenciada negativamente por esses parâmetros, o que nota-se através dos baixos resultados de salinidade observados nesse mesmo período (Quadro 6-2).

A distribuição do ponto E5 (canal das Corujas), em todas as campanhas, foi influenciada pelas altas concentrações de nutrientes e DBO, já que as amostras dessa estação apresentaram, majoritariamente, os maiores resultados desses parâmetros. Vê-se também a influência desses parâmetros no afluente do rio Iriry em abr./26, campanha na qual o resultado de nitrogênio total foi 13,6 mg/L. Salienta-se que esse pico foi pontual nessa estação, quando comparado às demais campanhas, sendo necessária a continuação do monitoramento a fim de entender se o resultado retornará à conformidade com a norma.

As temperaturas mais altas também estão associadas às estações E5 (canal das Corujas) e E3 (rio das Ostras). De ago./25 a fev./26, as águas do canal das Corujas (E5) apresentaram as maiores temperaturas, enquanto em abr./26 isso foi observado para o afluente do rio Iriry (E1). No entanto, ao comparar os resultados, por campanha, com as demais estações, não há grandes diferenças. Em oposição aos nutrientes das séries nitrogenada e fosfatada e a DBO, vê-se a amostra do rio Iriry (E4) na campanha de abril, uma vez que os resultados para esses parâmetros foram baixos.

Os coliformes termotolerantes estão mais relacionados à distribuição do E3 (rio das Ostras), cujas as amostras foram as únicas que, em todas as campanhas, apresentaram resultados ≥ 1.600 NMP/100mL.

Figura 7-1 Resultado da análise dos componentes principais.



Legenda: CT – Coliformes Termotolerantes; Cond. – Condutividade; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; Ftotal – Fósforo Total; Ntotal – Nitrogênio Total; Sal. – Salinidade; SDT – Sólidos Dissolvidos Totais; Temp. – Temperatura e Turb. – Turbidez. Azul – campanha de ago./25; Laranja – campanha de out./25; Verde – campanha de dez./25; Roxo – campanha de fev./26 e Cinza – campanha de abr./26.

Fonte: Própria Autoria.

7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Considerando os valores do IQA_{CETESB} obtidos ao longo das cinco campanhas de monitoramento, foi gerado um gráfico com a evolução dos resultados do índice, incluindo a média, para cada ponto amostral (Figura 7-2).

Os valores do IQA_{CETESB} da estação amostral E1, situada no afluente do rio Iriry, variaram de 44,48 (regular) em ago./25 a 55,34 (boa) em out./25. As águas desse ponto amostral foram classificadas como regulares nas campanhas de ago./25 e fev./26 e boas em out. e dez./25 e abr./26, resultando em uma média geral de $51,31 \pm 4,12$ (boa). A partir da análise temporal, nota-se alguma melhoria na qualidade dessas águas, que foram de regular em ago./25 para boa em abr./26. Supõe-se que a diferença observada seja provavelmente decorrente do aumento de oxigênio dissolvido (OD), variável de maior peso no cálculo do índice. O afluente do rio Iriry (E1) saiu de um cenário de hipóxia (0,90 mg/L), durante a campanha de ago./25, para 3,76 mg/L de OD em abr./26 (Figura 6-11). Cabe destacar que o fato de uma amostra com OD abaixo do mínimo estipulado pela norma de referência (5 mg/L para Águas Doces Classe 2) ter recebido uma classificação boa no índice evidencia a limitação do método e a necessidade de uma interpretação rigorosa dos resultados. Por exemplo, embora a amostra de abr./26 tenha sido categorizada como boa, seu resultado quantitativo (52,49) foi próximo ao mínimo necessário para essa classificação (>51).

No que se refere ao ponto E2, localizado no rio Jundiá, os resultados apresentaram variação de 34,24 (ruim) em ago./25 a 60,17 (boa) em fev./26. Ao todo, esse rio apresentou uma classificação ruim (ago./25), duas regulares (out. e dez./25) e duas boas (fev. e abr./26), o que resultou em uma média geral de $46,58 \pm 10,61$. Sugere-se que a diferença de classificação entre ago./25 e abr./26 seja decorrente do aumento de OD, partindo de uma situação de hipóxia, com 0,75 mg/L de OD, para 4,89 mg/L e redução de coliformes termotolerantes, saindo de 1.600 NMP/100mL para 7,8 NMP/100mL. Portanto, apesar de ter permanecido abaixo do limite mínimo de 5 mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para Águas Doces de Classe 2, a situação atual melhorou consideravelmente quando comparada à inicial, embora a qualidade hídrica da bacia como um todo ainda tenha muito o que progredir. Salienta-se que, assim como observada para o afluente do rio Iriry (E1), a pontuação da amostra do rio Jundiá em abr./26 (E2 – 52,36) também foi próxima ao limite mínimo (>51).

Os resultados das amostras da estação E3, localizada no rio das Ostras, variaram entre 26,44 (ruim) em ago./25 e 46,08 (regular) em dez./25, com média geral de $37,95 \pm 7,90$. Ao todo, foram registradas duas classificações ruins (ago./25 e abr./25) e três regulares (out. e dez./25 e fev./26). Esse cenário está associado às concentrações de OD obtidas nas cinco campanhas, que variaram de 1,38 mg/L (abr./26) a um máximo de 4,06 mg/L, estando sempre em inconformidade com o limite mínimo de 6 mg/L, estipulado pela norma, para Águas Salobras de Classe 1. Essa baixa oxigenação tem relação com o elevado aporte de matéria orgânica no rio das Ostras (E3), já que essa foi a única estação na qual todos os resultados de coliformes termotolerantes foram ≥ 1.600 NMP/100mL e essa variável microbiológica é indicativa da contaminação por efluente sanitário.

Os resultados do IQA_{CETESB} da estação amostral E4, situada no rio Iriry, variaram entre 55,65 (boa) e 75,45 (boa). Todas as amostras apresentaram classificação boa, resultando em uma média geral de $61,75 \pm 7,95$ (boa). O que se pode observar, é que os resultados quantitativos diminuíram de ago./25 para abr./26, apresentando diferença de 14,19 pontos. Isso está associado ao resultado de coliformes termotolerantes, variável de segundo maior peso no cálculo do IQA, que em ago./25 foi 1,8 NMP/100mL e em abr./26 foi > 1.600 NMP/100mL.

O ponto E5, localizado no canal das Corujas, exibiu os piores resultados do monitoramento, apresentando variação de 19,26 a 33,48, o que resultou em classificações ruins nas cinco campanhas realizadas, com média geral de $27,14 \pm 6,15$ (ruim). Essa estação apresentou as maiores concentrações de nutrientes (Figura 6-14, Figura 6-15, Figura 6-16 e Figura 6-17) e quatro dos cinco resultados de coliformes termotolerantes ≥ 1.600 NMP/100mL (Figura 6-18), evidenciando o elevado aporte de efluentes nesse corpo hídrico. Devido ao consumo de OD na decomposição da matéria orgânica, os resultados dessa variável foram notadamente baixos, oscilando entre 0,30 mg/L (hipóxia) em ago./25 e 3,73 mg/L em abr.26 (Tabela 6-1 e Figura 6-11) e consequentemente, as concentrações de DBO foram elevadas (Figura 6-13).

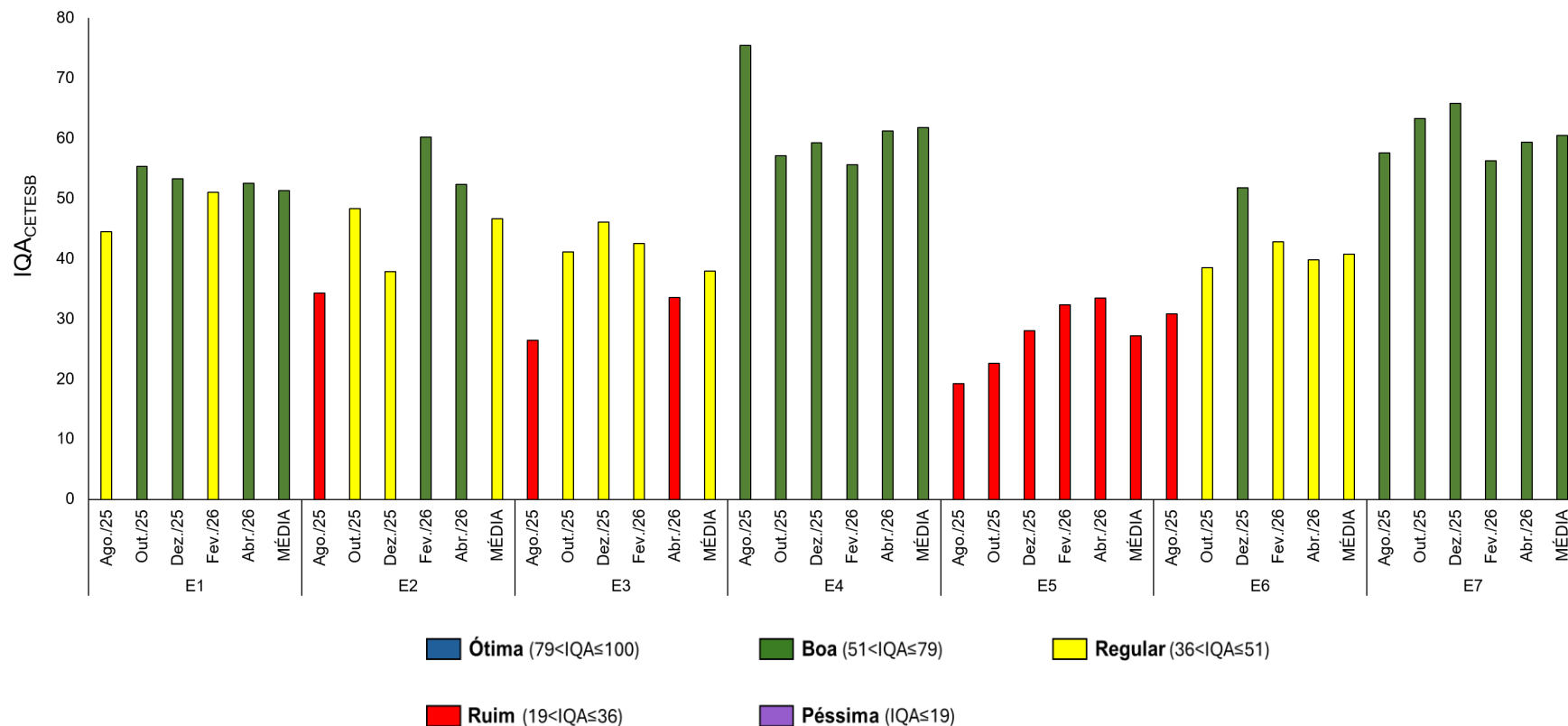
A estação amostral E6 está localizada no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas (E5) e, portanto, além de contar com o impacto da falta de tratamento de esgoto adequado do entorno, haja vista os resultados de coliformes termotolerantes (Figura 6-18), recebe também os impactados trazidos de E5. Esse cenário somado contribui para a categorização ruim obtida em ago./25 e as três regulares de out./25 e fev. e abr./26. A única classificação boa, registrada em dez./25, foi provavelmente advinda das concentrações de DBO e nitrogênio total, que em dez./25 foram menores no ponto E6

quando comparadas às demais campanhas, com 14 mg/L de DBO (Figura 6-13) e 2,2 mg/L de nitrogênio total (Figura 6-14). Vale ressaltar que os resultados do IQA_{CETESB} no ponto E6 (rio das Ostras) variaram entre 30,82 (ruim) e 51,75 (boa), com média geral de $40,73 \pm 7,57$ (regular).

Assim como observado no rio Iriry (E4), todas as amostras da estação E7, situada na foz do rio das Ostras, foram classificadas como boas. No entanto, cabe ressaltar que essa estação amostral está localizada em um ambiente estuarino, que possui 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. Nessa estação, a pontuação do IQA variou entre 56,25 e 65,80, com média geral de $60,45 \pm 4,00$.

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 7-2. Resultados do IQA_{CETESB} ao longo do período de monitoramento.



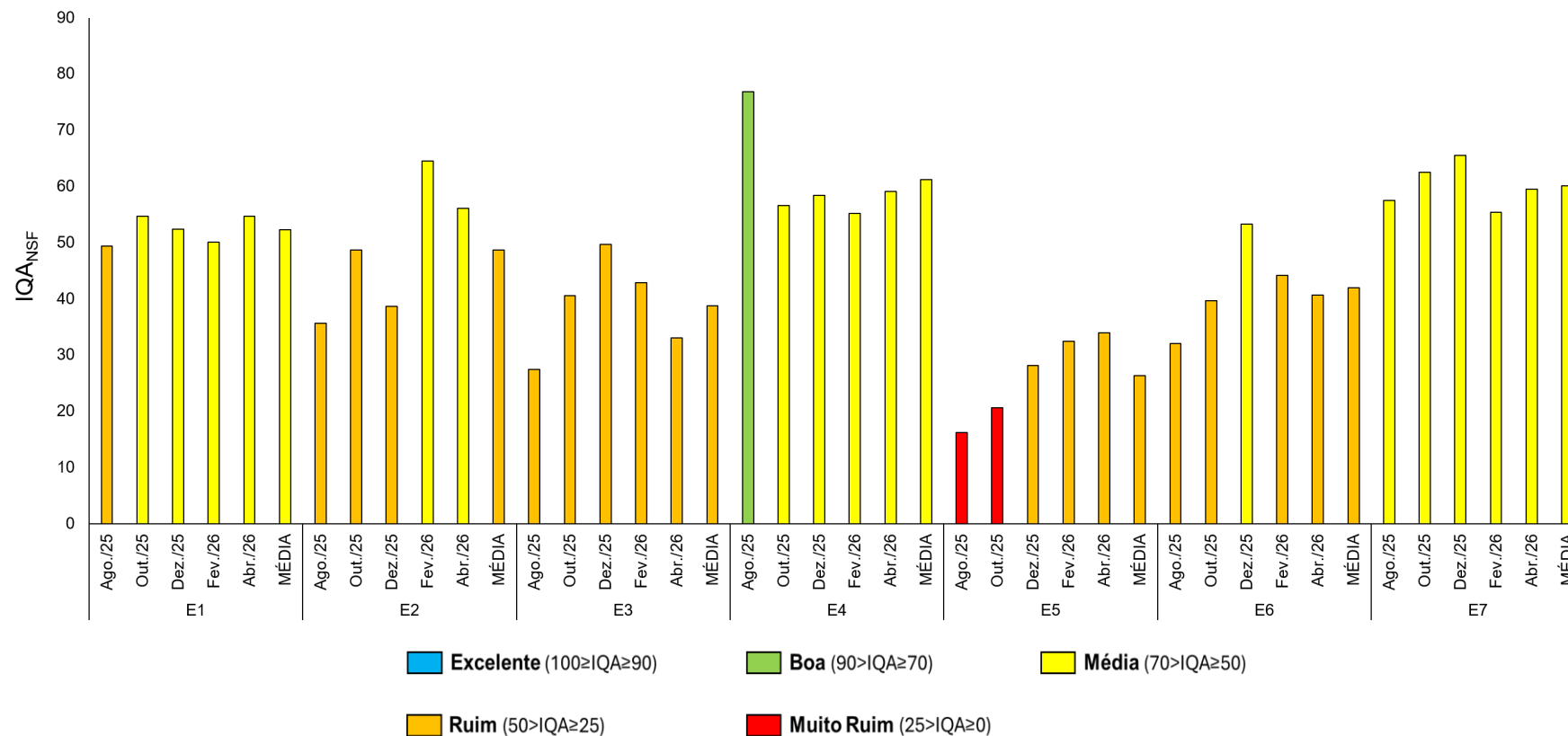
Também foi realizado um gráfico de evolução dos resultados das cinco campanhas para o IQA_{NSF}, incluindo a média desse índice para cada estação amostral (Figura 7-3). Diante dos resultados, nota-se que o ponto mais a montante da bacia hidrográfica do rio das Ostras, o rio Iriry (E4), obteve a maior média geral de resultados, com $61,24 \pm 8,84$, sendo também o único com uma classificação boa na campanha de ago./25, com 76,81 pontos. As principais variáveis relacionadas a essa classificação foram o OD, coliformes termotolerantes (maiores pesos nos dois IQA) e DBO. Nessa campanha (ago./25), os resultados da amostra do rio Iriry (E4) foram de 4,70 mg/L de OD, <1,8 NMP/100mL de coliformes e 7 mg/L de DBO, o que esteve provavelmente relacionado a sua localização mais afastada da área de intensificação urbana e ao período seco, em que aparentemente apresenta menor carreamento superficial, contribuindo para resultados melhores nessa localidade. Para as associações com a precipitação, vale considerar que, 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.

Outro resultado que chama atenção no IQA_{NSF} é o da estação amostral E3, situada no rio das Ostras, após o encontro dos rios Iriry e Jundiá. Todas as amostras dessa estação foram classificadas como ruins, o que levou a uma média geral de $38,76 \pm 8,67$. Houve um intenso aporte de efluentes não tratados ou parcialmente tratados nessas águas, considerando que todos os cinco resultados de coliformes termotolerantes foram ≥ 1.600 NMP/100mL. Considerando que os rios formadores do rio das Ostras, Iriry (E4), seu afluente (E1) e o rio Jundiá (E2), apresentaram resultados melhores que os do ponto E3, sugere-se que a contaminação esteja mais associada à região do entorno do que aos impactos trazidos a montante.

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), com o registro da menor média geral do monitoramento $26,31 \pm 7,66$ e sendo o único a apresentar classificações muito ruins (ago. e out./25). 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 carreados para E6, estação situada no rio das Ostras, a jusante da foz desse canal, contribuindo para as quatro classificações ruins observadas em ago. e out./25 e fev. e abr./26. No entanto, a maior contribuição marinha nessas águas favorece

a atenuação dos efeitos de poluição nessa estação. Pelas mesmas razões, a foz do rio das Ostras (E7) acabou registrando a segunda maior média do IQA_{NSF} , com $60,11 \pm 3,99$ e todas as amostras categorizadas como médias.

Figura 7-3. Resultados do IQA_{NSF} ao longo do período de monitoramento.



Fonte: Própria Autoria.

Com base na análise da Figura 7-2, Figura 7-3 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 três médias, no IQA_{CETESB} a maioria foi boa e regular, com apenas uma ruim. 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 índice, 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 indicadoras 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 4º 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	51,31	52,27
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	46,58	48,74
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	37,95	38,76
E4	Rio Iriry (na intersecção com a rodovia Engº Luiz Gonzaga Quirino Tannus)	61,75	61,24
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	27,14	26,31
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	40,73	42,01
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	60,45	60,11
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 dispostos 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 de Rio das Ostras (enquanto município); Empreendimentos no entorno de alguns rios.
Pressão	Ocupação urbana; Aumento da geração de efluentes e resíduos; 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; Resultados em desconformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/2005.
Exposição	Qualidade microbiológica das amostras analisadas; Ameaça à biodiversidade local e saúde humana.
Efeito	Ocorrência de doenças de veiculação hídrica; Processos de eutrofização; 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; 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; 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;	Poucos dados científicos na região de estudo.
Boletim Mensal Águas em Foco;	
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; 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; Processos de eutrofização nos corpos hídricos monitorados;

Fonte: Própria Autoria.

7.5 Matriz 5W2H

Considerando os resultados obtidos nas matrizes FPSEEA e SWOT e na dinâmica realizada no II Seminário de Saneamento Básico do CBH Macaé e das Ostras com os participantes do evento, foi elaborado um plano de ação estruturado através da Matriz 5W2H. Essa metodologia conta com a resposta à sete questões: O que? (What?), Por quê? (Why?), Onde? (Where?), Quando? (When?), Quem? (Who?), Como? (How?) e Quanto custa? (How Much?) (MACHADO, 2012) e está disposta na [Tabela 7-7](#).

Tabela 7-7 – Matriz 5W2H, elaborada coletivamente, com plano de ação estruturado para o município do Rio das Ostras.

Fraqueza	O quê?	Por quê?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?
Carência da cobertura do sistema de saneamento básico em todo o município de Rio das Ostras, com enfoque no esgotamento sanitário.	Ampliação da cobertura do sistema de saneamento básico em Rio das Ostras, com enfoque para o esgotamento sanitário, sistema de coleta e manejo de resíduos.	Redução do aporte de esgoto sanitário e descarte de resíduos sólidos urbanos na bacia hidrográfica do município e nos arredores; Regularização fundiária; Devido à falta de investimentos, projetos (elaboração), implementação das leis, conselhos, fiscalização e controle social (sociedade civil, associações e lideranças coletivas).	No município do Rio das Ostras.	Com a finalização do Plano Municipal de Saneamento Básico do Rio das Ostras (PMSBRO), previsto para 2027 e até a Agenda 2030.	Responsabilidade compartilhada por todos os atores, como a prefeitura do Rio das Ostras, a Rio+ Saneamento, o CBH Macaé e das Ostras e etc.	Através da ampliação da infraestrutura de coleta e tratamento de esgotos e da fiscalização da concessionária de tratamento contratada, das ligações clandestinas de esgoto e do descarte irregular de resíduos sólidos; Conselhos deliberativos municipais, os que tiverem estrutura e reativar; Fortalecimento de canais de ouvidoria; Transparência de comunicação; Agência reguladora; CBH como articulador; PMSBRO; Educação ambiental; Desburocratização de associações, agentes sociais, coletivas e lideranças dentro dos espaços de controle social.	Os custos deverão ser estimados no PMSBRO com auxílio dos órgãos competentes.
Ausência de mata ciliar no rio Iriry.	Apoio técnico e incentivo a boas práticas de agropecuária e implementação de sistemas agroflorestais (SAF); incentivo à preservação e restauração e/ou replantio das matas ciliares.	Para o equilíbrio do ecossistema; diminuir a contaminação dos corpos hídricos através do escoamento superficial; controlar a erosão do solo e o assoreamento dos rios.	Em áreas rurais e desmatadas situadas nas proximidades dos corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras.	A curto e médio prazo.	A prefeitura de Rio das Ostras, com o apoio técnico e normativo do INEA, do CBH Macaé e das Ostras e demais órgãos gestores competentes.	Através do pagamento ou incentivo aos serviços ambientais; oferta de cursos e oficinas sobre técnicas de manejo sustentáveis e de uma ação planejada de replantio das matas ciliares.	Os custos deverão ser estimados no PMSBRO com auxílio dos órgãos competentes.
Poucos dados científicos sobre a região de estudo.	Parcerias de pesquisas com universidades da região (tanto públicas, como o <i>campus</i> da UFF, quanto privadas).	Para expandir o conhecimento sobre a região, contemplando diversas frentes, aproximar a população desse campo de pesquisa e auxiliar os próprios agrônomos locais.	Nos corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras e nas regiões mais próximas deles.	A curto, médio e longo prazo.	Prefeitura, Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras e Universidades.	Através de projetos de mestrado, doutorado, além de projetos de extensão, como por exemplo: a relação do aporte de nutrientes x análise fitoplanctônica, a relação da intrusão salina com as mudanças climáticas (aumento do nível do mar) e impactos físico-químicos e biológicos, o uso de inseticidas naturais (extratos de plantas) ou biológicos no lugar de inseticidas químicos sintéticos, avaliando efeito e impactos.	Os custos deverão ser estimados pelos agentes competentes.

Fraqueza	O quê?	Por quê?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?
Uso e ocupação irregular do solo.	Planejamento urbano municipal, com um Plano Diretor participativo, com a ampliação do acesso à moradia regular; Zoneamento urbano/econômico-costeiro e fiscalização urbanística e ambiental.	Para garantir a segurança da moradia através do aprimoramento do planejamento urbano; Redução do impacto econômico, socioambiental e de desastres; Desenvolvimento sustentável e adequação à Agenda 2030.	No município do Rio das Ostras.	Urgente: revisão do Plano Diretor; A curto prazo: zoneamento urbano e fiscalização de forma contínua.	Prefeitura, por meio da Secretaria Municipal de Manutenção da Infraestrutura Urbana e Obras Públicas – SEMOP; sociedade civil e Governo estadual/CBH Macaé Ostras.	Fortalecimento e facilitação do controle social; Criar um grupo de trabalho multissetorial para elaboração do zoneamento; Fortalecimento de parceria e realização de concursos públicos.	Os custos deverão ser estimados pelos agentes competentes.



8 OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante dos resultados de todas as campanhas realizadas no quarto ano de monitoramento, nota-se que a qualidade da bacia hidrográfica do rio das Ostras sofre principalmente influência das marés, mas também da dinâmica de chuvas. 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 praticamente todas as estações monitoradas, retratam as condições do entorno das áreas amostradas e podem ser 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 do 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 às concentrações elevadas de nutrientes, como o nitrogênio total, e a proliferação de macrófitas no rio Jundiá (E2), sugere-se a ocorrência de eutrofização nesse corpo hídrico. Além disso, no canal das Corujas (E5) também foram registradas altas concentrações de nutrientes que podem favorecer processos de eutrofização. Nesse sentido, sugere-se a adição da análise de fitoplâncton no monitoramento, a fim de entender se esse processo está realmente acontecendo em E5, além da análise de ecotoxicologia, no intuito de avaliar os impactos sobre a biota, especialmente no rio Jundiá (E2), que já se encontra eutrofizado. 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.

Em relação ao pH, considerando que a estação amostral do rio Jundiá (E2) já chegou a registrar 4,04 em abr./26 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.

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://abr.h.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.

CENTRO DE HIDROGRAFIA MARINHA (CHM). **CHM: Tábuas das Marés**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/dados-de-mare-mapa>. Acesso em: 13 maio 2026.

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://comitemacaeostras.org.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)**. 2023a. 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 Técnico Parcial IV)** 2023b. Disponível em: https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2023/07/Relatorio_CILSJ-RO_Oceanus_C2_rev01_jan_mar.pdf. Acesso em: 19 maio 2026.

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.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS (CBH Macaé Ostras). **Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade da Bacia do Rio das Ostras (Relatório Consolidado Final 03)**. 2025. Disponível em: https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2022/10/20250801121151_15JPEER60T0_Relatorio_CILSJ-RO_Oceanus_final_rev02-1.pdf. Acesso em: 19 maio 2026.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS (CBH Macaé Ostras). **Sobre**. Disponível em: <https://comitemacaeostras.org.br/sobre/>. Acesso em: 30 abr. 2026

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://www.cetesb.sp.gov.br/cetesb/qualidade_ambiental/agua/aguas_interiores/publicacoes_e_relatorios. 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.

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. J. 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

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

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

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.

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.

GOMES, M. L. M. Ocupação Urbana de Rio das Ostras: Elementos Definidores e os Impactos nos Recursos Hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, 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 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: Tabela de Dados das Estações**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em 15 maio 2026.

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.

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_PESQ_UISA/XVI_forum_de_pesquisa.206.pdf. Acesso em: 16 ago. 2024.

MACHADO, S.S. **Gestão da qualidade**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. Disponível em: https://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prd_industr/tec_acucar_alcool/161012_gest_qual.pdf. Acesso em: 28 ago. 2025.

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.

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

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

OMER, N. H. **Water Quality Parameters**. In: SUMMERS, J. K. Water Quality – Science, Assessments and Policy. Londres: IntechOpen, 2020. cap. 1, p. 1-18. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/7718>. Acesso em: 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_mu/links/607d7cbf881fa114b4119356/Determinacao-da-qualidade-da-agua-superficial-e-sua-compatibilidade-com-os-multiplos-usos-estudo-decaso-do-estuario-do-rio-Caraiva-Determination-of-surface-water-quality-and-its-compatibility-withmu.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.

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/kpzVhzFFCk3zxZFfVFXPvZG/#>. 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.

VENTURA, K. S.; SUQUISAQUI, A. B. V. Aplicação de ferramentas SWOT e 5W2H para análise de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos urbanos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 333-349, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000100378>. Acesso em: 04 jun. 2026.

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 (Guaatã 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.

WEATHER UNDERGROUND (WU). **WU: Est. meteorológica 5º LERIEPE LAMET -UEN – IRIODA12.** Disponível em: <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IRIODA12>. Acesso em: 13 maio 2026.

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.

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