

Relatório Técnico Parcial VI

Revisão 01
Referência: Agosto de 2023

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger*	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* viviane@oceanus.bio.br	CREA/RS n° 195090
Silvia Lisboa de Araujo**	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos projetos@oceanus.bio.br	CRBio n° 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br	CRQ/RJ n° 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br	CRBio n° 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br	CRBio n° 78165/02-D
Rafaela dos Santos Costa**	Dra. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, graduada em Ciências Biológicas projetos04@oceanus.bio.br	-
Roberta Guarany Oberlaender	Mestre em Planejamento Ambiental, graduada em Ciências Biológicas projetos01@oceanus.bio.br	CRBio n° 96578/02-D-
Debora Costa	Supervisora de Logística deboracosta@oceanus.bio.br	-
Thalles Barreto de Abreu	Coordenação de Campo coletas@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).

**Principais contatos 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	20/10/2023	Emissão original	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
01	22/11/2023	Revisão	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	

Índice Geral

1	Introdução	5
2	Objetivo geral	6
3	Objetivos específicos	6
4	Áreas de Estudo.....	7
4.1	Rio Iriri.....	8
4.2	Rio Jundiá	9
4.3	Valão das Corujas	10
4.4	Rio das Ostras	11
4.5	Pontos amostrais	12
5	Metodologia.....	14
5.1	Análise dos Resultados.....	16
5.1.1	Índice de Qualidade de Água (IQA).....	17
5.1.2	Análises estatísticas.....	20
6	Resultados e discussão.....	21
6.1	Análise físico-química e biológica.....	21
6.1.1	Precipitação	21
6.1.2	Temperatura	23
6.1.3	Salinidade	23
6.1.4	Condutividade	25
6.1.5	Sólidos totais.....	26
6.1.6	Turbidez.....	27
6.1.7	pH	28
6.1.8	Oxigênio dissolvido	29
6.1.9	DBO	30
6.1.10	Fósforo total.....	31
6.1.11	Nitrogênio total.....	33
6.1.12	Coliformes termotolerantes	34
7	Diagnóstico da atual campanha	36
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	37
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	40
8	Observações gerais	42
	Referências	43
	Anexos	46

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, onde 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; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2022).

A realização desse monitoramento fundamenta-se já que tecnicamente há poucos estudos realizados quanto à análise de água do rio das Ostras, portanto o presente projeto contribui para o estabelecimento de diagnóstico da qualidade da água ao utilizar parâmetros indicadores (biológicos, físicos e químicos) padronizados por entidades especializadas com metodologia específica, que servirá de informação para qualquer ação de gerenciamento, proteção ou de recuperação de um sistema hídrico.

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

2 Objetivo geral

Analisar, monitorar e diagnosticar a qualidade da água com disposição para agregar informações aos bancos de dados da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras.

3 Objetivos específicos

Como objetivos específicos têm-se:

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

4 Áreas de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras faz parte da Região Hidrográfica VIII (RH VIII), possui 157 Km² de área, em que 92,5% pertencem ao município de Rio das Ostras e 7,5% ao município de Casimiro de Abreu. A bacia está localizada entre as coordenadas paralelas 22°20' e 22°35' Sul e os meridianos 41°45' e 42°05' Oeste, abrangendo a região conhecida como as baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, localizando-se na faixa costeira central-norte do Estado. Apresenta suas nascentes no complexo de serras isoladas, situadas na região de Cantagalo (JARDIM, 2020). É caracterizada por ter várias áreas de inundações e grande influência de marés sobre o rio, com entrada salina até o trecho em que o Valão das Corujas desemboca na foz do rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). Ao longo da bacia são observadas pastagens, alagados e uma área de manguezal protegida por regulamentações estaduais e federais (BARROSO, 2016).

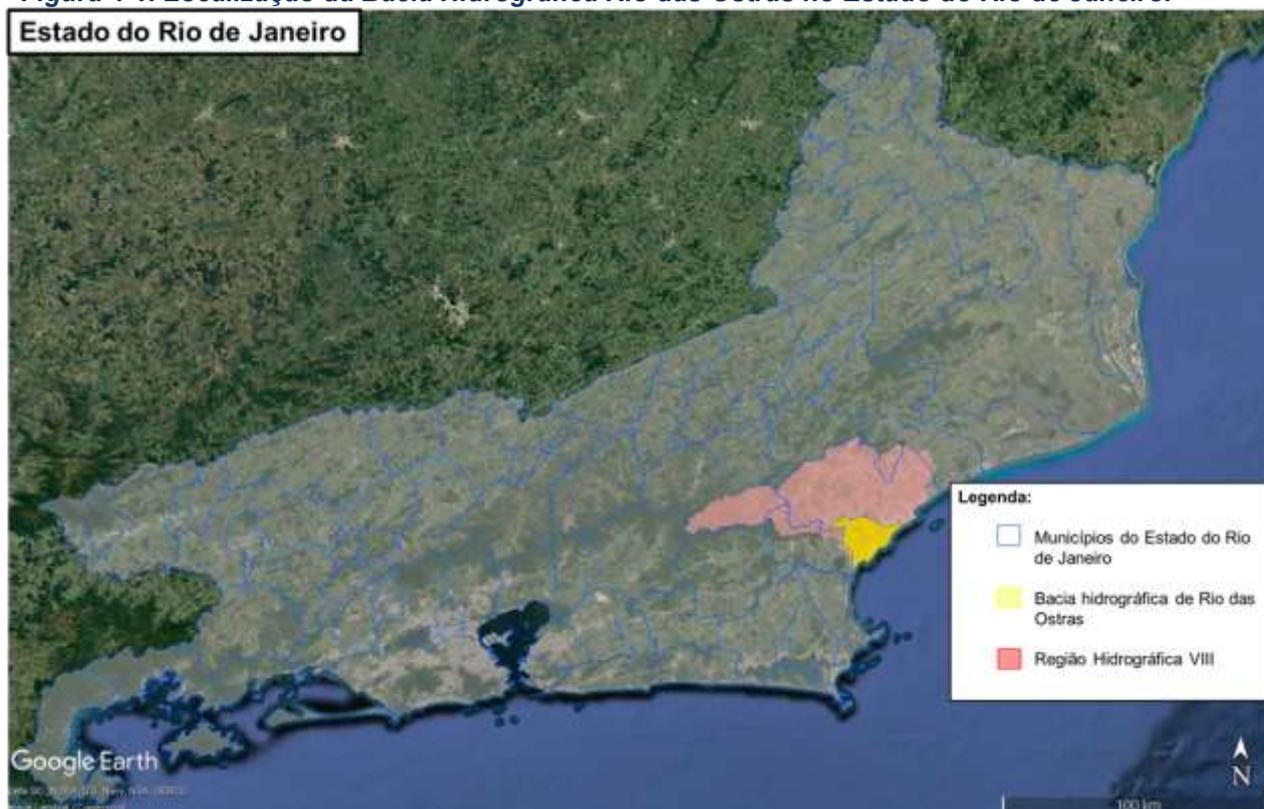
Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, há a ocorrência de duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm) 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 (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

De acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), a RH Macaé e das Ostras apresenta clima tropical úmido (Aw) nas porções dos médios e baixos cursos dos seus rios, e clima tropical de altitude com verões quentes (Cwa) na porção dos altos cursos do rio Macaé e de seus afluentes pela margem esquerda. O levantamento prévio realizado para a região apresenta uma temperatura média anual de 23,2 C na parte baixa da RH e 18,1 C na parte alta da RH (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS 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 (Figura 4-1).

O rio das Ostras é um corpo hídrico meandrante, formado pela confluência dos rios Iriri (porção oeste) e Jundiá (porção leste) e percorre, aproximadamente, no sentido noroeste-sudeste, 30 km até sua foz, na Boca da Barra. Em sua foz há intensa modificação do curso original, uma vez que passa por trecho com alto grau de urbanização, com a presença de áreas de várzea e mangue aterradas e grandes trechos retificados (GOMES,2009).

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



4.1 Rio Iriri

O rio Iriri possui cerca de 9,3 km de comprimento e nasce em altitudes superiores a 300 m entre as serras de Jundiá, Seca e Careta. 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 Iriri tem mostrado sinais de degradação, como em Rocha Leão, em que apresenta leito arenoso e margens erodidas sem proteção. Cabe salientar que, por conta de atividades de pecuária e agricultura, alguns trechos do rio foram retificados e houve a remoção de partes da mata ciliar (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS, 2004).

Os rios Iriri 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 (Figura 4-2).

Figura 4-2 Coleta realizada no afluente do rio Iriri.



4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude. Com características bem diferentes do rio Iriri, o rio Jundiá apresenta leito pedregoso e águas claras. Entretanto, esse rio apresenta as margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão (Figura 4-3). Em

torno desse rio existem problemas associados à ocupação irregular, despejo irregular de esgoto e lixo. Em determinados trechos do rio, a vegetação foi removida para atividades de pecuária, agricultura e moradias (GOMES, 2009).

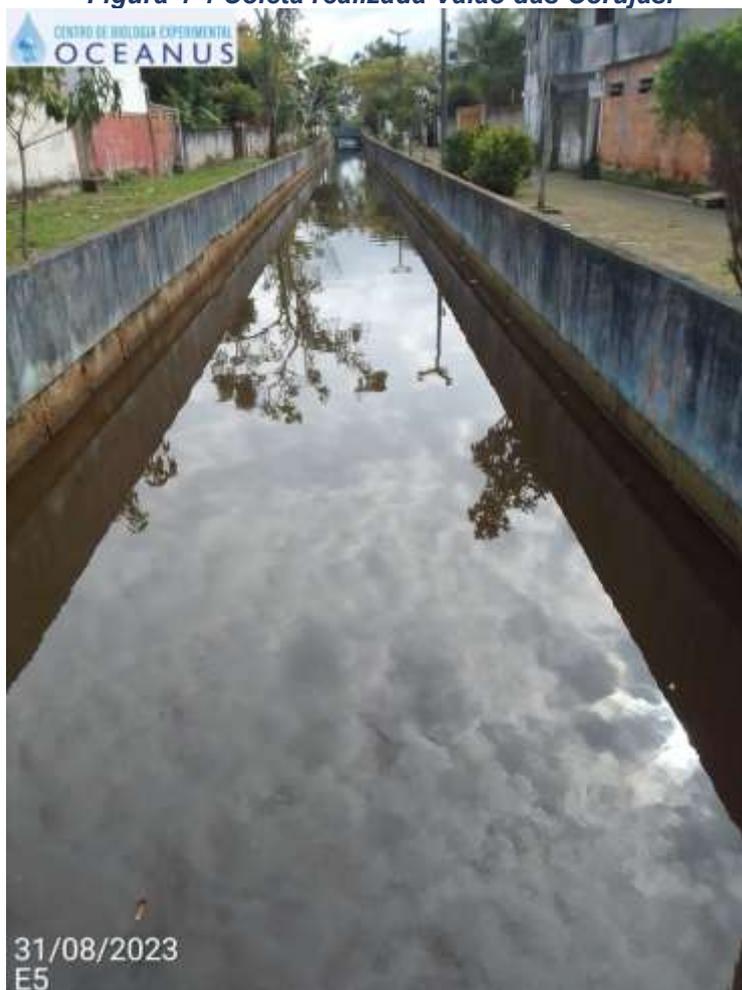
Figura 4-3 Coleta realizada no rio Jundiá.



4.3 Valão das Corujas

O Valão das Corujas 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 valão (canal) apresenta 5 m de largura e pequena profundidade com baixa energia. O canal se caracteriza como área deposicional de areias e argilas, e, principalmente, material antrópico de diversos matizes, o que acarreta seu assoreamento. Com grau de degradação avançada, o canal apresenta histórico de ocorrência de extravasamentos, o que gera riscos à população da região (Figura 4-4). Problemas com odores, poluição e enchentes são verificados na população que mora em torno desse valão (PRIOSTE, 2007).

Figura 4-4 Coleta realizada Valão das Corujas.



4.4 Rio das Ostras

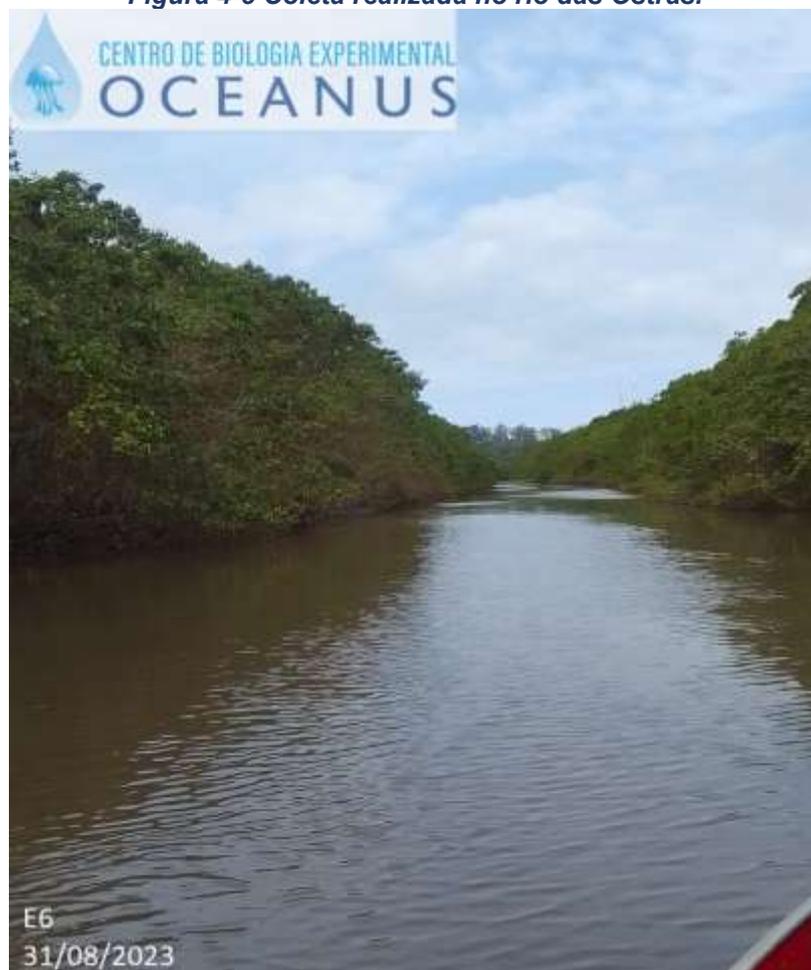
O rio das Ostras nasce da confluência entre os rios Iriri e Jundiá, possui 77 km² de área de drenagem e percorre cerca de 30 km no sentido noroeste-sudeste até a sua foz junto à Boca da Barra. O curso hídrico possui influência antrópica, principalmente na sua foz, que possui margens estreitas (10 m) e profundidade de 30 cm na maré baixa (Figura 4-5).

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

Os trechos do rio situados em áreas urbanas sofrem com diferentes tipos de ocupações, como espontâneas, loteamentos legais e clandestinos. Por conta desses

processos, parte do manguezal foi aterrado e a vegetação nativa foi suprimida (GOMES, 2009).

Figura 4-5 Coleta realizada no rio das Ostras.



4.5 Pontos amostrais

Foram coletadas amostras de água superficial em 7 (sete) pontos distintos na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras, conforme o Quadro 4-1 e a Figura 4-6, como destacado no Termo de Referência. Em água superficial foram medidos 11 parâmetros, que são melhor descritos posteriormente. Em relação ao fundo, foram avaliadas a salinidade e a condutividade.

Devido a uma manutenção da ponte que fica em torno do ponto 7, essa estação amostral precisou ser realocada, conforme consta na cadeia de custódia (ANEXO 4).

Quadro 4-1 – Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências, profundidade e largura.

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Largura (Termo de Referência) (m)	Profundidade (agosto) (m)
		E	N		
E1	Rio Iriri, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	195528	7511037	8	0,98
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1.37
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá	197047	7508962	20	1,75
E4	Rio Iriri, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,23
E5	Valão das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	5	0,81
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas	197705	7507689	25	1,80
E7*	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,60

Legenda: *Ponto E7 realocado.

Figura 4-6. Localização dos pontos de coleta para monitoramento e as coordenadas em UTM.



5 Metodologia

A campanha foi realizada no dia 31/08/2023, com execução das coletas e análises das amostras pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus, acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (ANEXO 1) e INEA CCL N° IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA n° 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações destinadas a cada local onde foram realizadas as amostragens, em observância às Normas Regulamentadoras – NR 6 (Equipamento de Proteção Individual – EPI) e NR 17 (Ergonomia).

A localização dos pontos foi realizada a partir das informações fornecidas pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João, e o registro fotográfico de cada localidade pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com o uso de um balde de plástico e os parâmetros físico-químicos da água como condutividade, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura da água e do ar, turbidez e condutividade foram obtidos *in situ*, com o auxílio de uma sonda multiparâmetros (MPM 012 HANNA HI98194) previamente calibrada, como ilustrado na Figura 5-1.

Figura 5-1. Figura ilustrativa da utilização do balde de plástico e sonda multiparâmetro.



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

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

Ao todo foram analisados 11 (onze) parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial em todos os pontos de coleta, conforme o Quadro 5-1, cujos laudos laboratoriais podem ser encontrados no ANEXO 5.

Quadro 5-1 - 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	
Coliformes termotolerantes	X	
Nitrogênio Total	X	
Oxigênio Dissolvido	X	
Salinidade	X	X
Condutividade	X	X
Temperatura	X	
Sólidos Totais	X	
Turbidez	X	

As metodologias das coletas e análises físico-químicas e microbiológicas, descritas no Quadro 5-2, 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 5-2. 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
Nitrogênio Total	mg/L	ASTM D5176-08
Oxigênio Dissolvido	mg/L	SMWW 4500-O G
pH	N.A.	SMWW 4500-H B
Condutividade:	µS/cm	SMWW 2510 B
Salinidade	‰	SMWW 2520 B
Sólidos Totais	mg/L	SMWW 2540 B
Temperatura	°C	SMWW 2550B
Turbidez	UNT	SMWW 2130B

5.1 Análise dos Resultados

Os resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água avaliados por este Programa de Monitoramento dos Corpos Hídricos foram comparados com as normativas estabelecidas na Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005). Sendo considerados os limites estabelecidos para a Classe 2, quando a estação for classificada como Água Doce e Classe 1 para Águas Salobras e Salinas, devido à influência da maré na bacia do rio das Ostras.

Os dados foram analisados de maneira integrada, levando em consideração o entorno dos pontos selecionados, bem como a precipitação acumulada durante os quinze dias que antecedem a data da coleta, a partir de dados oficiais disponibilizados pelo INMET (2023) para a estação de Macaé (CEMADEM – A608). A partir dos dados meteorológicos obtidos, foram calculadas médias para a temperatura do ar e soma da precipitação do referido período.

Além da obtenção de dados primários, foram realizadas comparações com dados pretéritos do corpo hídrico analisado, com outros trabalhos de monitoramento correlatos, em uma análise crítica/científica das informações adquiridas no monitoramento específico e de dados secundários. Também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) que será detalhado no próximo tópico.

5.1.1 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. No Brasil, começou a ser utilizado em 1975 pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

O índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são, em sua maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

O IQA é composto por nove parâmetros apresentados no Quadro 5-3, cujos respectivos pesos (w) foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água. Tendo em vista que os pesos (w) das variáveis podem variar de acordo com o Estado, para esse programa de monitoramento será utilizado a ponderação estabelecida pela *National Sanitation Foundation* (NSF) que é o padrão do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA). Essa padronização dos pesos permite a comparação entre as informações obtidas e as informações disponibilizadas nos Boletins do órgão.

Quadro 5-3 Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA e respectivos pesos.

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

Legenda: *Para o referido projeto será utilizado o parâmetro fósforo total.

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 5-2. Para cada variável, foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração a uma nota (q_i), pontuada de zero a 100.

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

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

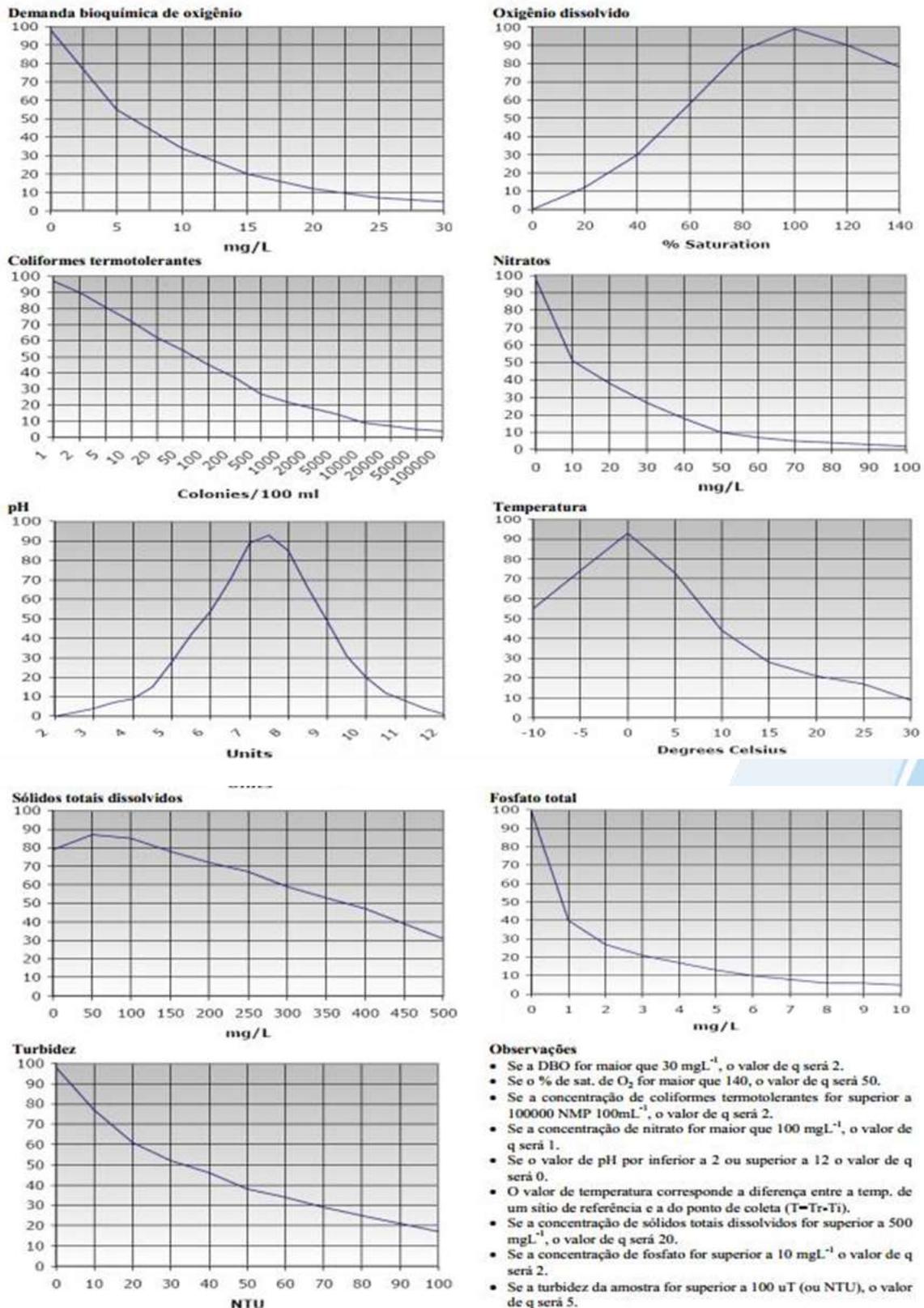
Sendo:

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

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

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

Figura 5-2 Curvas de avaliação de qualidade dos parâmetros que compõem o IQA.



Fonte: INEA (2019).

O Quadro 5-4 apresenta as categorias e faixas de qualidade de água para os resultados obtidos pelo cálculo do IQA. A memória de cálculo é apresentada no ANEXO 6.

Quadro 5-4. Faixas de classificação do IQA.

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

Cabe destacar que, embora a avaliação da qualidade da água pelo índice de IQA seja amplamente utilizada, esse indicador apresenta limitações, já que sua análise não contempla alguns parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (por exemplo: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

5.1.2 Análises estatísticas

Uma análise integrada dos resultados será apresentada neste documento, com a apresentação dos resultados em gráficos. Adicionalmente, os resultados serão avaliados de acordo com o uso do solo do entorno da bacia hidrográfica e em conjunto com os dados meteorológicos e de maré durante os dias da campanha. Ainda, com o objetivo de avaliar e entender quais são os principais parâmetros que contribuem para a qualidade da água, a avaliação apresentará uma Análise de Componentes Principais (PCA), técnica de estatística multivariada utilizada para analisar a interrelação entre as variáveis.

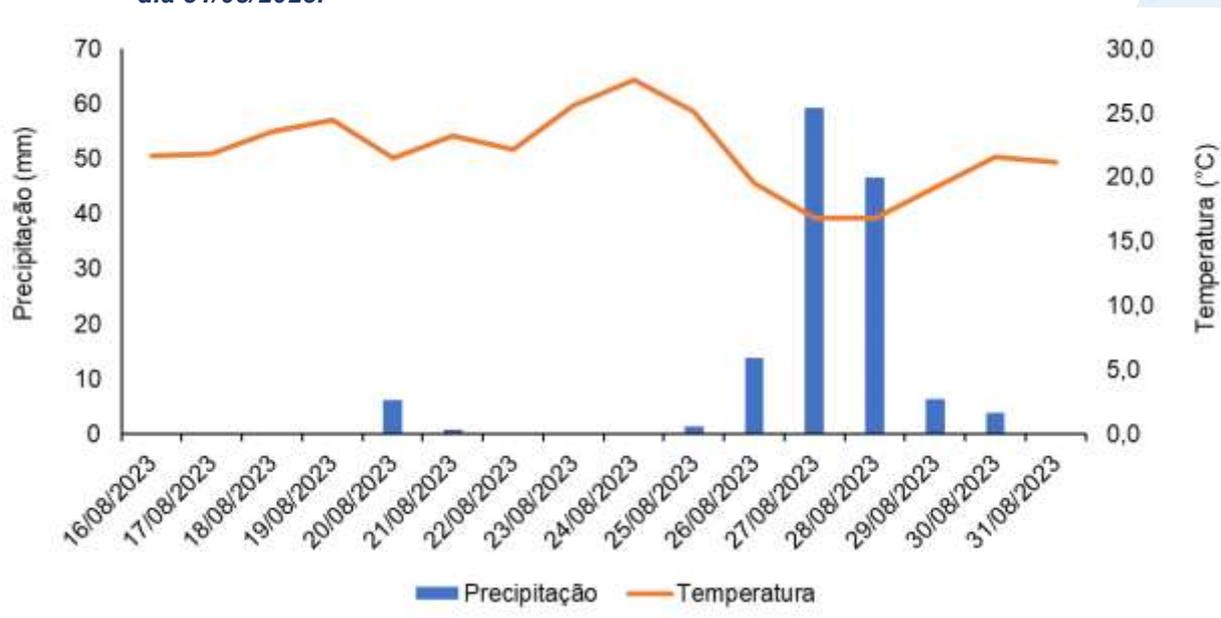
6 Resultados e discussão

6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos quinze dias que antecederam a coleta indicaram uma média de temperatura de 22,0°C e precipitação acumulada de 138,8 mm (Figura 6-1), sugerindo valores de chuva extrema (>50,0 mm), segundo estudos prévios que descrevem a classificação do INMET (SILVA; FRANCA, 2021).

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas do dia 31/08/2023.



Os resultados obtidos para a campanha de agosto de 2023 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 podem ser vistos nas Tabela 6-1.

Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados para a coletas do dia 31/08/2023.

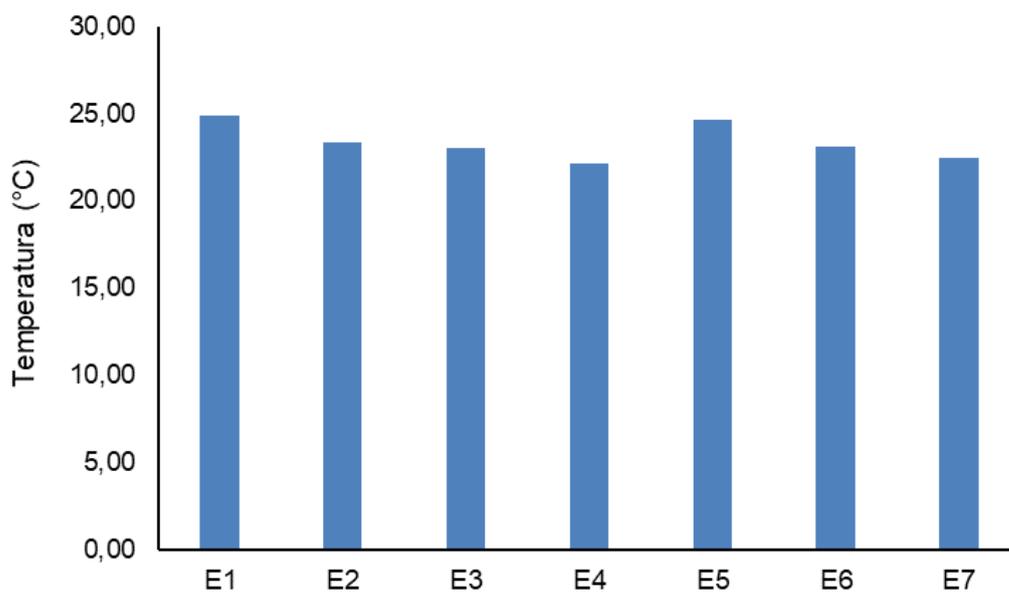
Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	
E1	31/08/2023	Sup	0,06	130,0	130,0	30,1	6,59	24,92	1,45	10,0	0,02	0,5	79,0	
		Fun	0,06	130,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E2		Sup	0,13	273,0	208,0	16,4	6,33	23,33	3,29	10,0	0,03	0,9	23,0	
		Fun	0,12	270,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3		Sup	0,12	249,0	188,0	35,0	6,15	23,00	5,33	9,0	0,03	0,6	920,0	
		Fun	0,12	250,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E4		Sup	0,04	94,0	18,0	25,8	6,45	22,10	2,22	9,0	0,03	0,9	220,0	
		Fun	0,04	94,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5		Sup	0,39	799,0	538,0	23,8	6,30	24,68	3,10	11,0	0,17	2,8	>1600,0	
		Fun	0,39	798,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E6		Sup	0,17	362,0	250,0	49,2	6,29	23,10	6,26	10,0	0,04	0,7	350	
		Fun	0,17	360,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E7		Sup	29,33	45210,0	35072,0	20,3	7,00	22,42	4,31	6,0	0,04	0,3	540,0	
		Fun	29,3	45197,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2	0,5	-	-	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1	<2,18 (para ambiente lótico)	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*		
	Águas Salobras Classe 1	0,5-30	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	-		
	Águas Salinas Classe 1	≥30	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	-		

6.1.2 Temperatura

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

Os valores de temperatura da água variaram entre 22,10°C (E4) e 24,92°C (E1). A variação desse parâmetro foi observada, de maneira geral, tanto nas amostras dos pontos E1 a E4 situados na região a montante do rio das Ostras, quanto na região a jusante, onde diferenças significativas foram observadas nas amostras de E5 a E7 (entre 22,42°C e 24,68°C) (Figura 6-2).

Figura 6-2 Resultados de temperatura da campanha realizada em agosto de 2023.



6.1.3 Salinidade

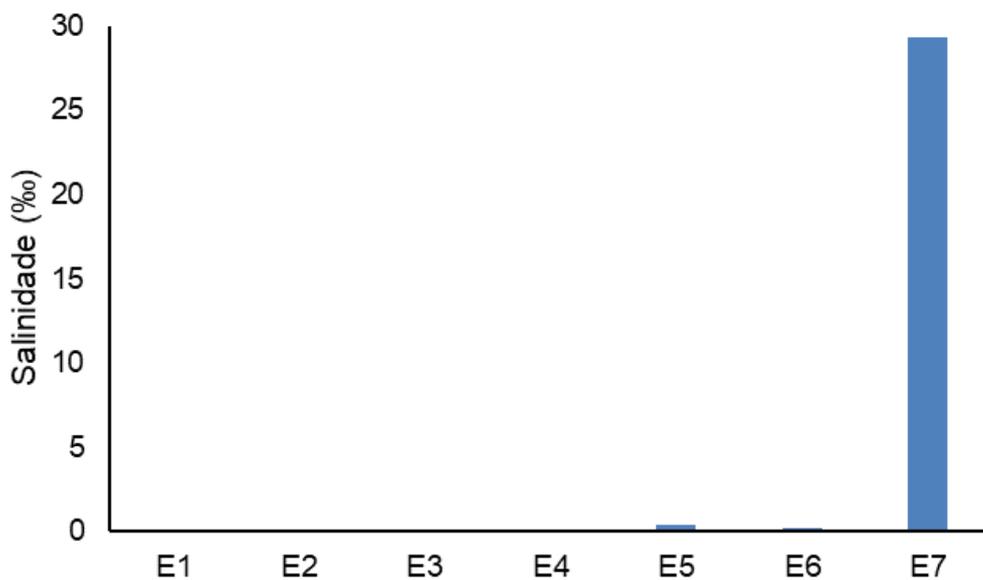
Em ambientes marinhos, os sais correspondem a maior parte dos elementos dissolvidos na água do mar, logo, a salinidade representa a quantificação do total de substâncias dissolvidas na água do mar. Sua escala se dá em grama por quilograma (g/kg) ou partes por mil (ppt ou ‰). As águas oceânicas possuem salinidade entre 33 e 37‰, enquanto águas consideradas doces possuem menos de 0,05‰ (LIBES, 2009).

A salinidade registrada na campanha de agosto variou de 0,04‰ em E4, a 29,33‰ na estação E7 (superfície). Para essa campanha pode-se observar que os menores valores desse parâmetro foram registrados principalmente nas estações amostrais localizadas no rio Iriri.

Como pode ser observado nas Tabela 6-1 e Figura 6-3, não há grandes diferenças entre a salinidade detectada na superfície e no fundo dos pontos amostrais, sugerindo a presença de massas d'água homogêneas.

Na presente campanha, com base nos valores reportados de salinidade, as águas analisadas nas estações E1 até E6 foram comparadas com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Já nas amostras analisadas em E7, os resultados obtidos foram equiparados com o estabelecido pela normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1. Vale salientar que a estação E7 está situada na foz do rio, na região estuarina e apresenta uma maior influência marinha em relação aos demais pontos amostrais.

Figura 6-3 Resultados de salinidade da campanha realizada em agosto de 2023.



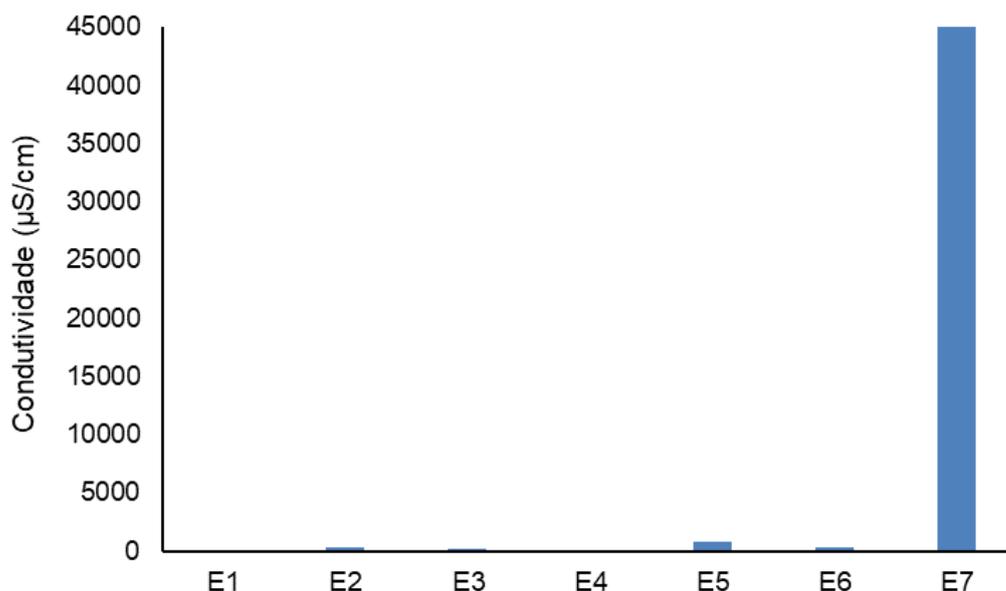
6.1.4 Condutividade

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

A condutividade também apresentou uma variação espacial. Os valores registrados na superfície variaram de 94 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nas águas analisadas em E4 a 45210,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E7. Os menores valores desse parâmetro foram reportados nas águas analisadas nos pontos localizados a montante da formação do Rio das Ostras, e o aumento desse parâmetro é observado a partir da estação E5 até E7, onde foi registrado o maior valor de condutividade.

De forma análoga à salinidade, as amostras analisadas de superfície e fundo não apresentaram diferenças significativas de condutividade (Tabela 6-1e Figura 6-4). O que comprova que a profundidade dos corpos hídricos analisados não interferiu nos resultados obtidos e reforça a relação entre condutividade e salinidade, uma vez que a salinidade é calculada a partir dos resultados de condutividade.

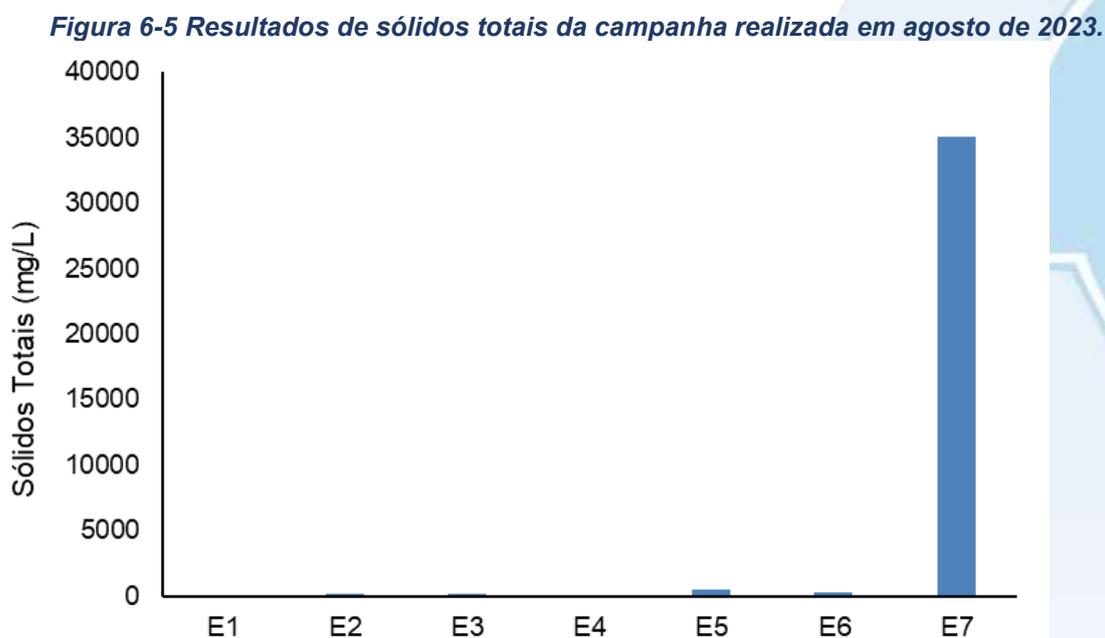
Figura 6-4 Resultados de condutividade da campanha realizada em agosto de 2023.



6.1.5 Sólidos totais

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

Em relação aos sólidos totais, a menor concentração desse parâmetro foi observada nas águas analisadas em E4, registrando 18 mg/L (Figura 6-5). Já o maior valor registrado foi de 35072 mg/L na amostra da estação amostral E7. Acredita-se que a influência das atividades urbanas próximas à estação E7 pode ter colaborado para as altas concentrações encontradas. Ressalta-se que na Resolução CONAMA 357/05 não há limites estabelecidos para esse parâmetro.



6.1.6 Turbidez

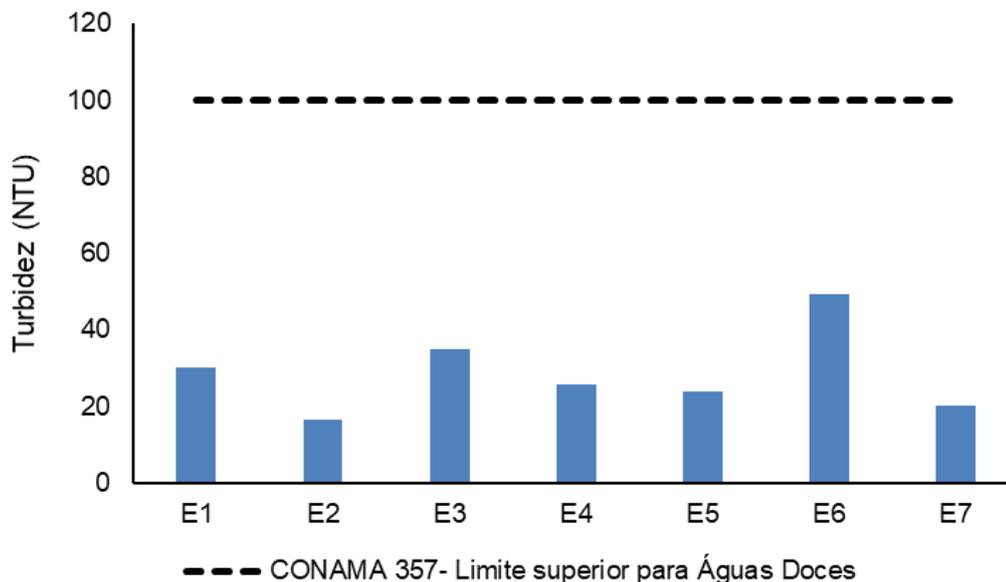
A turbidez pode ser definida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão. Logo, em águas turvas, a luz apresentará uma maior dificuldade de passagem. Esse parâmetro é medido em UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez). As principais influências sobre a turbidez da água são a presença de matérias sólidas em suspensão, como silte e argila, por exemplo, matéria orgânica e inorgânica e organismos microscópicos (por exemplo: zooplâncton, fitoplâncton). Por reduzir a penetração da luz, prejudica o processo de fotossíntese, afetando o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

Em relação à turbidez, as análises das águas da presente campanha, não apresentaram um padrão específico para esse parâmetro. O menor valor de turbidez foi de 16,4 NTU na água analisada do ponto E2 e a maior foi de 49,2 NTU reportado na amostra de E6 (Figura 6-6). Os resultados obtidos nas águas da estação E6, podem estar relacionados com o uso e ocupação irregular do solo no entorno e a influência do processo de erosão do solo sobre a qualidade hídrica.

Os resultados obtidos para turbidez da presente campanha estão dentro do limite estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT). Ressalta-se que para águas salobras e salinas, não há descrito na normativas supracitados valores de referência.

Outro fator que merece destaque para esse parâmetro, é que de maneira geral, observou-se um aumento da turbidez quando equiparado a dados históricos reportados em 2003, onde a variação desse parâmetro era de 8,4 NTU a 13,10 NTU para os mesmos pontos amostrais contemplados no presente monitoramento (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Figura 6-6 Resultados de turbidez da campanha realizada em agosto de 2023.



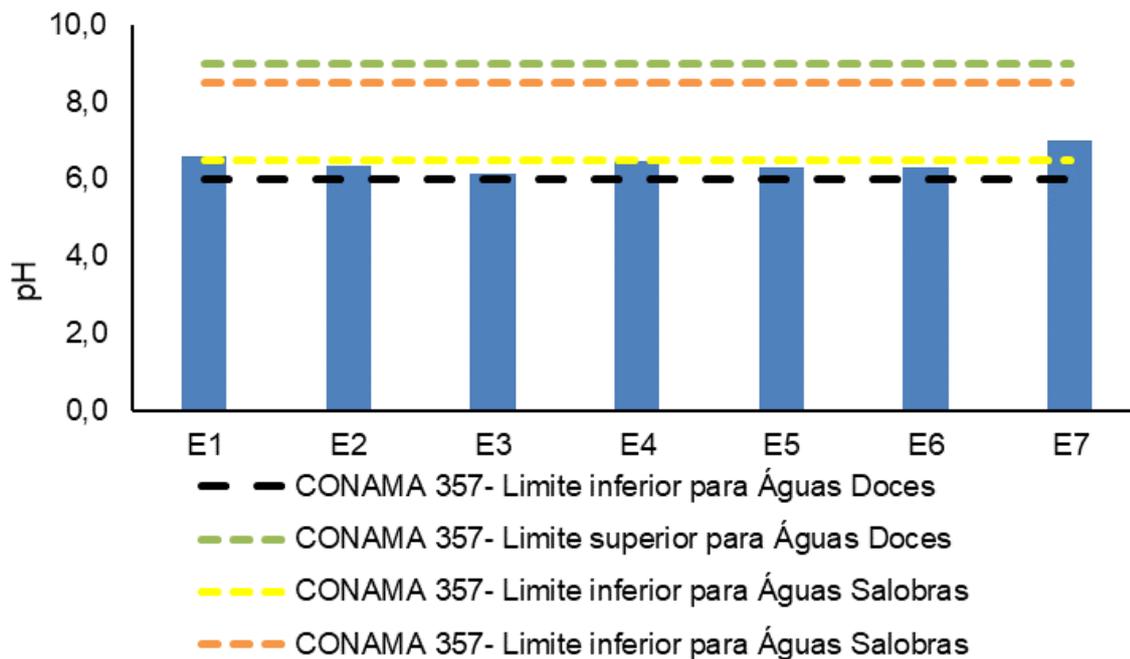
6.1.7 pH

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).

No tocante ao pH, foi observada uma variação entre 6,15 na amostra de E3 a 7,00 nas águas analisadas em E7 (Figura 6-7). Diferentemente das demais campanhas de monitoramento realizadas, não foi possível observar um padrão espacial desse parâmetro.

No que se refere aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. As amostras de E1 até E6 ficaram em conformidade no que está previsto para Águas Doces Classe 2, e o mesmo ocorreu nas águas analisadas em E7 com valores coerentes com o limite estabelecido para Águas Salobras Classe 1.

Figura 6-7 Resultados de pH da campanha realizada em agosto de 2023.



6.1.8 Oxigênio dissolvido

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

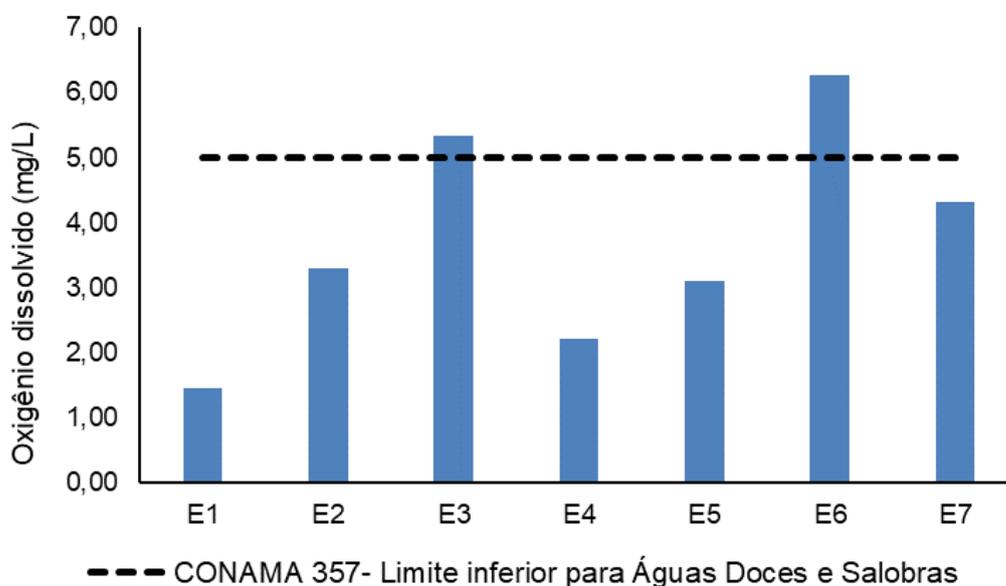
A concentração de oxigênio dissolvido indicou uma variação de 1,45 mg/L na amostra de E1 a 6,26 mg/L, nas águas analisadas na estação amostral E6 (Figura 6-8). Quando comparado os valores obtidos com a Resolução CONAMA nº 357/2005, observa-se que para Águas Doces Classes 2, somente as amostras de E3 e E6 apresentam concentrações dentro do estipulado (>5mg/L). As águas do ponto E7, classificado como Águas Salobras Classe 1, também não está em conformidade com o estabelecido pela normativa.

Os resultados obtidos indicam uma alta inserção de matéria orgânica nos sistemas, influenciando na degradação da qualidade hídrica. Cabe salientar que estudos pretéritos também reportaram baixas concentrações de oxigênio dissolvido nos mesmos pontos do

presente monitoramento, variando de 4,1 a 4,8 mg/L. O que reforça a ocorrência do lançamento de efluentes sem tratamento, reduzindo o OD, que é consumido em processos bioquímicos e colocando em risco a biota e a população que necessita dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos corpos hídricos monitorados (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Um outro fator que merece destaque é que segundo a literatura, valores de OD abaixo de 2mg/L, leva a uma condição denominada hipóxia, que pode levar a mortalidade de animais (DIAZ, 2001). Concentrações de OD abaixo do valor supracitado foram observadas nas águas de E1, o que merece uma atenção nos monitoramentos futuros.

Figura 6-8 Resultados de OD da campanha realizada em agosto de 2023.



6.1.9 DBO

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

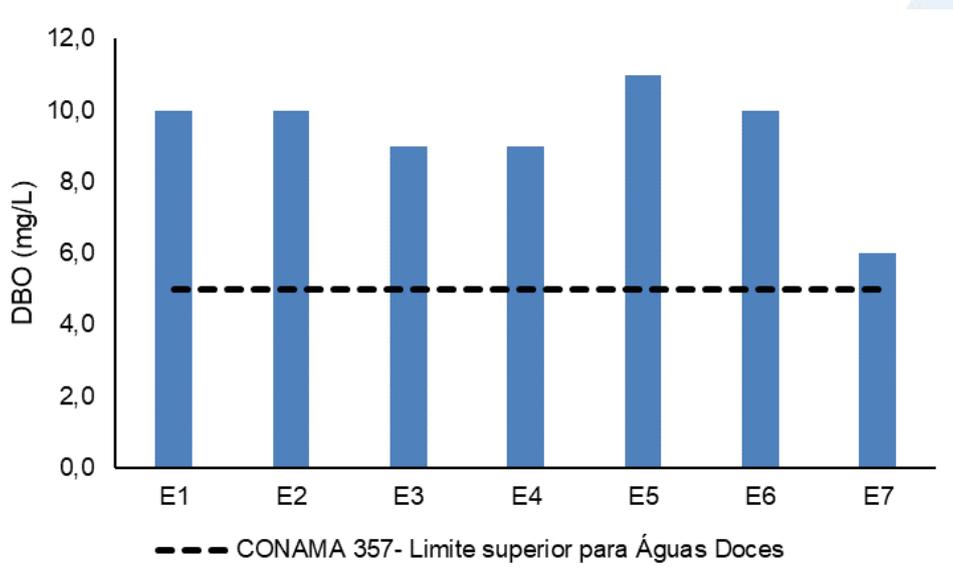
Em relação à DBO, foram registrados valores entre 6,0 mg/L na amostra de E7, localizada na foz do rio das Ostras a 11,0 mg/L nas águas analisadas em E5, situada no

Valão das Corujas. Mesmo com elevada urbanização no entorno da estação E7, as menores concentrações encontradas podem ter uma associação com a diluição sofrida por meio do efeito das micromarés.

Os valores desse parâmetro estão acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para todas as amostras classificadas como Águas Doces Classe 2. Salienta-se que para DBO, não há limite estabelecido pela norma previamente mencionada para Águas Salobras Classe 1.

Os valores de DBO podem ter uma associação com uso e ocupação do entorno das estações. A amostra que apresentou os maiores valores desse parâmetro (E5) tem um histórico de lançamento de esgoto sanitário sem tratamento (PRIOSTE, 2007), aumentando a degradação ambiental e confirmando os resultados obtidos.

Figura 6-9 Resultados de DBO da campanha realizada em agosto de 2023.



6.1.10 Fósforo total

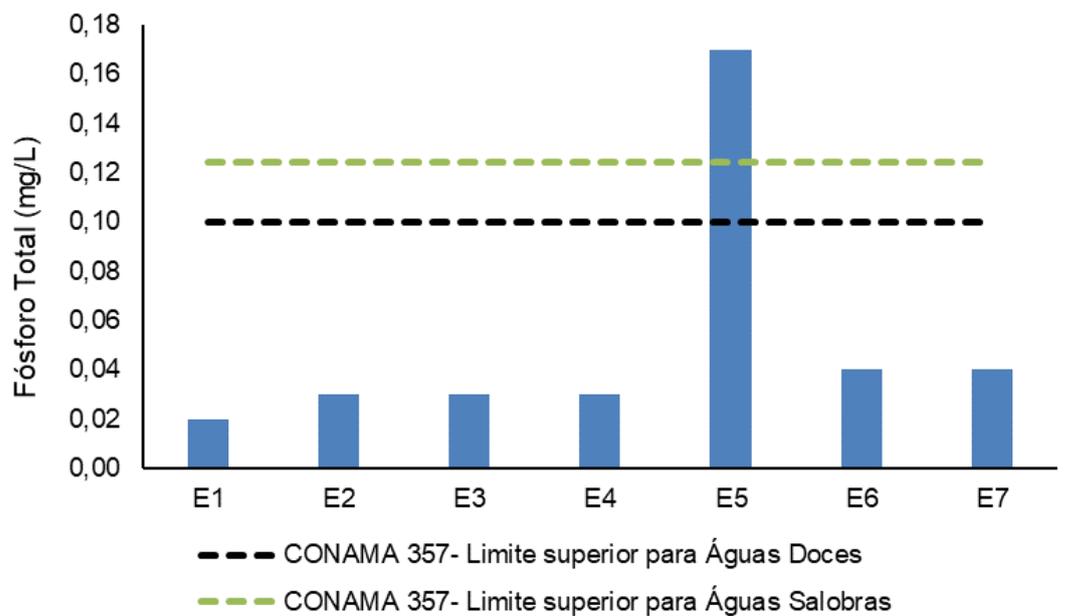
O fósforo é um nutriente que ocorre naturalmente nas águas, entretanto, altas concentrações de fósforo podem indicar aporte de esgoto e matéria orgânica para o ambiente. As principais fontes desse elemento são matéria orgânica fecal e detergentes; além disso, alguns efluentes industriais, fertilizantes e pesticidas podem gerar aporte de fósforo. O fósforo, assim como o nitrogênio, é um dos principais nutrientes que limitam a

produtividade primária em corpos aquáticos continentais, sendo o aporte excessivo de fósforo capaz de acarretar a eutrofização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

Quanto aos nutrientes, a variação registrada para o fósforo total durante a campanha de agosto foi de 0,02 mg/L na amostra de E1 a 0,17 mg/L nas águas analisadas em E5 (Figura 6-10). Verificou-se que as menores concentrações desse parâmetro foram nos Rios Iriri (E1 e E4) e Jundiá (E2) e na amostra do ponto que fica no Rio das Ostras, mas a jusante dos encontros dos dois rios supracitados (E3). O mesmo padrão também foi verificado em estudos pretéritos que analisaram pontos semelhantes aos contemplados no presente monitoramento (PRIOSTE, 2007).

Para essa campanha, somente a amostra analisada do ponto E5, apresentou valores acima do estipulado para Águas Doces Classe 2, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005. Vale salientar que o fósforo pode ser incorporado no ambiente oriundo do lançamento de efluentes domésticos, industriais e agrícolas e favorecer o crescimento de algas em rios (PRIOSTE, 2007) e coloca em risco a biota, as propriedades organolépticas da água e a saúde humana. Portanto, as altas cargas de fósforo nas águas da estação E5 podem ser um ponto de alerta para ser verificado nas próximas campanhas de monitoramento.

Figura 6-10 Resultados de fósforo total da campanha realizada em agosto de 2023.



6.1.11 Nitrogênio total

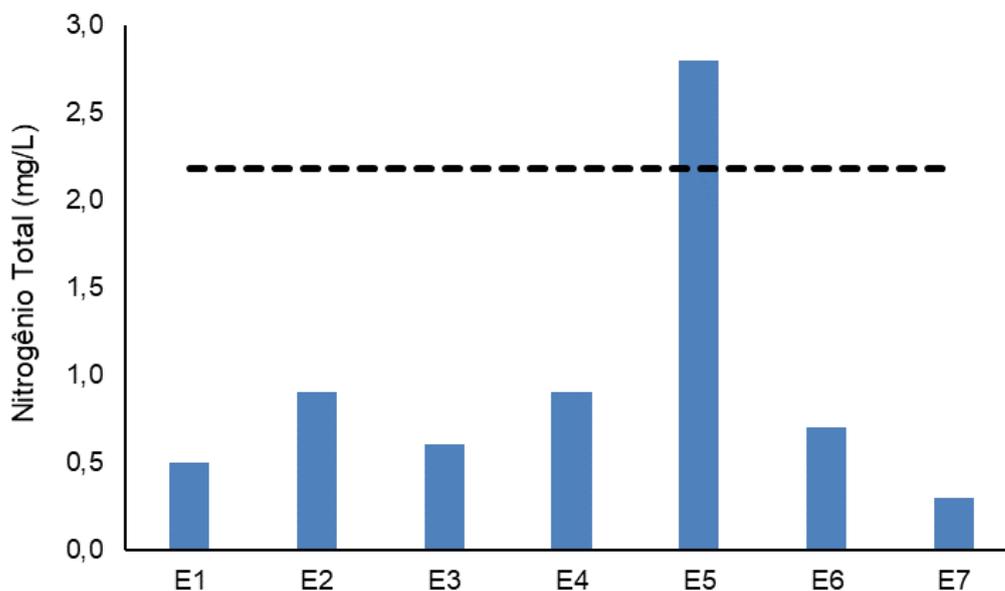
As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal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

Em relação ao nitrogênio total, as concentrações encontradas foram de 0,3 mg/L nas águas coletadas na estação E7 a 2, 8 mg/L na amostra no ponto E5 (Figura 6-11).

Verificou-se ainda que as águas coletadas na amostra de E5 apresentaram valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 de 2,18 mg/L para Água Doce de Classe 2 para ambientes lóticos, as demais amostras estavam em conformidade com o estipulado pela normativa. Destaca-se que a legislação não aponta valores máximos para Águas Salobras Classe 1.

No tópico anterior também foi verificado que as águas da estação E5 também apresentaram altas concentrações de fósforo. Os resultados elevados de nitrogênio total corroboram o aporte de efluentes no sistema e o uso e ocupação irregular do solo.

Figura 6-11 Resultados de nitrogênio total da campanha realizada em agosto de 2023.



6.1.12 Coliformes termotolerantes

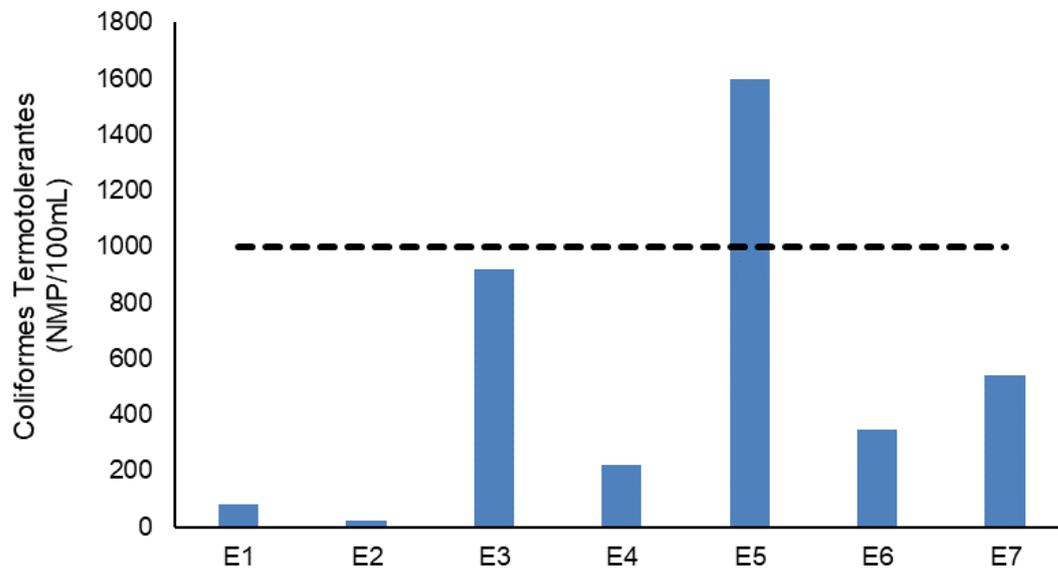
A poluição por esgoto sanitário pode levar a uma série de alterações em ecossistemas aquáticos, levando ao aumento nas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas, turbidez e coliformes. Os coliformes são bactérias presentes no trato intestinal humano, sendo assim, as concentrações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

Para essa variável microbiológica observou-se uma ampla variação, onde a menor concentração foi de 23 NMP/100 mL nas águas analisadas em E2, já a maior foi >1.600 NMP/100 mL na amostra de E5 (Figura 6-12), acima do valor máximo quantificável pelo método analítico.

De acordo com o estipulado na Resolução CONAMA nº 357/2005, o valor reportado na amostra de E5 apresenta valores acima do limite estabelecido (1.000 NMP/100 mL) para Águas Doces Classe 2; as demais amostras analisadas dos diferentes pontos amostrais exibiram concentrações em conformidade com o estipulado pela normativa de referência.

As altas concentrações de coliformes termotolerantes na amostra de E5 validam a ocorrência de lançamento de efluente sanitário sem tratamento no corpo hídrico monitorado.

Figura 6-12 Resultados de coliformes termotolerantes da campanha realizada em agosto de 2023.



7 Diagnóstico da atual campanha

Na caracterização do estuário, quanto à salinidade, observa-se aumento desse parâmetro, de maneira geral, de E1 a E7 em direção à foz, que apresentou características salobras de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Ao analisar os resultados da presente campanha, observa-se que não há estratificação hialina entre as massas d'água da superfície e do fundo. Esses resultados reforçam que o estuário do rio das Ostras sofra uma forte influência da maré, que adentra as regiões mais interiores do rio por meio do regime de micromarés, podendo chegar até 6 km para o interior do continente em períodos com menor precipitação e volume dos rios (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Os maiores valores registrados para salinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos e pH ocorreram em E7, na região estuarina, no encontro da foz do rio com o mar. Por conta da correlação entre o pH e a condutividade, essas grandezas podem sofrer influência dos sólidos totais e da salinidade, uma vez que as faixas de variação do potencial hidrogeniônico atuam na precipitação de material particulado, íons e sais que medem a condutividade (ESTEVES, 2011). Estudos prévios também indicam o aumento do pH no estuário do rio das Ostras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Diferentemente dos parâmetros destacados anteriormente, os maiores valores de turbidez foram encontrados principalmente em E6, no Rio das Ostras, a jusante do Valão das Corujas. Tais resultados podem estar relacionados com a matéria orgânica dissolvida na água resultante da decomposição de matéria vegetal, que acarreta a liberação de ácidos húmicos, escurecendo a água e impedindo a penetração de luz (BARROSO; MOLISANI, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Os valores encontrados para os nutrientes, como fósforo e nitrogênio, foram, em sua maioria, mais elevados principalmente nas águas da estação E5, e podem estar ligados a ações antrópicas como o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica. Essa variação pode estar associada também ao aporte de efluente, já que segundo a literatura esse corpo hídrico recebe esgoto sanitário sem tratamento (PRIOSTE, 2007). Após esse trecho, ainda existem outros locais que reconhecidamente realizam o descarte inadequado entre E6 e E7, como Boca da Barra, Nova Esperança, Costa Azul, Liberdade

entre outros, que têm seus resíduos lançados no rio das Ostras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012; GOMES, 2009), o que pode ter favorecido a turbidez elevada verificada nas águas do ponto E6.

Nas regiões menos urbanizadas como nos rios Iriri e Jundiá (estações E1, E2 e E4) é provável que haja maior influência de atividades agrárias, visto que, segundo o relatório do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras (2013), pastagem e pastagem em várzea representam, respectivamente, 64,67% e 4,92% da área do município e circundam a região monitorada (BARROSO; MOLISANI, 2019, BERNINI et al., 2013; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2013).

No presente monitoramento, as águas mais oxigenadas e com baixa DBO foram encontradas a jusante dos rios Iriri e Jundiá (E3), após a desembocadura do Valão das Corujas (E6), além da foz do rio das Ostras (E7), na área de maior influência marinha e que se sobrepõe à baixa vazão do rio, havendo a ação das micromarés, como mencionado anteriormente (BARROSO; MOLISANI, 2019).

7.1 Análise dos Componentes Principais (PCA)

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

Para comprovar a adequação da PCA realizada, foi utilizado o teste de esfericidade de Bartlett e o teste estatístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O teste de Bartlett avalia a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é semelhante à matriz de identidade. Nesse teste o resultado igual ou menor a 0,05 indica que os dados utilizados produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial utilizado é adequado para a realização da análise de dados. O teste de KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso o modelo é considerado apropriado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1 (OLINTO, 2007; PRADO et al. 2016). Com base nos resultados expostos na [Tabela 7-1](#) observa-se que o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valores significativos ($p < 0,05$). Já o teste de KMO apresentou valores abaixo do considerado desejável, no entanto, com base no tamanho da amostra de dados da presente campanha, considera-se um resultado aceitável.

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

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,500
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	282
Graus de liberdade	45
Significância estatística (p valor)	<0,001

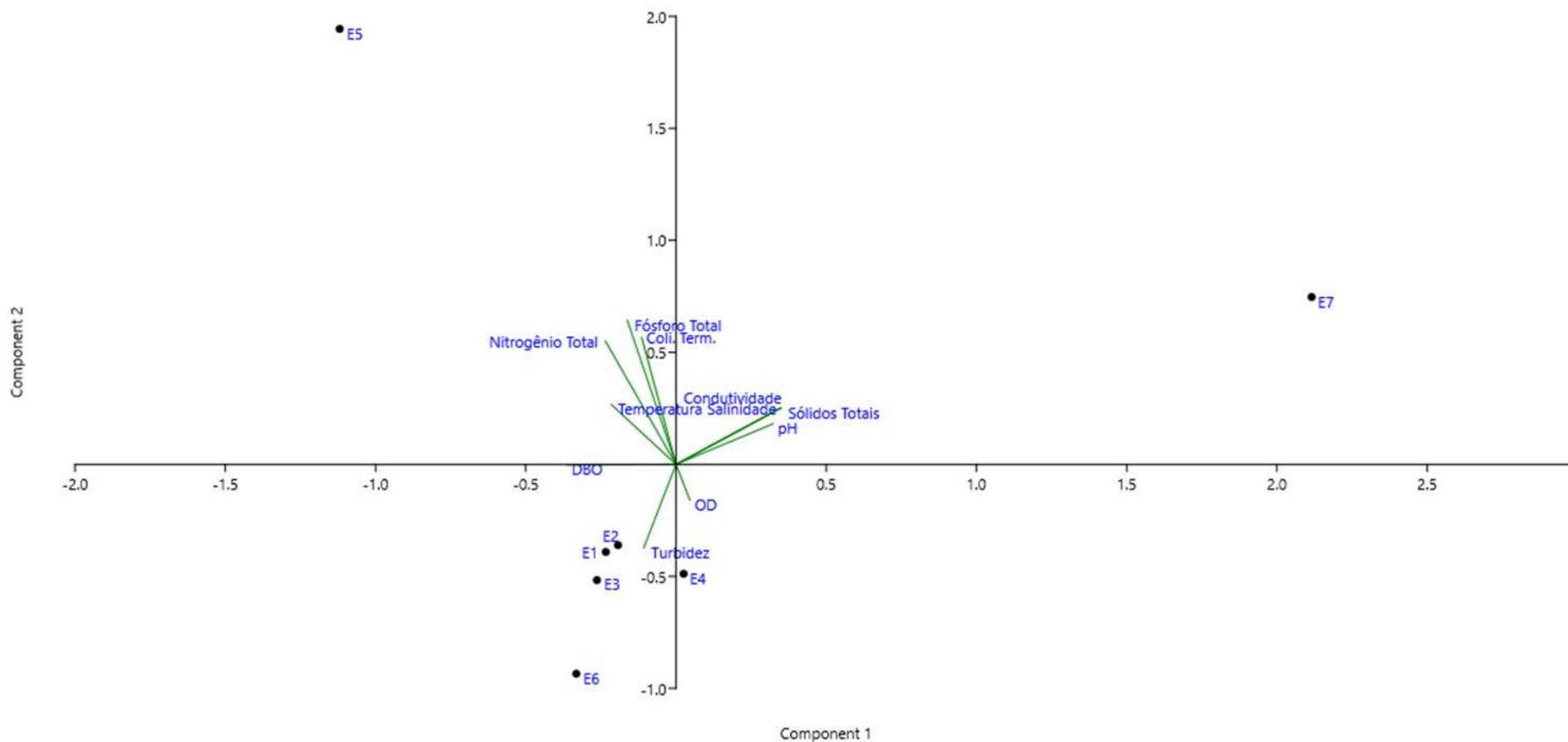
A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 48,81% e 24,70% da variação dos dados, totalizando 73,52%, que podem ser vistos na Figura 7-1. É possível concluir através da figura que diferentes fatores ambientais interferiram na caracterização dos pontos de coleta.

As águas da estação amostral E5, localizada no Valão das Corujas, foi mais influenciada pelos valores de coliformes termotolerantes, fósforo e nitrogênio total e nutrientes, confirmando os resultados discutidos previamente. Ressalta-se novamente com base em estudos pretéritos que esse corpo hídrico já apresenta um histórico de poluição por efluentes doméstico sem tratamento (PRIOSTE, 2007), o que é evidenciado com base nas elevadas concentrações dos parâmetros supracitados.

Nota-se também que a amostra de E7 apresentou influência do pH, sólidos totais, condutividade e salinidade, confirmando a ação das marés sobre essa estação amostral. Observou-se ainda que a turbidez teve interferência nas amostras de E1, E2 e E3, possivelmente pela variação significativa desse parâmetro sobre as diferentes estações amostrais na região a montante do rio das Ostras, essa variabilidade foi de 16,4 NTU a 35 NTU.

Além disso, é possível constatar que a amostra de E4 apresenta uma influência do oxigênio dissolvido, pois, apresentou um dos menores valores desse parâmetro, ficando abaixo do estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Em oposição ao OD, observa-se os nutrientes, que combinados à cargas elevadas de DBO podem favorecer a redução do oxigênio dissolvido, contribuindo para degradação da qualidade hídrica (PRIOSTE, 2007).

Figura 7-1 Resultado da análise dos componentes principais.



7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os valores de IQA da presente campanha apresentaram resultados entre 52,55 (E1) e 63,82 (E2) nos trechos localizados nos rios Iriri (E1 e E4) e Jundiá (E2). A partir de E3, já no rio das Ostras, até E7, a variação no IQA foi de 44,94 (E5) a 64,51 (E6) (Tabela 7-2). As análises do índice de qualidade da água apresentaram seis amostras classificadas como médias e uma categorizada como ruim (Tabela 7-2).

Nesse contexto, as águas de E1 a E7, com exceção de E5, foram consideradas de qualidade média, sendo classificadas como apropriadas para o tratamento convencional visando o abastecimento público, enquanto a amostra de E5 foi indicada como ruim, portanto, considerada imprópria para o tratamento convencional (Tabela 7-2).

De acordo com os boletins disponibilizados no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os valores de IQA obtidos das análises realizadas entre 2013 até 2022 tiveram como resultado sete classificações ruins e duas como médias (INEA, 2022). Dentre o monitoramento realizado pelo INEA e com base no presente monitoramento, somente o ponto P7 se aproxima com o ponto amostral descrito nos relatórios consolidados do órgão ambiental. Na coleta de agosto, o IQA da amostra do P7 foi classificado como médio. Portanto, o resultado apresentado nesse monitoramento e as informações prévias indicam a continuidade da degradação hídrica das águas desse ponto amostral e a necessidade de medidas de mitigação.

Um outro fator que merece destaque é que o volume pluviométrico da atual campanha, 138,8 mm, pode refletir um aumento na vazão dos rios, se tornando um dos principais responsáveis pela diminuição da salinidade das águas das diferentes estações amostrais mais interiores, além de diminuir a concentração de nutrientes nas localidades com menor influência urbana (CANIVETE, 2019).

Destaca-se ainda que as localidades com maiores concentrações de coliformes termotolerantes, podem estar relacionadas com o uso e ocupação do entorno e as condições inadequadas de deságue de esgoto sanitário, como observado na amostra de E5.

As estações amostrais, de maneira geral, apresentaram uma menor influência da maré na presente coleta, sendo caracterizadas como Águas Doces Classe 2 as amostras de E1 a E6, e Água Salobra Classe 1 as águas avaliadas em E7 (naturalmente mais salina). A variação de salinidade encontrada tem reflexo em outros parâmetros, como pH,

sólidos totais dissolvidos, turbidez, entre outros, o que pode mascarar ou apresentar resultados não condizentes com as categorias preconizadas pelo Índice de Qualidade da Água (IQA). Dessa forma, a continuidade do monitoramento poderá indicar se o índice pode ser aplicado à bacia hidrográfica analisada com confiabilidade.

Tabela 7-2 - Resultados de IQA em cada estação amostral do mês de agosto de 2023.

Estação	Localização	Município	IQA Ago/2023
E1	Afluente do rio Iriri	Rio das Ostras	52,55
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	63,82
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	Rio das Ostras	60,63
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	Rio das Ostras	53,67
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	44,94
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	Rio das Ostras	64,51
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	Rio das Ostras	56,15
Intervalo de Valores de IQA	100 ≥ IQA ≥ 90 90 > IQA ≥ 70 70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

8 Observações gerais

A partir dos resultados da campanha de agosto/23, bem como em todo monitoramento realizado, observa-se que a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio das Ostras tem como principais fatores de influência a dinâmica das chuvas e das micromarés presentes na região, bem como o uso e ocupação do solo do entorno da bacia, em que regiões com predomínio de áreas urbanas demonstram diminuição da qualidade da água.

Na atual campanha os parâmetros apresentaram um padrão espacial semelhante ao encontrado nas campanhas anteriores, confirmando a influência das marés sobre o ponto E7. Isso é corroborado com os resultados de salinidade, condutividade, sólidos totais e pH.

Os valores de DBO durante todo monitoramento demonstraram estar relacionados ao uso e ocupação do solo do entorno das estações, uma vez que os maiores registros observados estão nas estações amostrais com maior influência de área urbana. Vale registrar que o ponto E7, apesar da maior urbanização no entorno, apresentou as menores concentrações por conta da diluição sofrida devido ao efeito das micromarés.

Outro fator que merece destaque são as baixas concentrações de OD nas amostras de E1, E2, E4, E5 e E7. Conforme já mencionado, os valores reduzidos desse parâmetro podem levar à mortalidade de animais, comprometendo a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos.

Uma atenção especial deve ser direcionada para as amostras de E5 que apresentaram altos níveis de nitrogênio total, fósforo total, coliformes termotolerantes e como consequência o valor do IQA foi classificado como ruim. Os resultados obtidos reforçam o uso e ocupação irregular do solo do entorno do ponto amostral, bem como o lançamento de efluentes sem tratamento no sistema.

Por fim, vale destacar que a continuidade do monitoramento pode permitir a identificação da influência da variação sazonal nos resultados e na confirmação dos padrões de resultados já detectados ao longo de um ano de monitoramento. Além disso, será capaz de auxiliar no embasamento da interferência da maré nos pontos monitorados e no enquadramento dos corpos hídricos da bacia devido à presença e ação da salinidade nos parâmetros avaliados e utilizados para cálculo do IQA.

Referências

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

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. 2023.

ALMEIDA, M. B.; 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.

ALVARADO, J.J.; AGUILAR, J.F. Batimetría, salinidade, temperatura y oxígeno disuelto em aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. **Rev. Biol. Trop.** 2009; 57(1): 19-29.

APHA. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. APHA AWWA E WEF, 23ª ed, 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). Em: **Engenharia & Ciências Ambientais: contribuições à gestão ecossistêmica**. [s.l.] Essentia Editora, 2019. p. 116–141.

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.

BRASIL. **Resolução CONAMA N°357, de 17 de março de 2005**. CONAMA - Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011**. CONAMA - Ministério do Meio Ambiente, 2011.

CAÑEDO-ARGÜELLES M et al., 2013, 'Salinisation of rivers: An urgent ecological issue', **Environmental Pollution**, 173: 157-167. doi:10.1016/j. envpol.2012.10.011

CANIVETE, G. D. R. **Avaliação da Influência das Descargas Fluviais na Distribuição da Salinidade no Estuário Bons Sinais-Zambézia**. Monografia—Quelimane: Universidade Eduardo Mondlane, nov. 2019.

CETESB. 2009. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, Brasil, 531 pp.

CETESB; ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 325 p.

CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade | Apêndice D**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2014.

CETESB. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo | Apêndice E: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2022.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Relatório de caracterização da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (RD-01)**. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro Governo do Estado do Rio de Janeiro, jul. 2012.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Relatório de caracterização e mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras.** Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro Governo do Estado do Rio de Janeiro, nov. 2013.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. 2022. 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. f. 6.

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.

DIAZ, R. J. Overview of hypoxia around the world. **Journal of environmental quality**, v. 30, n. 2, p. 275-281, 2001.

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

GOMES, L. M. Ocupação Urbana de Rio das Ostras: Elementos Definidores e os Impactos nos Recursos Hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 3, n. 2, p. 145–161, 2009.

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.** Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. 128p.

INEA. Instituto Estadual do Meio Ambiente. Índice de Qualidade da Água NSF (IQANSF). Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/IQANSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>. Acesso em: 31 maio. 2023

INEA. Instituto Estadual do Meio Ambiente. 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 maio. 2023.

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

INMETRO. Norma nº NIT-DICLA-057. Critérios para acreditação da amostragem de águas e matrizes ambientais. Inmetro. Rio de Janeiro, p.01-12, 2009.

LIBES, S. M. *An introduction to Marine Biogeochemistry. Second Edition*, Elsevier, 893p.,2009.

OLIVEIRA, R. M. M.; SANTOS, E. V. D.; 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.

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

PRIOSTE, M. A. O. **Bacia hidrográfica do Rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007. 194p.

RIO DE JANEIRO (Estado). Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução CONEMA nº 85, de 07 de dezembro de 2018. Norma para credenciamento de laboratório (NOP-INEA-03. R-2.

SILVA, A.D.A.; FRANCA, R.R.D. 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.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 181-186, 2002.

VON-SPERLING, M. **Introdução à qualidades das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017. v. 1.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. 7. ed. Geneva: Chairperson, Publications Board, 2008. v. 8.

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