

Relatório Técnico Parcial VII

Revisão 01

Referência: Agosto e Outubro 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	-
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	06/12/2023	Emissão original	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
01	14/12/2023	Emissão original	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	17
5.1.1	Índice de Qualidade de Água (IQA)	18
5.1.2	Análises estatísticas	21
6	Resultados e discussão	22
6.1	Análise físico-química e biológica	22
6.1.1	Precipitação	22
6.1.2	Temperatura	24
6.1.3	Salinidade	25
6.1.4	Condutividade	26
6.1.5	Sólidos totais	27
6.1.6	Sólidos dissolvidos totais	29
6.1.7	Turbidez	31
6.1.8	pH	32
6.1.9	Oxigênio dissolvido	33
6.1.10	DBO	35
6.1.11	Fósforo total	36
6.1.12	Fosfato	38
6.1.13	Nitrogênio total	39
6.1.14	Nitrato	41
6.1.15	Coliformes termotolerantes	43
7	Diagnóstico das campanhas de agosto e outubro	45
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA)	47
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA)	50
8	Observações gerais	55
	Referências	57
	Anexos	60

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).

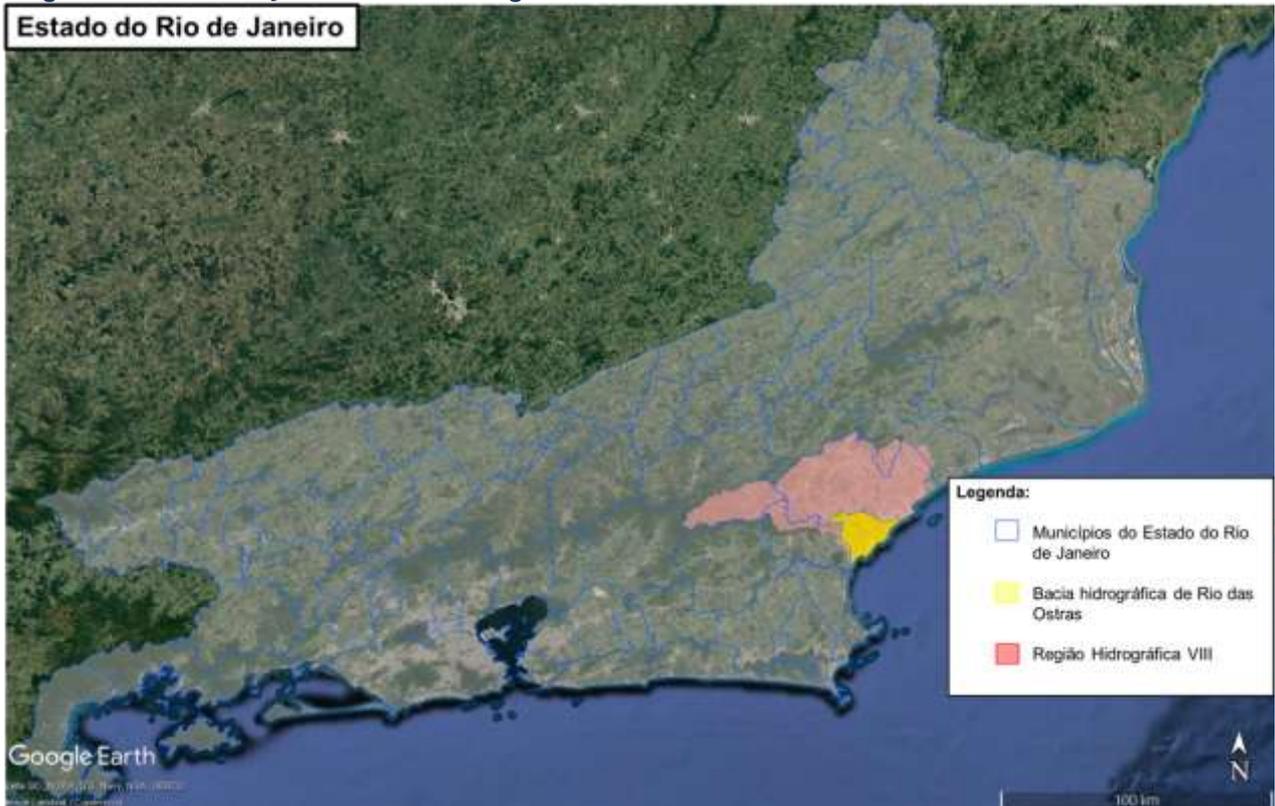
Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, há a ocorrência de duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm)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

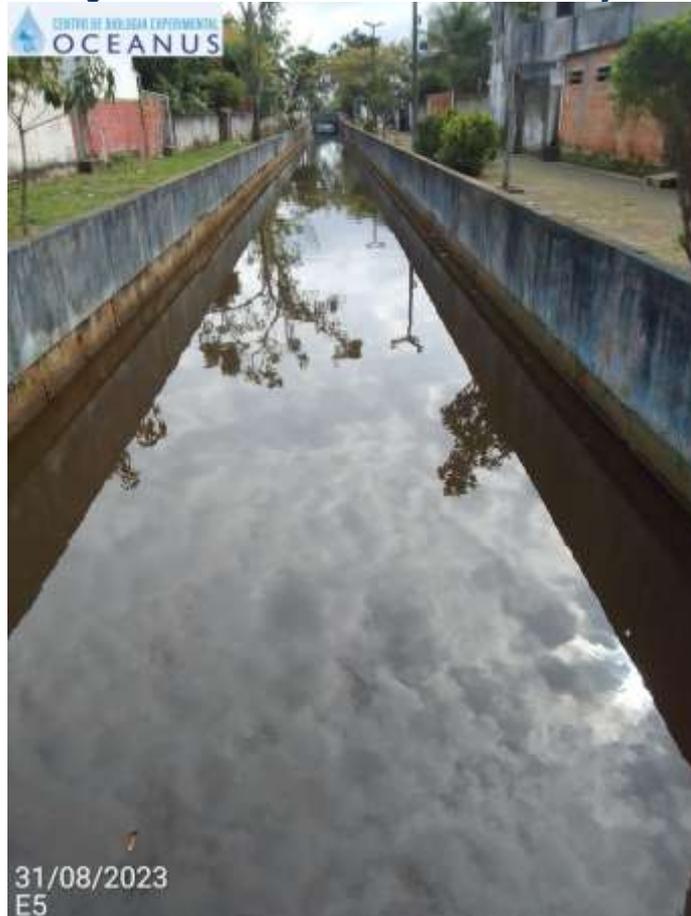


4.3 Valão das Corujas

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.

Devido a uma manutenção da ponte que fica no entorno 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)	Profundidade (outubro) (m)
		E	N			
E1	Rio Iriri, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	195528	7511037	8	0,98	0,37
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,37	0,95
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá	197047	7508962	20	1,75	2,50
E4	Rio Iriri, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,23	1,15
E5	Valão das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	5	0,81	0,74
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas	197705	7507689	25	1,80	1,60
E7*	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,60	0,57

Legenda: *Ponto E7 realocado.

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



5 Metodologia

As campanhas do quarto quadrimestre foram realizadas nos dias 31/08/2023 e 31/10/2023, 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 Nº IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA nº 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações destinadas a cada local onde foram realizadas as amostragens, em observância às Normas Regulamentadoras – NR 6 (Equipamento de Proteção Individual – EPI) e NR 17 (Ergonomia).

A localização dos pontos foi realizada a partir das informações fornecidas pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João, e o registro fotográfico de cada localidade pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com o uso de um balde 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 amostragem na coleta realizada em agosto e na coleta realizada em outubro foram avaliadas 14 (quatorze) variáveis ambientais, 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	
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	

Legenda: *Parâmetros analisados na amostragem realizada em outubro.

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
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 Totais	mg/L	SMWW 2540 B
Sólidos dissolvidos totais*	mg/L	SMWW, 23ª Edição, Método 2540 C
Temperatura	°C	SMWW 2550B
Turbidez	UNT	SMWW 2130B

Legenda: *Parâmetros analisados na amostragem realizada em outubro.

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 nº 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 utilizada 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

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:

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

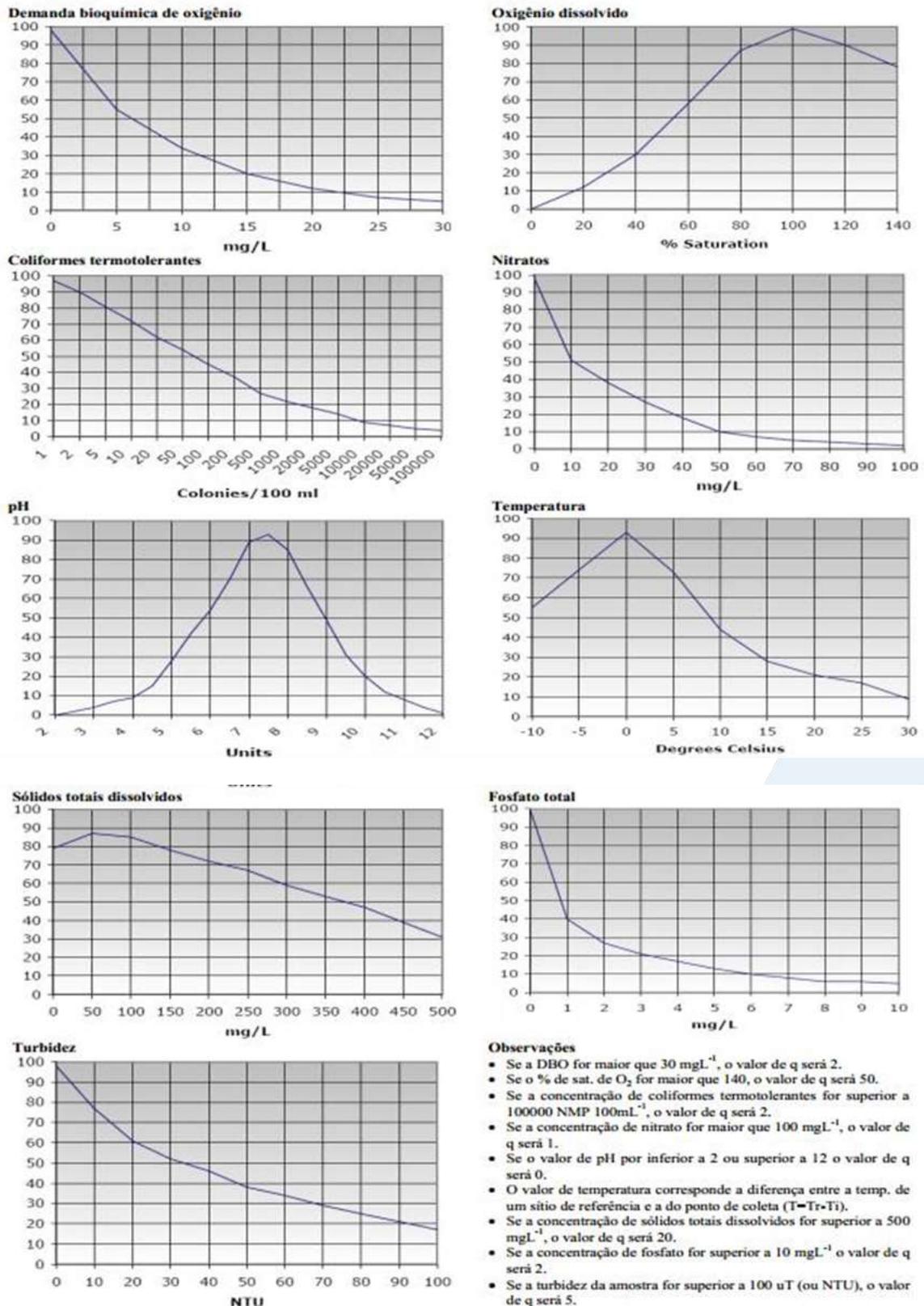
Sendo:

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	$100 \geq IQA \geq 90$	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	$25 > IQA \geq 0$	

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.

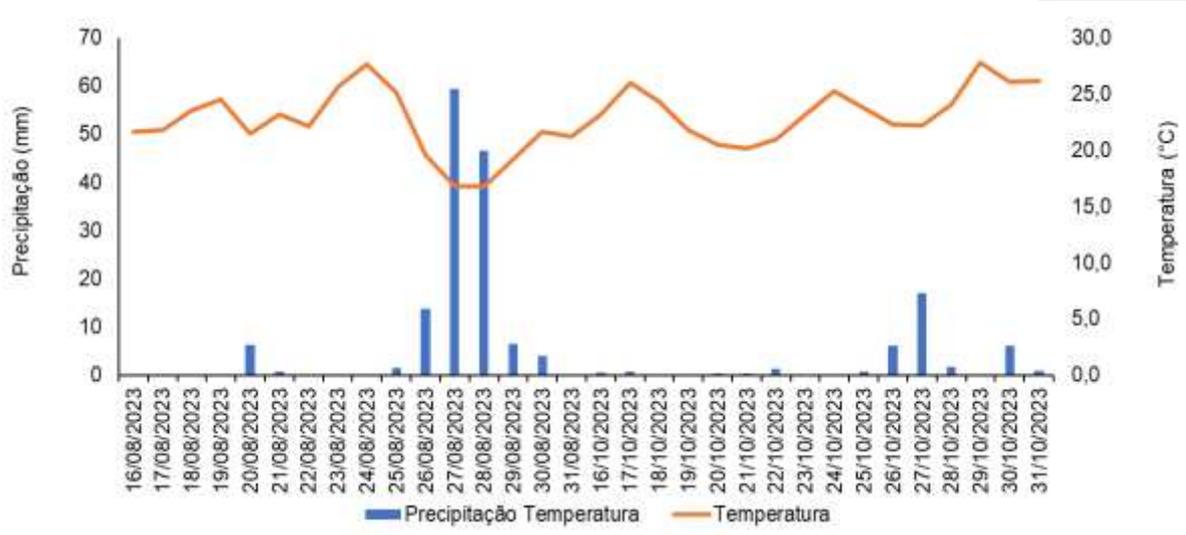
6 Resultados e discussão

6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos quinze dias que antecederam a coleta de agosto 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). Já na campanha de outubro a média da temperatura foi de 23,6°C e a pluviosidade acumulada foi de 36,0, o que indica uma chuva forte (25-50 mm) (SILVA; FRANCA, 2021). Também foi observada uma redução da precipitação na amostragem realizada em outubro quando comparada à coleta de agosto.

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas dos dias 31/08/2023 e 31/10/2023.



Os resultados obtidos para a campanha de agosto e outubro 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 dos dias 31/08/2023 e 31/10/2023.

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)*	Turbidez (UNT)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)*	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)*	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E1	31/08/2023	Sup Fun	0,06 0,06	130 130	130 -	- -	30,1 -	6,6 -	24,92 -	1,45 -	10 -	0,02 -	- -	0,5 -	- -	79 -
	31/10/2023	Sup Fun	0,06 0,06	123 122	120 -	84 -	21,4 -	5,9 -	26,12 -	0,97 -	45 -	< 0,01 -	N.D. -	0,5 -	0,43 -	540 -
E2	31/08/2023	Sup Fun	0,13 0,12	273 270	208 -	- -	16,44 -	6,33 -	23,33 -	3,29 -	10 -	0,03 -	- -	0,9 -	- -	23 -
	31/10/2023	Sup Fun	0,3 0,3	627 626	506 -	426 -	36,7 -	6,01 -	26,41 -	0,87 -	51 -	0,04 -	N.D. -	1,2 -	0,23 -	23 -
E3	31/08/2023	Sup Fun	0,12 0,12	249 250	188 -	- -	35,0 -	6,15 -	23,0 -	5,33 -	9 -	0,03 -	- -	0,6 -	- -	920 -
	31/10/2023	Sup Fun	0,34 0,33	697 691	506 -	474 -	9,41 -	6,01 -	28,7 -	2,14 -	16 -	< 0,01 -	N.D. -	0,2 -	<0,05 -	7,8 -
E4	31/08/2023	Sup Fun	0,04 0,04	94 94	18 -	- -	25,8 -	6,45 -	22,1 -	2,22 -	9 -	0,03 -	- -	0,9 -	- -	220 -
	31/10/2023	Sup Fun	0,05 0,06	115 116	98 -	78 -	16,48 -	5,93 -	26,3 -	1,12 -	15 -	< 0,01 -	N.D. -	0,9 -	0,1 -	43 -
E5	31/08/2023	Sup Fun	0,39 0,39	799 798	538 -	- -	23,8 -	6,3 -	24,68 -	3,1 -	11 -	0,17 -	- -	2,8 -	- -	>1600,0 -
	31/10/2023	Sup Fun	2,31 2,3	4568 4436	4112 -	3982 -	20,9 -	7,03 -	26,5 -	1,05 -	147 -	0,6 -	0,78 -	6,6 -	0,06 -	240 -
E6	31/08/2023	Sup Fun	0,17 0,17	362 360	250 -	- -	49,2 -	6,29 -	23,1 -	6,26 -	10 -	0,04 -	- -	0,7 -	- -	350 -
	31/10/2023	Sup Fun	1,6 1,62	3087 3138	27564 -	25622 -	40,4 -	6,26 -	29,3 -	1,87 -	98 -	0,06 -	N.D. -	1,3 -	0,07 -	>1600,0 -
E7	31/08/2023	Sup Fun	29,33 29,3	45210 45197	35072 -	- -	20,3 -	7,00 -	22,42 -	4,31 -	6 -	0,04 -	- -	0,3 -	- -	540 -
	31/10/2023	Sup Fun	31,0 30,99	47699 47698	40112 -	39590 -	2,57 -	8,02 -	28,74 -	2,3 -	111 -	0,07 -	0,12 -	0,1 -	0,1 -	47 -
CONAMA 357/05		Águas Doces Classe 2	0,5	-	-	500	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1	-	<2,18 (para ambiente lóxico)	10,0	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
		Águas Salobras Classe 1	0,5-30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	-	0,4	-
		Águas Salinas Classe 1	≥30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	-	0,4	-

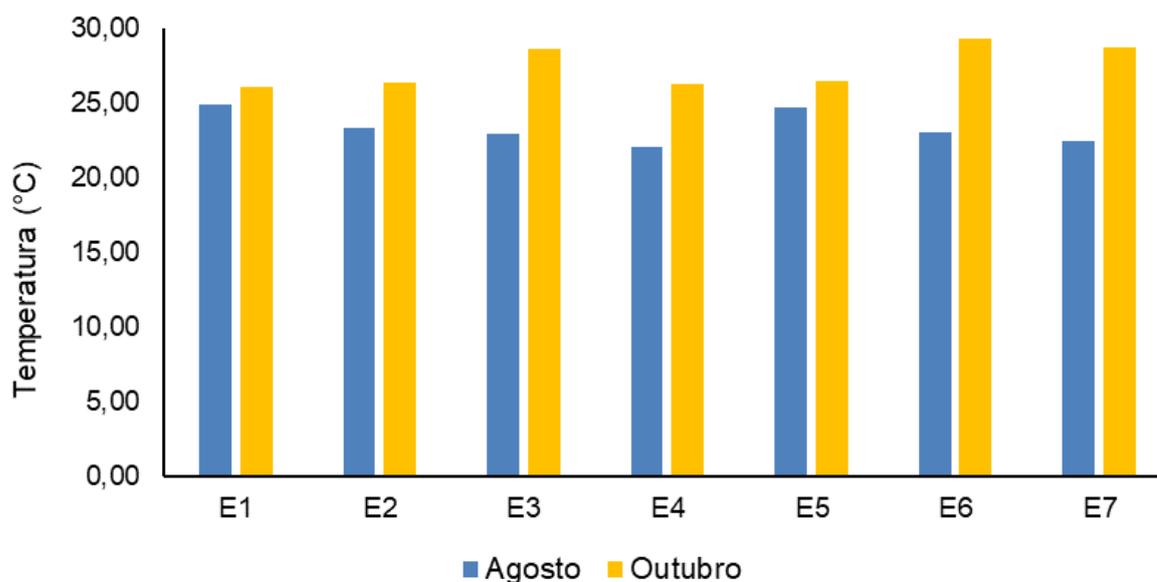
*Legenda: Parâmetros que só foram analisados a partir da coleta de outubro de 2023. N.D: Não Detectável.

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 em agosto 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 e E7 (entre 22,42°C e 24,68°C) (Figura 6-2). No mês de outubro, a menor temperatura foi registrada na estação E1 (26,1°C) e a maior em E6 (29,3°C). Pode-se observar que as maiores temperaturas foram verificadas na amostragem realizada em outubro de 2023.

Figura 6-2 Resultados de temperatura das campanhas realizadas em agosto e outubro 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).

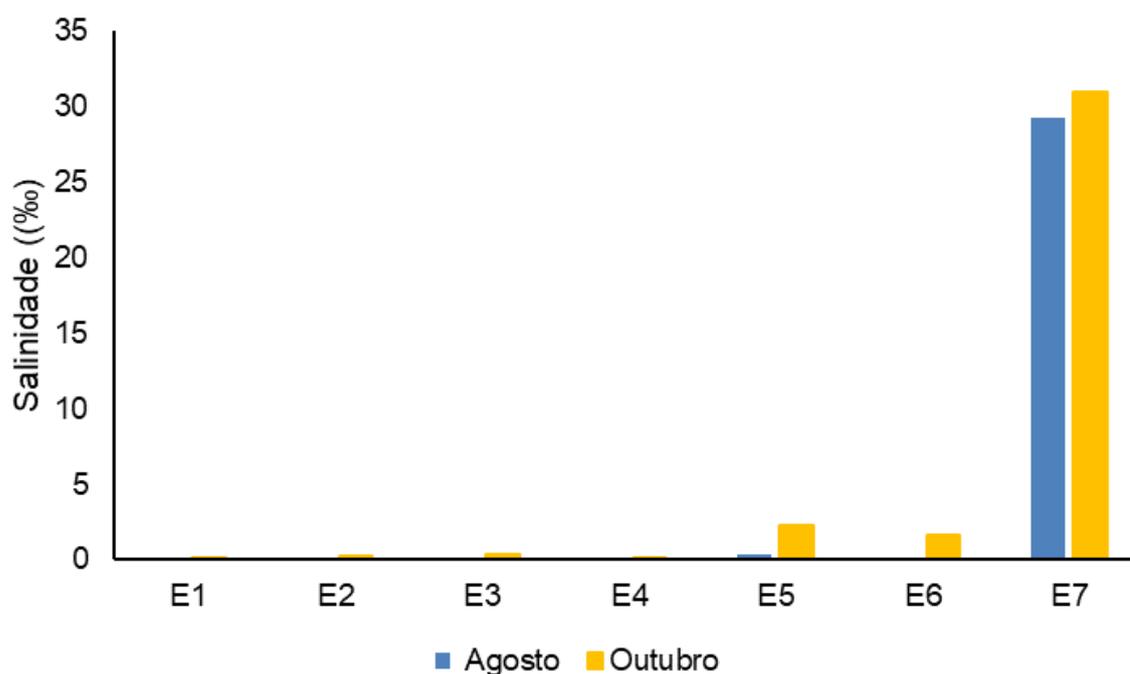
A salinidade registrada na campanha de agosto variou de 0,04‰ em E4, a 29,33‰ na estação E7 (superfície). Para essa campanha pode-se observar que os menores valores desse parâmetro foram registrados principalmente nas estações amostrais localizadas no rio Iriri (E1 e E4). Já na amostragem realizada em outubro, observou-se um aumento da salinidade quando comparado à campanha anterior. Esse parâmetro variou de 0,06‰ em E1 a 31,0‰ na estação E7 (superfície) na segunda campanha de monitoramento do quarto quadrimestre. Somente as amostras de E1, E2, E3 e E4 da campanha de outubro apresentaram valores que se enquadravam como águas doces. A partir de E5, foram encontradas salinidades que foram categorizadas como águas salobras e salinas.

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 nas duas campanhas de monitoramento, sugerindo a presença de massas d'água homogêneas.

Na campanha de agosto, 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. Na campanha de outubro, as amostras avaliadas dos pontos E1 até E4, foram comparadas com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Já as águas investigadas nas estações E5 e E6 foram comparados como os limiares das Águas Salobras Classe 1 de acordo com a normativa de referência. E a amostra da estação E7 foi equiparada com os valores máximos descritos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salinas 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. Além disso, a redução significativa da precipitação pode ter aumentado a interferência das águas marinhas, principalmente nas estações E5 e E6, que na campanha anterior foram classificadas como águas doces.

Figura 6-3 Resultados de salinidade das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



6.1.4 Condutividade

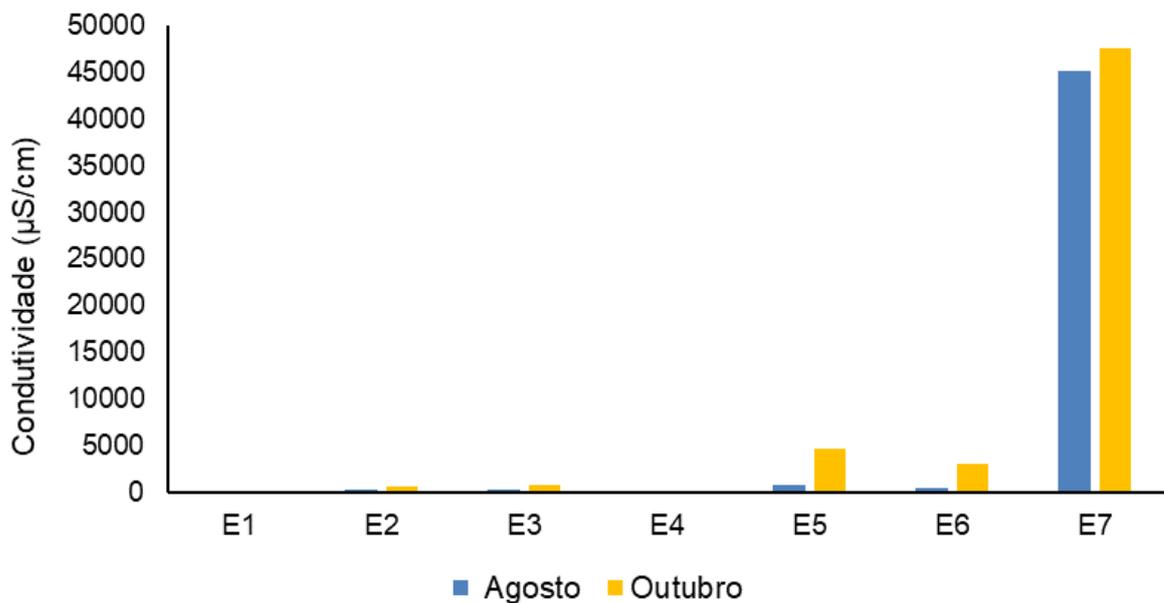
A condutividade é uma medida da capacidade de condução de corrente elétrica na água, sendo influenciada em decorrência da concentração de sólidos inorgânicos dissolvidos (ânions e cátions), compostos orgânicos (óleos, fenóis, graxas) e da temperatura da água (CETESB, 2014).

A condutividade também apresentou uma variação espacial. Os valores registrados da coleta de agosto 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 amostras 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. Na coleta de outubro, notou-se, de maneira geral, um aumento significativo em comparação à

amostragem anterior (Tabela 6-1 e Figura 6-4). Foi verificada uma variação na segunda campanha do quarto quadrimestre de 115 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E4 a 47699 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas águas analisadas em E7.

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

Figura 6-4 Resultados de condutividade das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



6.1.5 Sólidos totais

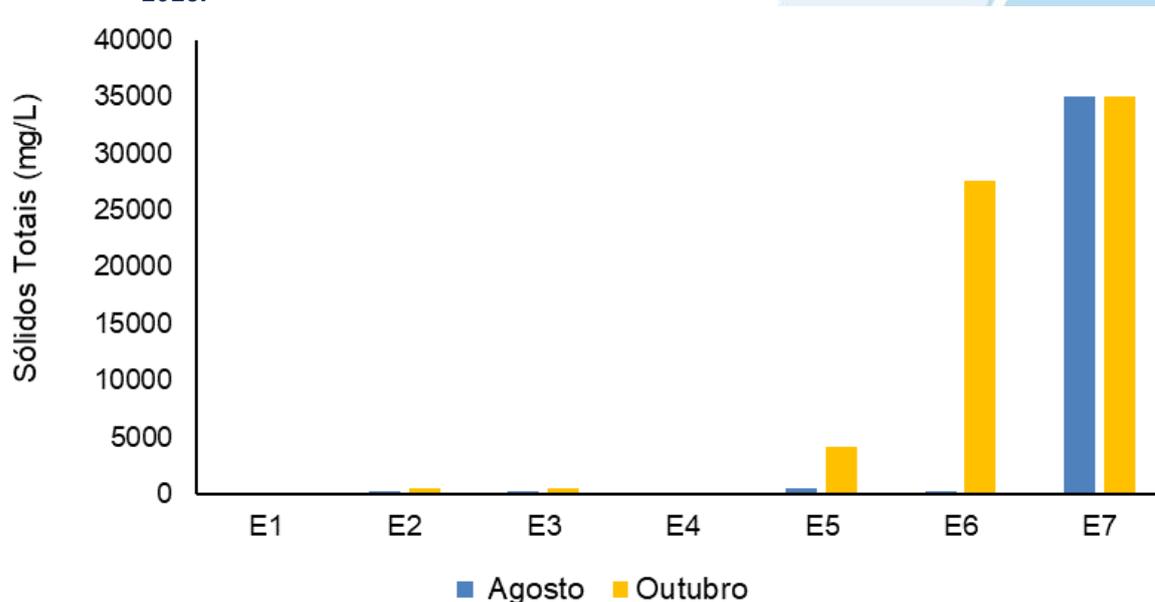
A série de sólidos na água corresponde a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação em uma temperatura específica ao longo de um espaço de tempo. Os sólidos suspensos totais se referem à parcela de material particulado que se mantém em suspensão na água, podendo ser 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).

No que tange aos sólidos totais, a menor concentração desse parâmetro, na primeira campanha do quarto quadrimestre foi observada na amostra de E4, registrando 18 mg/L (Figura 6-5). Já o maior valor registrado foi de 35072 mg/L nas águas analisadas no ponto E7. Na coleta realizada em outubro de 2023, notou-se, de maneira geral, um aumento significativo de sólidos totais. De maneira análoga à coleta de agosto, o menor valor dessa variável ambiental para a coleta de outubro foi observado nas águas analisadas da estação E4 (98 mg/L) e a maior concentração foi reportada na amostra de E7 (40112 mg/L).

Acredita-se que a ocorrência das atividades urbanas próximas à estação E7 pode ter contribuído para os valores elevados desse parâmetro. Além disso, supõe-se que a influência das marés e dos fortes ventos na movimentação das massas que podem ter favorecido os resultados obtidos nas águas analisadas em E7 nas duas campanhas de monitoramento e em E6 na campanha de outubro. Ressalta-se que na Resolução CONAMA 357/05 não há limites estabelecidos para esse parâmetro. Adicionalmente, reforça-se que as concentrações mais elevadas de sólidos totais na campanha de outubro podem estar associadas ao lançamento de esgoto nos corpos hídricos monitorados.

Figura 6-5 Resultados de sólidos totais das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.

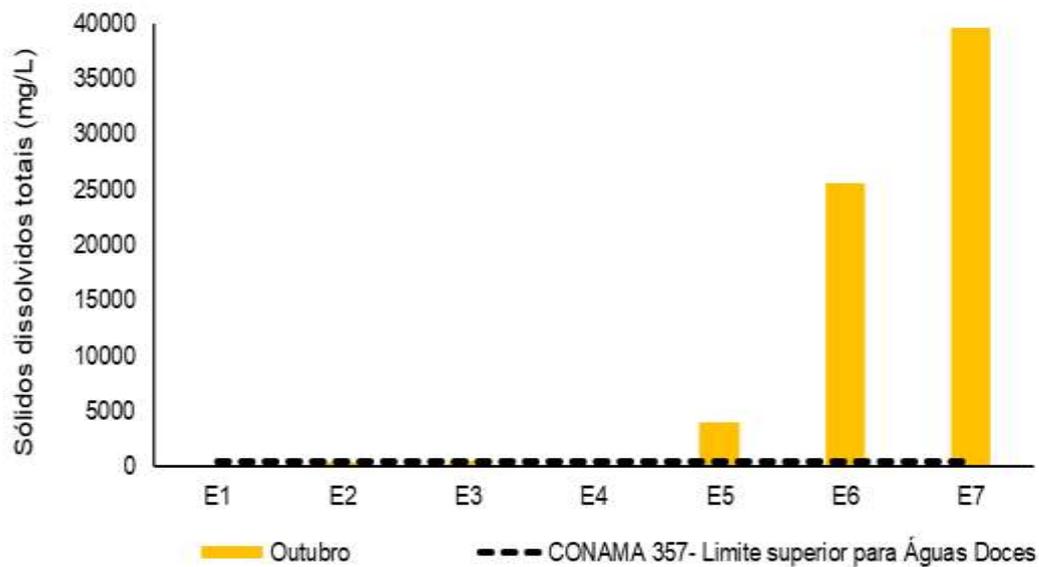


6.1.6 Sólidos dissolvidos totais

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

Destaca-se que esse parâmetro começou a ser analisado a partir da coleta realizada em outubro de 2023. Nessa campanha, observou-se que as amostras comparadas com os limites estabelecidos para Águas Doces Classe 2, estavam em conformidade com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (500mg/L) (Figura 6-6). Salienta-se que para essa variável ambiental, não existem valores de referências para águas salobras e salinas. No entanto, cabe salientar que as águas analisadas em E7, situado na foz do rio das Ostras, apresentaram elevadas concentrações dessa variável física, o que é proporcional aos resultados de condutividade, já que é uma medida indireta de sólidos dissolvidos. Assim como verificado no tópico anterior, notou-se valores mais elevados de sólidos dissolvidos totais nas amostras de E6 e E7, possivelmente influenciados pela ações das marés e de fortes ventos na movimentação de massas.

Figura 6-6 Resultados de sólidos dissolvidos totais das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



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).

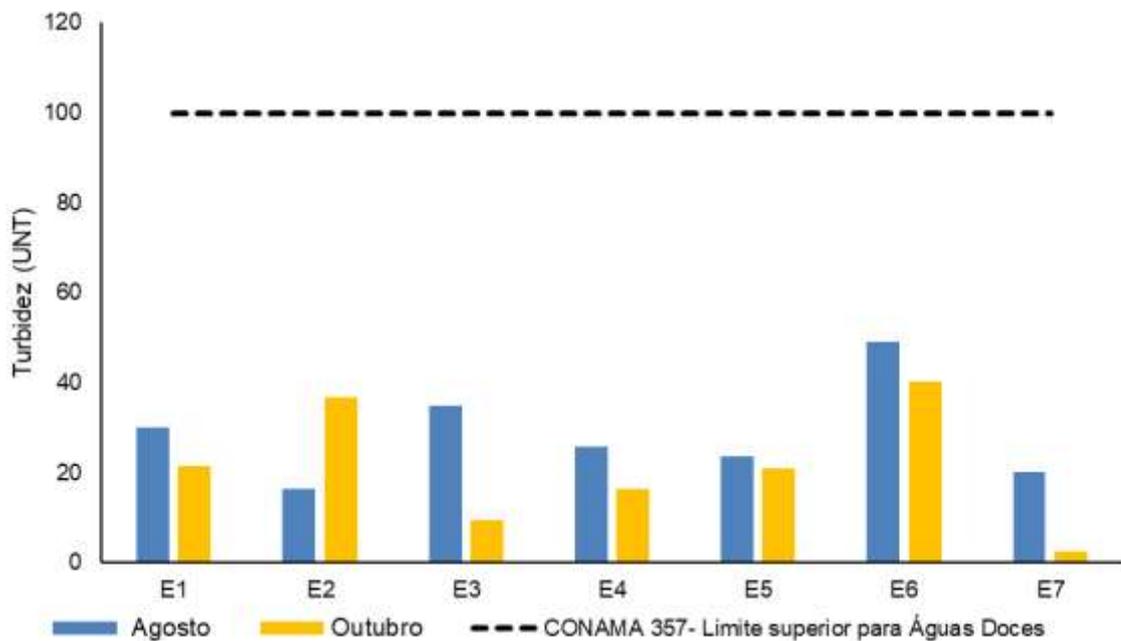
Em relação à turbidez, as análises das águas da campanha de agosto não apresentaram um padrão específico para esse parâmetro. O menor valor de turbidez foi de 16,4 NTU na água analisada do ponto E2 e a maior foi de 49,2 NTU reportado na amostra de E6 (Figura 6-7). Os resultados obtidos nas águas da estação 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. Já na campanha realizada em outubro, o menor registro desse parâmetro foi reportado na amostra de E7 (2,57 NTU) e o maior valor reportado foi observado nas águas analisadas em E6 (40,4 NTU). Notou-se que houve uma redução, de maneira geral, da turbidez da campanha de outubro em comparação à coleta realizada em agosto. Acredita-se que a redução da precipitação na segunda coleta (Figura 6-1) pode ter uma relação com a diminuição da turbidez.

Os resultados obtidos para turbidez nas duas campanhas de monitoramento do quarto quadrimestre estão dentro do limite estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT). Ressalta-se que para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 não há descrito na normativa supracitadas valores de referência.

Outro fator que merece destaque para esse parâmetro, é que de maneira geral, observou-se um incremento da turbidez nas coletas realizadas em agosto e outubro quando comparado 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 6-7 Resultados de turbidez das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



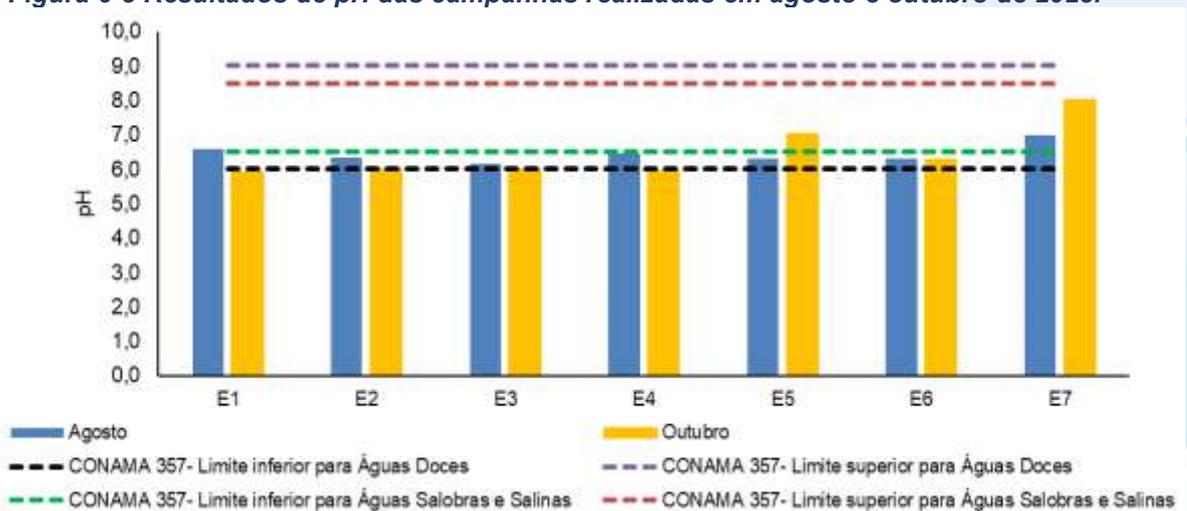
6.1.8 pH

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).

No tocante ao pH, foi observada na campanha de agosto uma variação entre 6,15 na amostra de E3 a 7,00 nas águas analisadas em E7 (Figura 6-8). Diferentemente das demais campanhas de monitoramento realizadas, não foi possível observar um padrão espacial desse parâmetro. Já na campanha de outubro, a variação desse parâmetro foi de 5,9 nas águas avaliadas em E1 a 8,02 na amostra de E7. De forma majoritária, foi notada uma diminuição do pH nas amostras da coleta de outubro quando comparada com os resultados obtidos em agosto (Figura 6-8).

No que se refere aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, na campanha de agosto, as amostras de E1 até E6 ficaram em conformidade com o que está previsto para Águas Doces Classe 2 (6-9), e o mesmo ocorreu nas águas analisadas em E7 com valores coerentes com o limite estabelecido para Águas Salobras Classe 1 (6,5-8,5). Já na campanha de outubro, as amostras de E1 e E4 apresentaram valores que ficaram em desconformidade com o preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (6-9). Esses resultados podem estar associados à classificação das águas desses pontos amostrais, já que as águas doces tendem a ter o pH menor, por conta da salinidade reduzida e maior aporte de compostos húmicos. Destaca-se ainda que as demais amostras analisadas em outubro ficaram dentro do limite estipulado para Águas Doces Classe 2 (6-9), Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 (6,5-8,5).

Figura 6-8 Resultados de pH das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



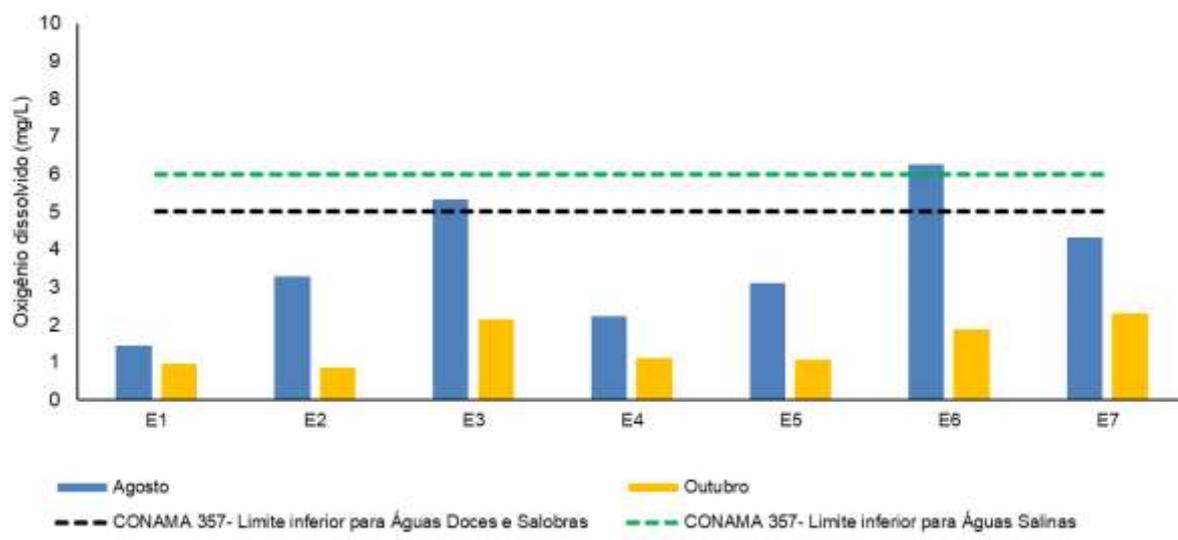
6.1.9 Oxigênio dissolvido

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

A concentração de oxigênio dissolvido na campanha de agosto apresentou uma variação de 1,45 mg/L na amostra de E1 a 6,26 mg/L, nas águas analisadas na estação amostral E6 (Figura 6-9). 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. Já na campanha de outubro a variação dessa variável ambiental foi de 0,87 mg/L na amostra de E2 a 2,3 mg/L nas águas analisadas em E7. Notou-se que todas as amostras avaliadas na campanha de outubro ficaram em desconformidade com o estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para as diferentes classificações de salinidade dos corpos d'água analisados. Além disso, foi evidenciada uma redução expressiva de oxigênio dissolvido das amostras da campanha de outubro quando equiparado aos resultados reportados em agosto.

Diante disso, os resultados obtidos indicam uma elevada inserção de matéria orgânica nos sistemas, influenciando na degradação da qualidade ambiental. 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., mas, os resultados obtidos nas últimas campanhas, de forma geral, estão ainda mais baixos que os dados de oxigênio dissolvido indicados nos dados históricos. Deste modo, os resultados reforçam um incremento do lançamento de águas residuais nos sistemas, reduzindo as concentrações de OD, que é consumido em processos bioquímicos, e colocando em risco os organismos aquáticos e a população do entorno que necessita dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos corpos hídricos investigados (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Figura 6-9 Resultados de OD das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



6.1.10 DBO

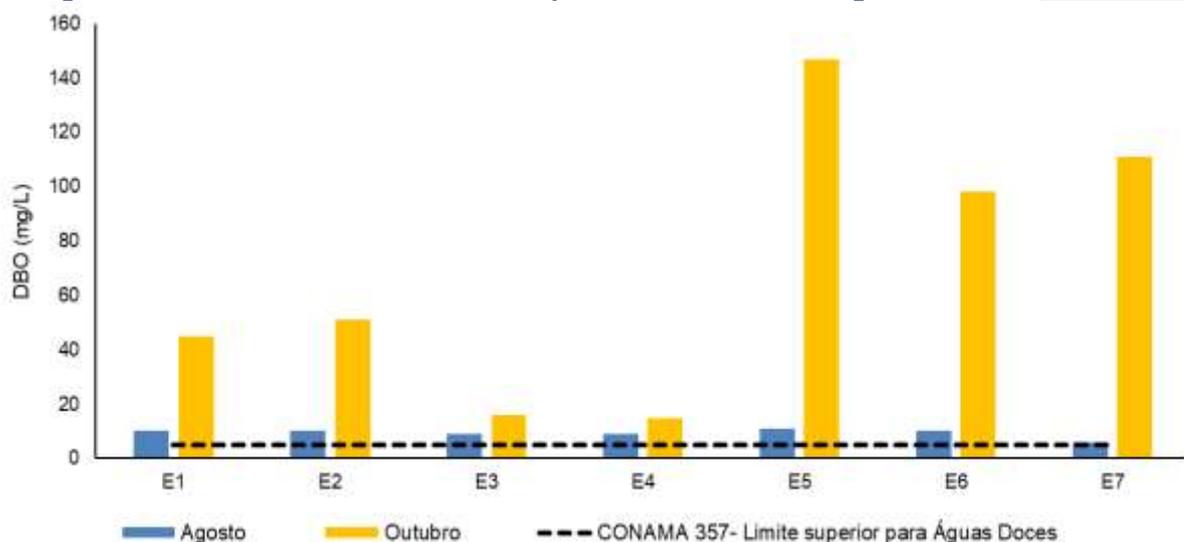
A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na degradação de compostos orgânicos. Sob a ótica da qualidade da água, a DBO é uma importante variável indicadora de poluição por resíduos orgânicos, uma vez que quanto maior a DBO (i.e., mais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

Em relação à DBO, foram registrados na campanha de agosto valores entre 6,0 mg/L na amostra de E7, localizado na foz do rio das Ostras a 11,0 mg/L nas águas analisadas em E5, situado 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. Já na campanha de outubro, notou-se, de maneira geral, um aumento da DBO em relação à coleta anterior. A variação foi de 15,0 mg/L na amostra de E4 a 147,0 mg/L na água analisada em E5. O aumento das concentrações de DBO podem ter uma associação com os altos valores reportados para sólidos dissolvidos totais e sólidos totais da coleta de outubro. Além disso, ressalta-se que a DBO e o OD apresentam uma relação inversamente proporcional. Isso se confirma com os baixos resultados de OD expostos na Figura 6-9 e as concentrações elevadas de DBO exibidas na Figura 6-10.

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

Os valores de DBO podem ter uma associação com o uso e ocupação do entorno das estações, além do lançamento de águas residuais nos corpos hídricos. A amostra que apresentou os maiores valores desse parâmetro, na campanha de agosto, por exemplo, tem um histórico de lançamento de esgoto sanitário sem tratamento (PRIOSTE, 2007), fundamentando os resultados obtidos.

Figura 6-10 Resultados de DBO das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



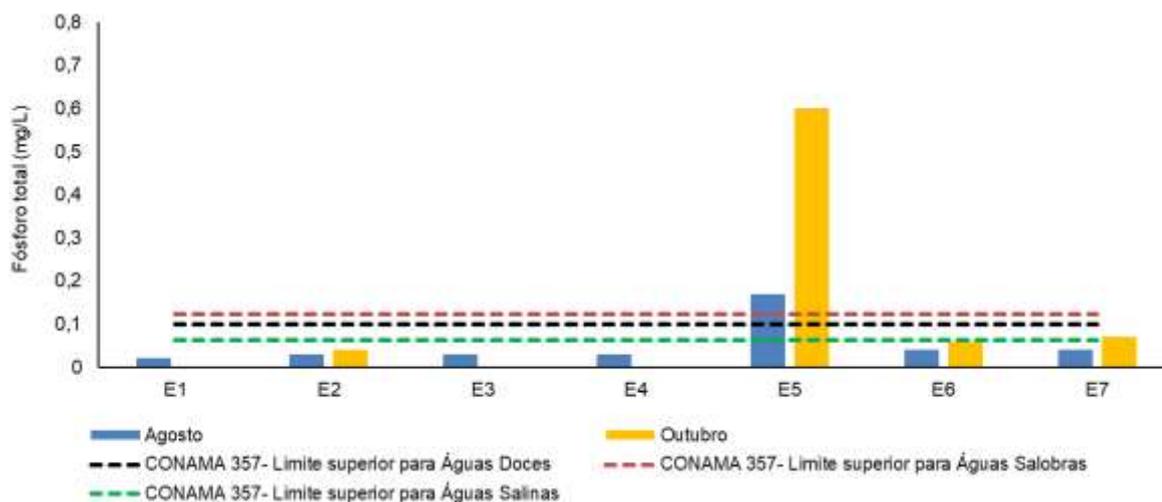
6.1.11 Fósforo total

O fósforo é um nutriente que ocorre naturalmente nas águas, entretanto, altas concentrações de fósforo podem indicar aporte de esgoto e matéria orgânica para o ambiente. As principais fontes desse elemento são matéria orgânica fecal e detergentes; além disso, alguns efluentes industriais, fertilizantes e pesticidas podem gerar aporte de fósforo. O fósforo, assim como o nitrogênio, é um dos principais nutrientes que limitam a produtividade primária em corpos aquáticos continentais, sendo o aporte excessivo de fósforo capaz de acarretar a eutrofização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

Quanto 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 6-11). 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). Já na campanha de outubro, observou-se uma variação de <0,001 mg/L nas águas analisadas em E1, E3 e E4 a 0,6 mg/L na amostra de E5. Além disso, foi evidenciado, de forma geral, um aumento dos valores de fósforo total nas amostras de outubro quando comparado às águas analisadas em agosto.

Nas duas campanhas realizadas no quarto quadrimestre, somente a amostra analisada do ponto E5 apresentou, na campanha de agosto, valores acima do estipulado para Águas Doces Classe 2 e na coleta de outubro concentrações em desconformidade com o limite estipulado para Águas Salobras Classe 1, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Figura 6-11). Ressalta-se que esse nutriente pode ser incorporado no ambiente proveniente do lançamento de efluentes domésticos, industriais e agrícolas e favorecer os processos de eutrofização (PRIOSTE, 2007), e como consequência coloca em risco a biodiversidade, as propriedades organolépticas da água, bem como a saúde humana. Dessa forma, as altas cargas de fósforo nas águas da estação E5 podem ser um ponto de alerta nos futuros estudos ambientais.

Figura 6-11 Resultados de fósforo total das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.

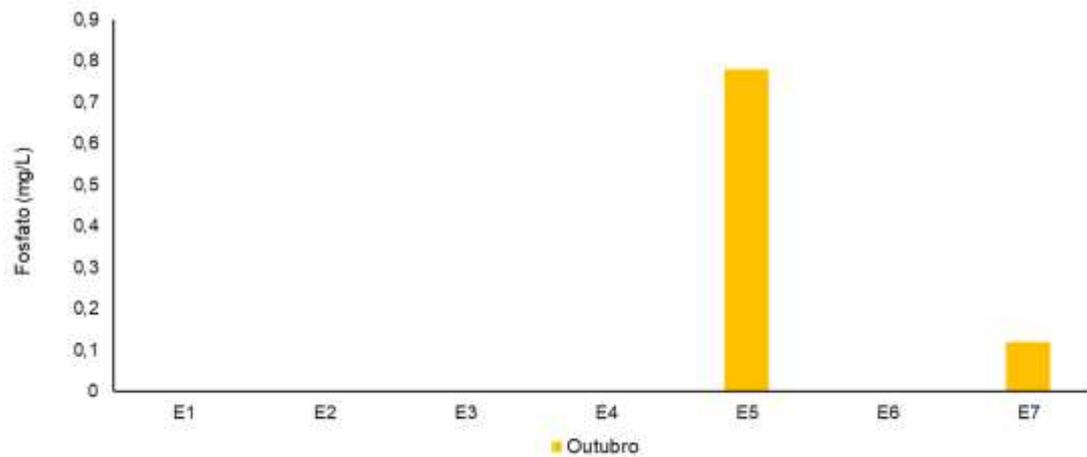


6.1.12 Fosfato

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

Ressalta-se que essa variável ambiental passou a ser analisada a partir da coleta realizada em outubro de 2023. Nessa campanha, na maioria das amostras não foram detectadas concentrações de fosfato, a exceção ocorreu somente nas águas analisadas em E5 que reportou 0,78 mg/L e a amostra de E7 que apresentou 0,12 mg/L. Apesar da normativa de referência não apresentar nenhum valor máximo para fins comparativos nas diferentes classificações das águas baseadas na salinidade, é importante mencionar que as águas analisadas em E5 apresentaram concentrações elevadas de fosfato, assim como também foi observado para fósforo total (Figura 6-12), o que sugere uma relação com a ocorrência de águas residuais sem tratamento no Valão das Corujas. Além disso, assim como no caso de fósforo total, os resultados de fosfato nas águas de E5, devem ser consideradas como um fator de atenção para monitoramentos ambientais futuros.

Figura 6-12 Resultados de fosfato da campanha realizada em outubro de 2023.



6.1.13 Nitrogênio total

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

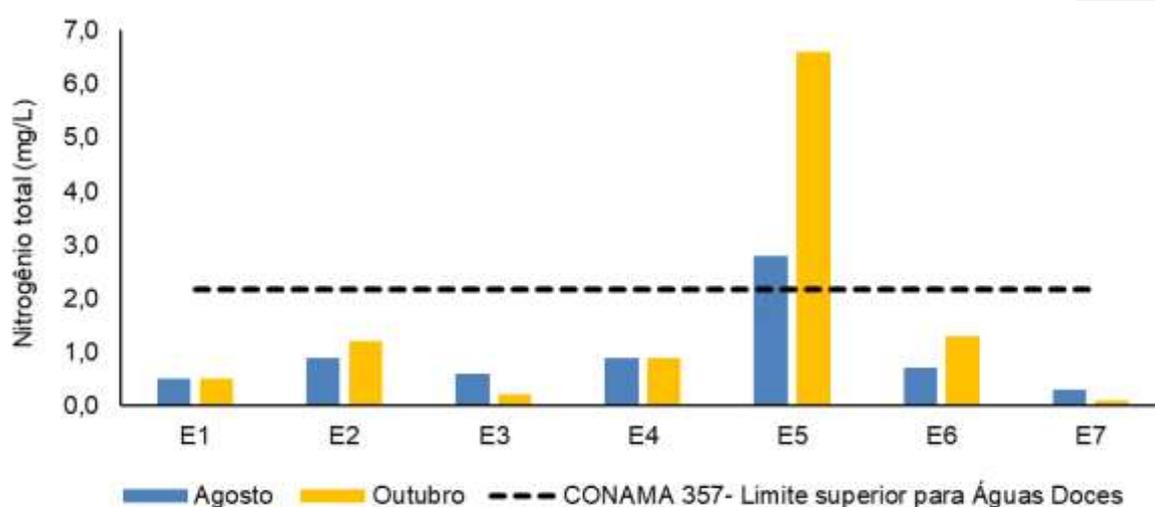
Em relação ao nitrogênio total, as concentrações encontradas na campanha de agosto foram de 0,3 mg/L nas águas coletadas na estação E7 a 2,8 mg/L na amostra no ponto E5 (Figura 6-13). Já na campanha de outubro a variação desse nutriente foi de 0,1 mg/L na amostra de E7 a 6,6 mg/L nas águas analisadas em E5. Observou-se um mesmo padrão dos resultados máximos e mínimos dos pontos amostrais nas duas coletas realizadas.

Ressalta-se ainda que na campanha de agosto 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, e 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 e Águas Salinas Classe 1. No que se refere à campanha de outubro, as amostras que foram classificadas como Água Doce de Classe 2 apresentaram resultados dentro do estipulado pela normativa de referência.

Nos tópicos anteriores também foi verificado que as amostras do ponto E5 apresentaram elevados valores de fósforo e fosfato. Essas altas concentrações dos nutrientes corroboram o aporte de efluentes no sistema e o uso e ocupação irregular do solo, além de propiciarem processos de eutrofização.

Figura 6-13 Resultados de nitrogênio total das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



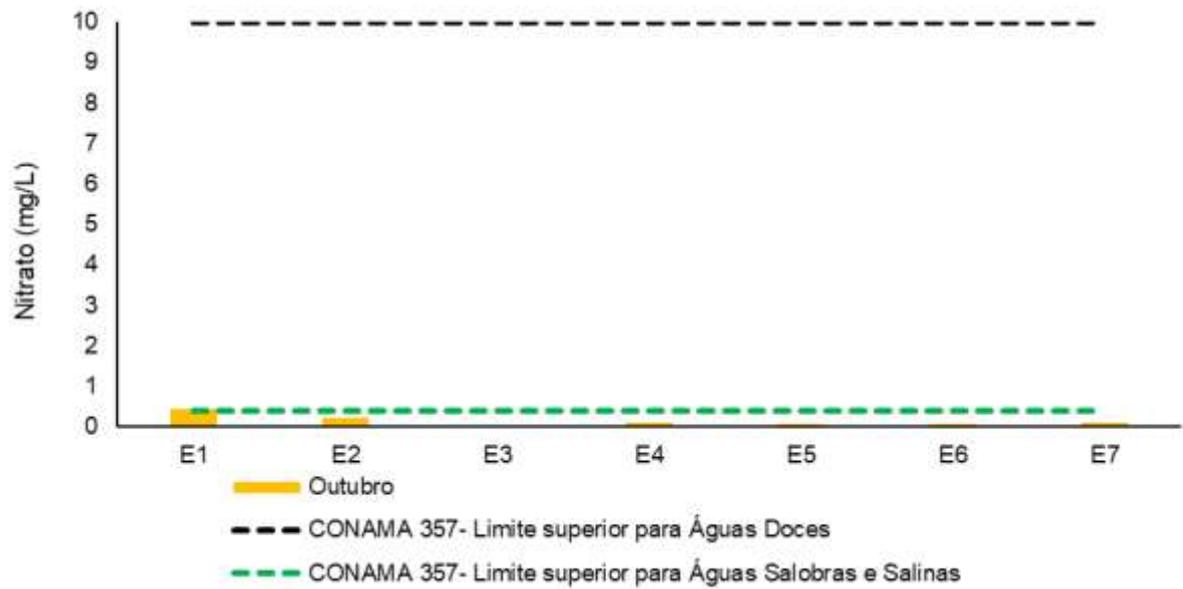
6.1.14 Nitrato

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. (CETESB, 2014). Nesse sentido, destaca-se que o nitrato é um íon relevante e ocorre naturalmente no ambiente, mas, atualmente, sua detecção em excesso nos diferentes compartimentos ambientais está associada a diferentes fontes de contaminação antrópica como efluentes domésticos e industriais e de atividades, bem como a utilização exacerbada de fertilizantes na agricultura (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2018; CETESB, 2022). Essa variável ambiental, segundo a literatura é considerada um poluente que mais traz prejuízo para os recursos hídricos, já que favorecem a produção excessiva de algas e fitoplâncton que levam a processos de eutrofização (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2018) e está associada a contaminação da água potável (BURT et al. 2010). Por conta dos fatores previamente elencados, o monitoramento do nitrato nos corpos hídricos tem ganhado cada vez mais destaque em estudos ambientais.

Destaca-se que esse parâmetro começou a ser avaliado a partir da campanha realizada em outubro de 2023. Com base nos resultados obtidos, foi notada uma variação de <0,05 mg/L nas águas de E3 a 0,43 mg/L na amostra de E1.

Diante do exposto, verificou-se que todas as amostras analisadas apresentaram valores que estavam em conformidade para Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 (Figura 6-14).

Figura 6-14 Resultados de nitrato da campanha realizada em outubro de 2023.



6.1.15 Coliformes termotolerantes

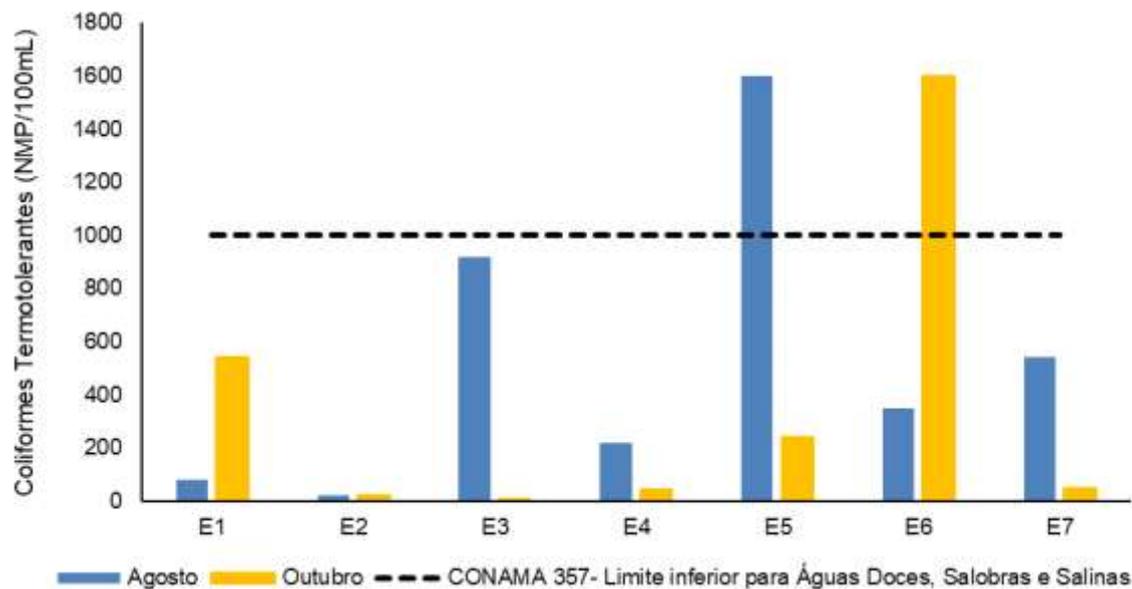
A poluição por esgoto sanitário pode levar a uma série de alterações em ecossistemas aquáticos, levando ao aumento nas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas, turbidez e coliformes. Os coliformes são bactérias presentes no trato intestinal humano, sendo assim, as concentrações 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, na campanha de agosto, 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 6-15), acima do valor máximo quantificável pelo método analítico. Já na campanha de outubro, o menor valor reportado foi na amostra de E3 que apresentou 7,8 NMP/100 mL e a maior concentração foi verificada nas águas analisadas em E6 que exibiu >1.600 NMP/100 mL. Quando comparados os valores obtidos de coliformes termotolerantes, constatou-se, de forma majoritária, uma diminuição na campanha de outubro quando comparada com a coleta anterior.

De acordo com o estipulado na Resolução CONAMA nº 357/2005, o valor reportado na amostra de E5 na campanha de agosto apresentou 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. Já na campanha de outubro, as águas analisadas em E6 apresentaram concentrações acima do permitido para Águas Salobras Classe 1 e as demais amostras apresentaram valores que estavam dentro do estipulado pela normativa de referência.

As altas concentrações de coliformes termotolerantes nas amostras de E5 e E6 sugerem a ocorrência de lançamento de águas residuais no Valão das Corujas e no Rio das Ostras.

Figura 6-15 Resultados de coliformes termotolerantes das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



7 Diagnóstico das campanhas de agosto e outubro

Com base nos resultados apresentados nos tópicos anteriores, verificou-se nas duas campanhas realizadas que não há estratificação halina entre as massas d'água da superfície e do fundo, o que é confirmado com os dados de salinidade e condutividade. Esses resultados reforçam, o que vem sendo confirmado ao longo do monitoramento, que o estuário do rio das Ostras sofre 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). Isso é evidenciado com a variação da salinidade das campanhas de agosto e outubro.

Além disso, observou-se que os maiores valores reportados para determinados parâmetros, como a salinidade, condutividade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e pH, ocorreram em E7, na foz do rio das Ostras, nas campanhas de agosto e outubro. Devido a relação entre o pH e a condutividade, essas variáveis podem sofrer interferência dos sólidos totais e da salinidade, uma vez que as faixas de variação do pH atuam na precipitação de material particulado, íons e sais que medem a condutividade (ESTEVES, 2011). Destaca-se ainda que estudos prévios também indicam o aumento do pH nas águas da foz do Rio das Ostras em relação aos demais pontos amostrais (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Verificou-se também, de maneira geral, maiores valores de turbidez na coleta de agosto quando comparada a de outubro. Acredita-se que o maior volume de chuvas da campanha de agosto pode ter favorecido o aumento desse parâmetro. Adicionalmente, foi verificado maiores valores de turbidez nas duas campanhas de monitoramento nas amostras de E6, estação situada no rio das Ostras, a jusante do Valão das Corujas. Esses resultados podem estar associados 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). Além das elevadas concentrações de sólidos totais e sólidos dissolvidos totais notadas nas águas da estação E6. Adicionalmente, existem outros locais ao longo dos corpos hídricos monitorados que

reconhecidamente realizam o descarte incorreto de efluentes, como nos pontos E6 e E7, situados próximos à 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), reforçando o incremento da turbidez nas amostras de E6.

Foi notada uma variação de alguns parâmetros nas duas campanhas realizadas. Em outubro, observou-se por exemplo, de maneira geral, um aumento dos sólidos totais, DBO e fósforo e uma redução significativa do OD em comparação aos resultados de agosto. Toda essa alteração da qualidade ambiental teve reflexos no diagnóstico da qualidade das águas, que será melhor discutido nos tópicos da PCA e do IQA.

Os valores encontrados nas coletas de agosto e outubro para os nutrientes, como fósforo, fosfato e nitrogênio, foram maiores nas amostras da estação E5 (localizado no Valão das Corujas). Esses resultados podem indicar o aumento de processos de eutrofização nas águas desse ponto amostral, já que nitrogênio e fósforo são variáveis ambientais que favorecem o crescimento de algas. Adicionalmente, essas elevadas concentrações dos parâmetros supracitados estão relacionadas ao uso e ocupação irregular do solo com o aporte de águas residuais sem tratamento (PRIOSTE, 2007).

Além dos impactos da urbanização, que foram mencionados previamente, é importante frisar que as áreas menos urbanizadas, como os rios Iriri e Jundiá, amostrados pelos pontos E1 (situado no rio Iriri, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras), E2 (localizado no rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras) e E4 (situado no rio Iriri, na intersecção com a rodovia Eng^o Luiz Gonzaga Quirino Tannus), são mais impactados pelas atividades agrícolas. Uma vez que, de acordo com o relatório do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras (2013), áreas de pastagens do município circundam a área de estudo do presente monitoramento (BARROSO; MOLISANI, 2019, BERNINI et al., 2013; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2013). Portanto, o aumento de nutrientes, como por exemplo o fósforo, nessas localidades pode estar associado ao uso de fertilizantes que chegam até os corpos hídricos avaliados.

As informações previamente mencionadas podem estar associadas com a baixa de OD nas amostras de E1 da campanha de agosto e E2 da coleta de outubro. Vale reforçar que essa variável ambiental é um fator limitantes para a vida aquática e alguns organismos como peixes, por exemplo, que apresentam mortalidade quando tem uma queda desse parâmetro. De acordo com a CETESB (2023), valores de OD menores que 2 mg/L representam um risco para a biota.

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).

De acordo com os resultados expostos na [Tabela 7-1](#) observa-se que o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valores significativos ($p < 0,05$), o que atende aos critérios de adequação. Já o teste de KMO apresentou valores próximos do estabelecido como o ideal, portanto, o resultado obtido (0,627) é considerado aceitável.

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

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,627
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	178
Graus de liberdade	55
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 38,41% e 24,25% da variação dos dados, totalizando 62,66%, que podem ser vistos na Figura 7-1. É possível concluir através da figura que diferentes fatores ambientais interferiram no diagnóstico dos pontos de coleta.

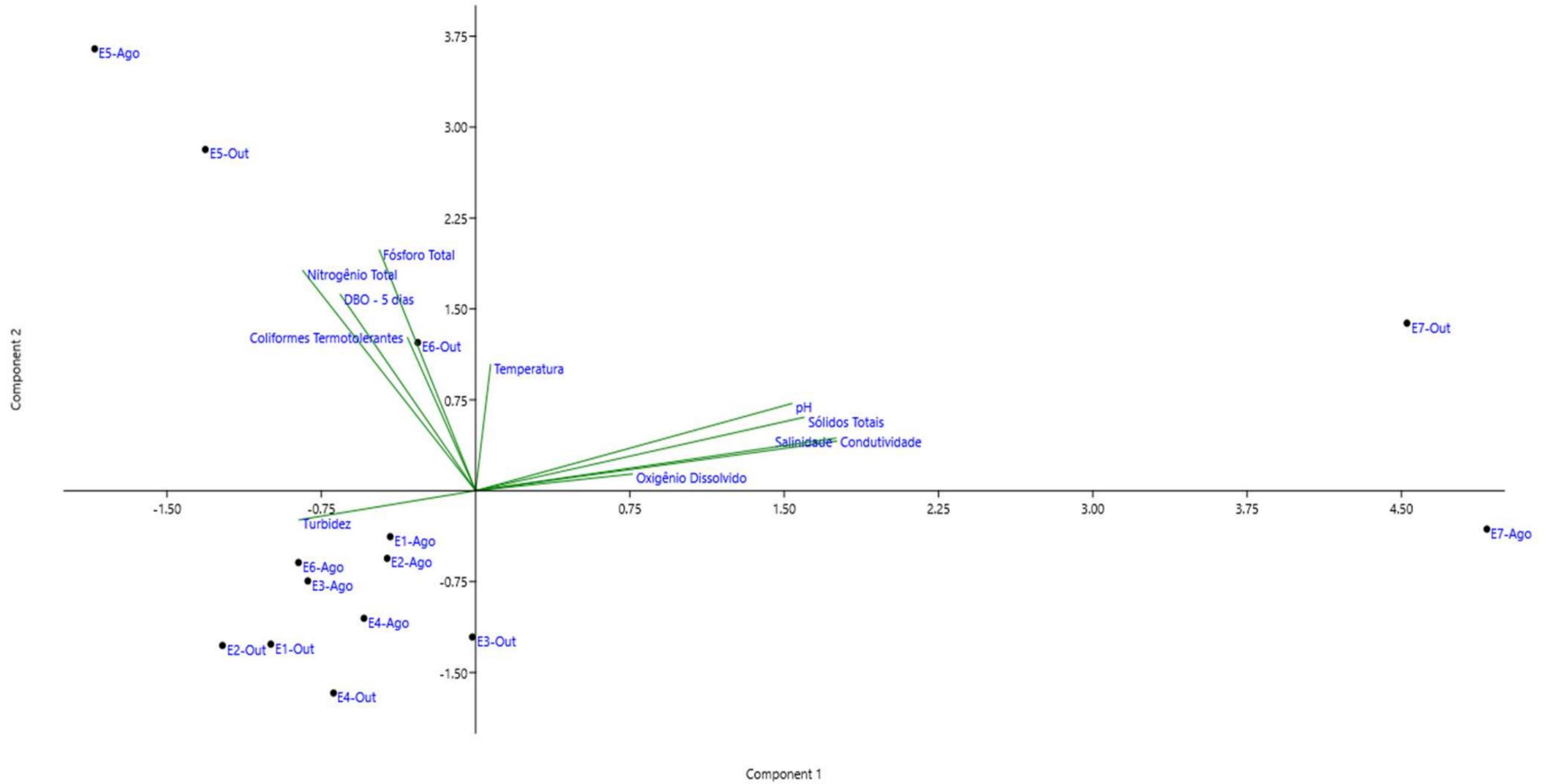
Identificou-se uma influência do pH, sólidos totais, salinidade e condutividade sobre a amostra de E7 na campanha de outubro. Isso pode ser explicado com as elevadas concentrações dos parâmetros supracitados no ponto localizado na foz do Rio das Ostras, corroborando com a ação das marés nesse ponto amostral.

Além disso, verificou-se que as amostras do ponto E5, principalmente da coleta de outubro, situado no Valão das Corujas, teve maior influência de fósforo total, DBO e nitrogênio total, corroborando com os resultados prévios apresentados para essas variáveis ambientais. Vale reforçar, com base em dados pretéritos, que o ambiente avaliado apresenta um histórico de poluição proveniente de águas residuais (PRIOSTE, 2007), o que foi confirmado com as altas concentrações dos nutrientes supracitados e da DBO.

Também é possível notar que a turbidez teve uma interferência nas amostras de E1, E2, E3, E4 e E6 da campanha de agosto, o que pode ter uma associação com o volume de chuvas dessa campanha, bem como a variação desse parâmetro nos diferentes pontos amostrais.

Salienta-se que para fins comparativos foram utilizados na PCA somente os parâmetros analisados nas duas campanhas de monitoramento.

Figura 7-1 Resultado da análise dos componentes principais das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.



7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Em relação ao IQA, é importante ressaltar que para fins comparativos esse índice foi calculado de duas formas. A primeira, presente na Tabela 7-2, realizada para as duas campanhas considerou para a avaliação do IQA os seguintes parâmetros: coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio total, OD, pH, sólidos totais, temperatura e turbidez. No entanto, após tratativas internas, foram incluídos novos parâmetros para o presente estudo de monitoramento ambiental. Portanto, a Tabela 7-3 apresenta o cálculo do IQA, somente do mês de outubro, contemplando as variáveis ambientais: coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, nitrato, OD, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez.

Com base no exposto na Tabela 7-2, verifica-se que para o mês de agosto o IQA apresentou 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). As análises do índice de qualidade da água, na coleta realizada em agosto apresentaram seis amostras classificadas como médias e uma categorizada como ruim (Tabela 7-2). Já na campanha de outubro houve uma menor variação dos resultados, o valor mais elevado do IQA foi de 49,91 em E4, situado no rio Iriri e o resultado mais baixo foi observado em E5, apresentando 26,17, reforçando os resultados obtidos das altas concentrações de nutrientes e DBO. Tendo em vista os baixos valores do IQA na campanha de outubro, todas as amostras foram classificadas como ruins com base na classificação estabelecida pelo INEA.

Diante do exposto, nota-se que as águas de E1 a E7 amostradas na campanha de agosto, 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). Já na campanha de outubro, todas as amostras foram classificadas como ruins, indicando que as águas estão inapropriadas para o tratamento convencional das águas.

Considerando os novos parâmetros incluídos no monitoramento a partir da coleta de outubro de 2023, os valores do IQA apresentados na Tabela 7-3 apresentaram uma variação de 25,85 na amostra de E5 a 50,25 nas águas avaliadas

em E4. Todas as amostras apresentaram um IQA classificado como ruim, exceto em E4, que foi classificado como médio. Demonstrando assim, como na análise descrita previamente, que seis amostras são consideradas inapropriadas e requerem tratamentos mais avançados e as águas de E4 estão apropriadas para serem usadas para o tratamento convencional tendo em vista o abastecimento público.

Além disso, é importante salientar que não foram observadas diferenças significativas entre os cálculos de IQA para o mês de outubro conforme apresentado na Tabela 7-2 e na Tabela 7-3. De forma majoritária, todas as amostras foram classificadas como ruins, a exceção ocorreu somente em E4, que apresentou uma variação entre ruim e médio.

Também foi possível observar uma mudança dos valores encontrados na campanha de outubro em algumas variáveis ambientais, como por exemplo, o aumento dos sólidos dissolvidos totais, nitrogênio total e redução das concentrações de OD que refletiram diretamente na redução dos valores do IQA da coleta de outubro, como pode ser visto na Tabela 7-2.

Conforme 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 estudo ambiental realizado pelo INEA e com base no atual monitoramento, somente o ponto P7 se aproxima com a estação amostral monitorada nos relatórios consolidados do órgão ambiental. Na campanha de agosto, o IQA da amostra do E7 foi classificado como médio e em outubro foi categorizado como ruim. Sendo assim, os resultados apresentados nas duas campanhas de estudo ambiental e os dados prévios indicam uma continuação da degradação ambiental nessa localidade e a necessidade de ações e medidas de mitigação.

Destaca-se ainda que as localidades com maiores concentrações de coliformes termotolerantes, nutrientes e DBO podem estar associadas à atividades antrópicas, como por exemplo o uso e ocupação irregular do entorno e o lançamento de efluentes sanitários sem tratamento ou irregulares, como observado principalmente na amostra de E5 nas duas campanhas de monitoramento.

As estações amostrais, de maneira geral, apresentaram uma menor influência da maré na coleta de agosto, 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). Já na campanha de outubro, verificou-se uma maior interferência das marés, onde as amostras de E1 a E4 foram classificadas como Águas Doces Classe 2, E5 e E6 como Águas Salinas Classe 1 e as águas analisadas em E7, como Águas Salobras Classe 1. Nesse sentido, reforça-se que a variação de salinidade encontrada tem influência em outros parâmetros, como pH, sólidos totais dissolvidos, turbidez, entre outros, como observado na campanha de outubro, por exemplo. Esses fatores podem mascarar ou apresentar resultados que não são adequados com as categorias estipuladas pelo Índice de Qualidade da Água (IQA). Portanto, a continuidade dos estudos ambientais pode indicar se o índice pode ser aplicado aos pontos amostrais monitorados com confiabilidade.

Tabela 7-2 - Resultados de IQA em cada estação amostral das campanhas realizadas em agosto e outubro de 2023.

Estação	Localização	Município	IQA Ago/23	IQA Out/23	Média
E1	Afluentes do rio Iriri	Rio das Ostras	52,55	29,53	41,04
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	63,82	29,36	46,59
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	Rio das Ostras	60,63	47,31	53,97
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	Rio das Ostras	53,67	49,91	51,97
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	44,94	26,17	35,56
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	Rio das Ostras	64,51	28,05	46,28
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	Rio das Ostras	56,15	36,98	46,57
Intervalo de Valores de IQA	$100 \geq IQA \geq 90$	$90 > IQA \geq 70$	$70 > IQA \geq 50$	$50 > IQA \geq 25$	$25 > IQA \geq 0$
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas	Águas apropriadas	Águas apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

Tabela 7-3 - Resultados de IQA em cada estação amostral do mês de outubro de 2023 considerando os novos parâmetros avaliados.

Estação	Localização	Município	IQA Out/2023
E1	Afluente do rio Iriri	Rio das Ostras	29,93
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	31,50
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	Rio das Ostras	49,13
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	Rio das Ostras	50,25
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	25,85
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	Rio das Ostras	28,35
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	Rio das Ostras	36,23
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

De maneira geral, as coletas realizadas em agosto e outubro evidenciam diferenças da influência da precipitação, isso foi observado nos resultados de salinidade, onde em agosto, o aumento da vazão dos rios contribuiu para a diminuição da influência oceânica. Já na campanha de outubro, essa interferência se estendeu de E7 a E5. Outro fator que vem sendo evidenciado, que reflete nos dados obtidos ao longo das campanhas de monitoramento, são as ações antrópicas como o uso e ocupação do solo e lançamento de efluentes sem tratamento.

Além disso, assim como vem sendo observado ao longo das coletas dos diferentes quadrimestres, determinados parâmetros apresentaram um padrão espacial semelhante ao encontrado nas campanhas anteriores, como no caso da salinidade, condutividade, sólidos e pH. Esses fatores confirmam a influência das marés nas amostras de E7, situado na foz do rio das Ostras e demonstrado no presente relatório.

Adicionalmente, deve-se manter uma atenção ao longo do monitoramento para as análises da amostra de E5, pois, nas duas campanhas foram observadas altas concentrações de nutrientes e DBO e na campanha de agosto elevados valores de coliformes. Salienta-se que os resultados obtidos para as águas dessa estação amostral podem estar associados a processos de eutrofização, já que também foi notada baixa concentração de OD.

Outro fator que merece relevância para os monitoramentos futuros são as baixas concentrações de OD evidenciadas nas coletas de agosto e outubro, reforçando a ocorrência de matéria orgânica nos diferentes corpos hídricos monitorados. Conforme descrito previamente, a redução dessa variável ambiental impacta diretamente a biodiversidade, já que pode levar à mortalidade de animais.

Ademais, verificou-se que as mudanças significativas das variáveis monitoradas refletiram diretamente no resultado do IQA da coleta de outubro. Na campanha de agosto, por exemplo, das 7 amostras, somente uma foi categorizada como ruim e as demais como médias. Já em outubro, considerando os mesmos parâmetros do IQA analisados em agosto, todas as águas analisadas foram classificadas como ruins.

Vale destacar que devido à grande influência da maré no presente estudo ambiental, a continuidade do monitoramento deve contribuir nas próximas campanhas para uma melhor análise a respeito da aplicabilidade do IQA na região, uma vez que a salinidade influencia em diversos parâmetros que são utilizados no cálculo. Além disso, pode auxiliar na detecção da interferência da sazonalidade nos resultados e na confirmação de padrões de resultados, como já vem sendo detectado por exemplo, nas amostras de E7. Adicionalmente, os resultados apresentados no presente relatório, juntamente com os monitoramentos realizados posteriormente, podem servir como subsídio para a tomada de decisão para ações de mitigação das atividades antrópicas que vêm favorecendo a degradação dos rios monitorados.

Referências

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

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.

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.

ALAHY, M.D.E.E.; MUKHOPADHYAY, S.C. Detection methods of nitrate in water: A review. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 280, p. 210-221, 2018.

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. Batimetria, 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.

BURT, T. P. 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.

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.

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. 64f.

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.

CETESB. **Oxigênio dissolvido**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>>. Acesso em: 04 dez. 2023

CETESB. **Ficha de Informação toxicológica- Nitrato e nitrito**. 2022. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/12/Nitrato-e-Nitrito.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2023.

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.

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.

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

DICKERSON, B.R.; VINYARD, G.L. 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, 1999.

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 Agricola**, 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