

Relatório Técnico Parcial IV

Revisão 01

Referência: Janeiro e Março 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 nº 195090
Silvia Lisboa de Araujo	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos	CRBio nº 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br	CRQ/RJ nº 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br	CRBio nº 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br	CRBio nº 78165/02-D
Rafaela dos Santos Costa	Dra. Em Desenvolvimento e Meio Ambiente, graduada em Ciências Biológicas projetos04@oceanus.bio.br	-
Raphael Ferreira Corrêa	Biólogo Apoio Técnico na Avaliação dos dados e Elaboração dos Relatórios projetos02@oceanus.bio.br	-
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).

**Principal contato de comunicação.

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

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio- Lagos São João
00	28/04/2023	Emissão original	Raphael/ Rafaela	Silvia Lisboa	
01	31/05/2023	Revisão em atendimento ao I Relatório de Avaliação dos Produtos "Relatório Técnico Parcial III" e "Relatório Técnico Parcial IV"	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	

Índice Geral

1	Introdução	5
2	OBJETIVO GERAL	6
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
4	Áreas de Estudo.....	6
4.1	Rio Iriri.....	8
4.2	Rio Jundiá	10
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	Fundamentação Teórica dos Parâmetros.....	22
6.1	Salinidade	22
6.2	Condutividade	22
6.3	Sólidos totais em suspensão.....	22
6.4	Turbidez	22
6.5	pH.....	23
6.6	Temperatura	23
6.7	Oxigênio dissolvido	23
6.8	DBO	24
6.9	Fósforo total	24
6.10	Nitrogênio total	24
6.11	Coliformes termotolerantes.....	25
7	Resultados e discussão.....	26
7.1	Análise Físico-química e biológica	26
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	43
8	Observações gerais	46
	REFERÊNCIAS	47
	ANEXOS	50

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 podem 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 observado 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 estabelecimento de diagnóstico da qualidade da água ao utilizar parâmetros indicadores (biológicos, físicos ou 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 tem-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 do trecho Valão das Corujas que desemboca na foz do rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). Ao longo da bacia é observado pastagens, alagados e uma área de manguezal protegida por regulamentações estuais e federais (BARROSO, 2016).

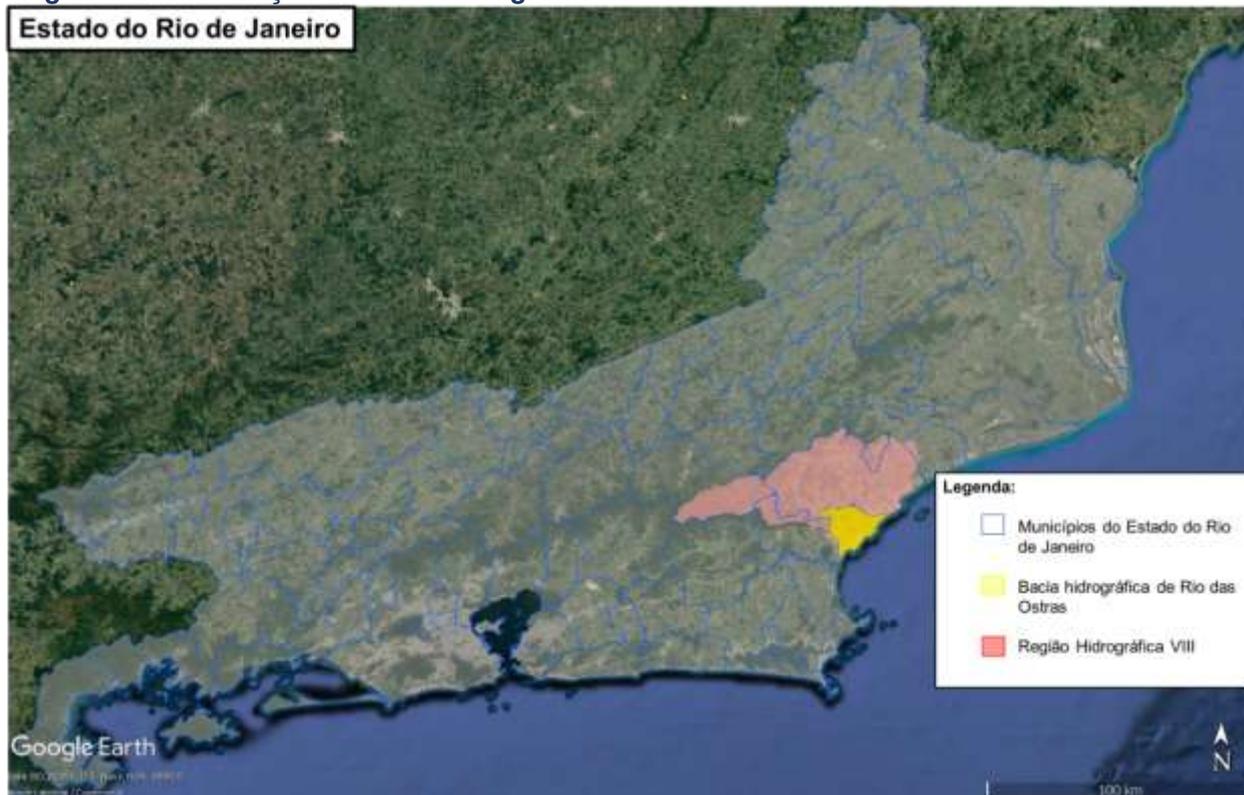
Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, há a ocorrência de duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm)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

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 (PMRO, 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, 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 assoreamento do canal. 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 sofre 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 no item 6. Em relação ao fundo, foram avaliados a salinidade e a condutividade.

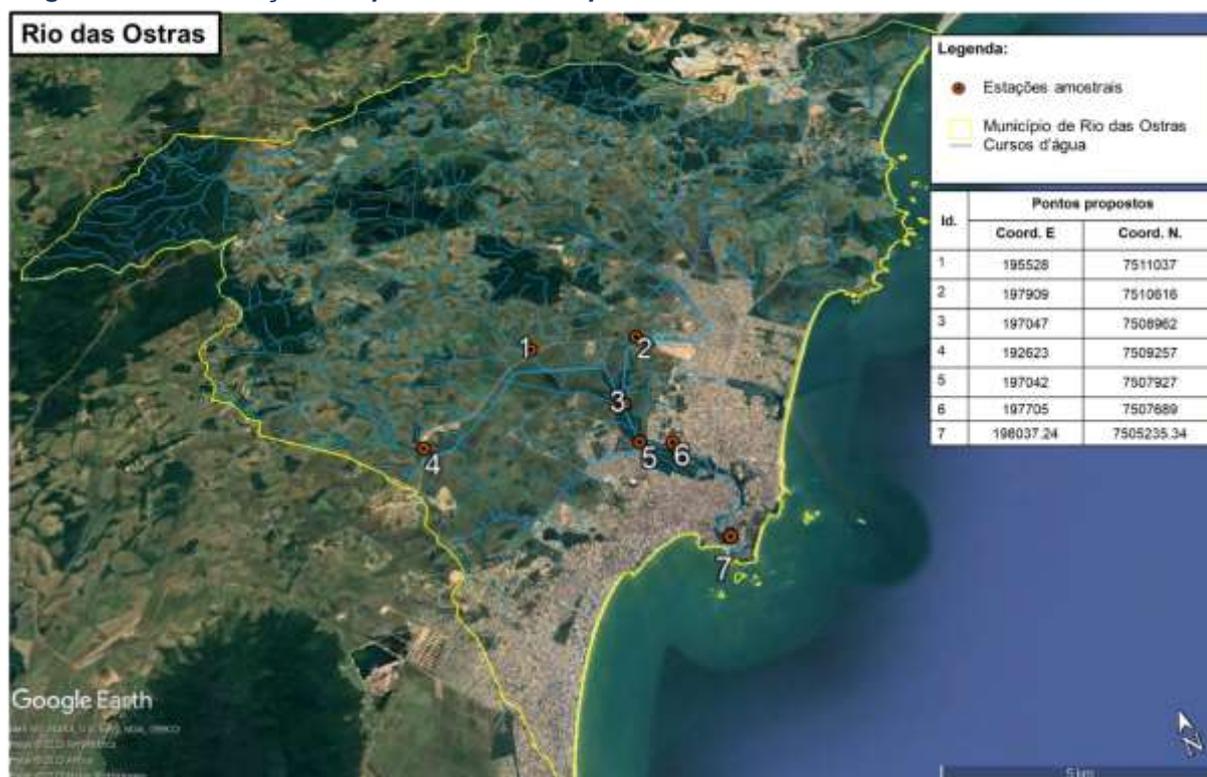
Assim como na coleta realizada em janeiro/23, devido à falta de acessibilidade em E1 e E7 durante a atividade de campo, foram mantidas as alterações de coordenadas,

como solicitado pelo cliente (coletado no afluente do rio Iriri). Em relação a E3 foi possível o acesso às coordenadas originais.

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

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Largura (Termo de Referência) (m)	Profundidade (janeiro) (m)	Profundidade (março) (m)
		E	S			
E1	Rio Iriri, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	195528	7511037	8	1,05	0,75
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,04	1,15
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá	197047	7508962	20	1,20	2,0
E4	Rio Iriri, na intersecção com a rodovia Eng ^o Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,15	0,93
E5	Valão das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	30	0,53	0,79
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas	197705	7507689	25	1,10	1,80
E7	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,25	0,74

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



5 METODOLOGIA

As campanhas do segundo bimestre ocorreram nos dias 19/01/2023 e 20/03/2023, 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 coleta, conforme Quadro 5-1, cujos laudos 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 a seguir:

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

Quadro 5-2. 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 serão comparados com as normativas estabelecidas nas Resoluções CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005) e n° 430/2011 (BRASIL, 2011), 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 são 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 das coletas, 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, são 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:

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

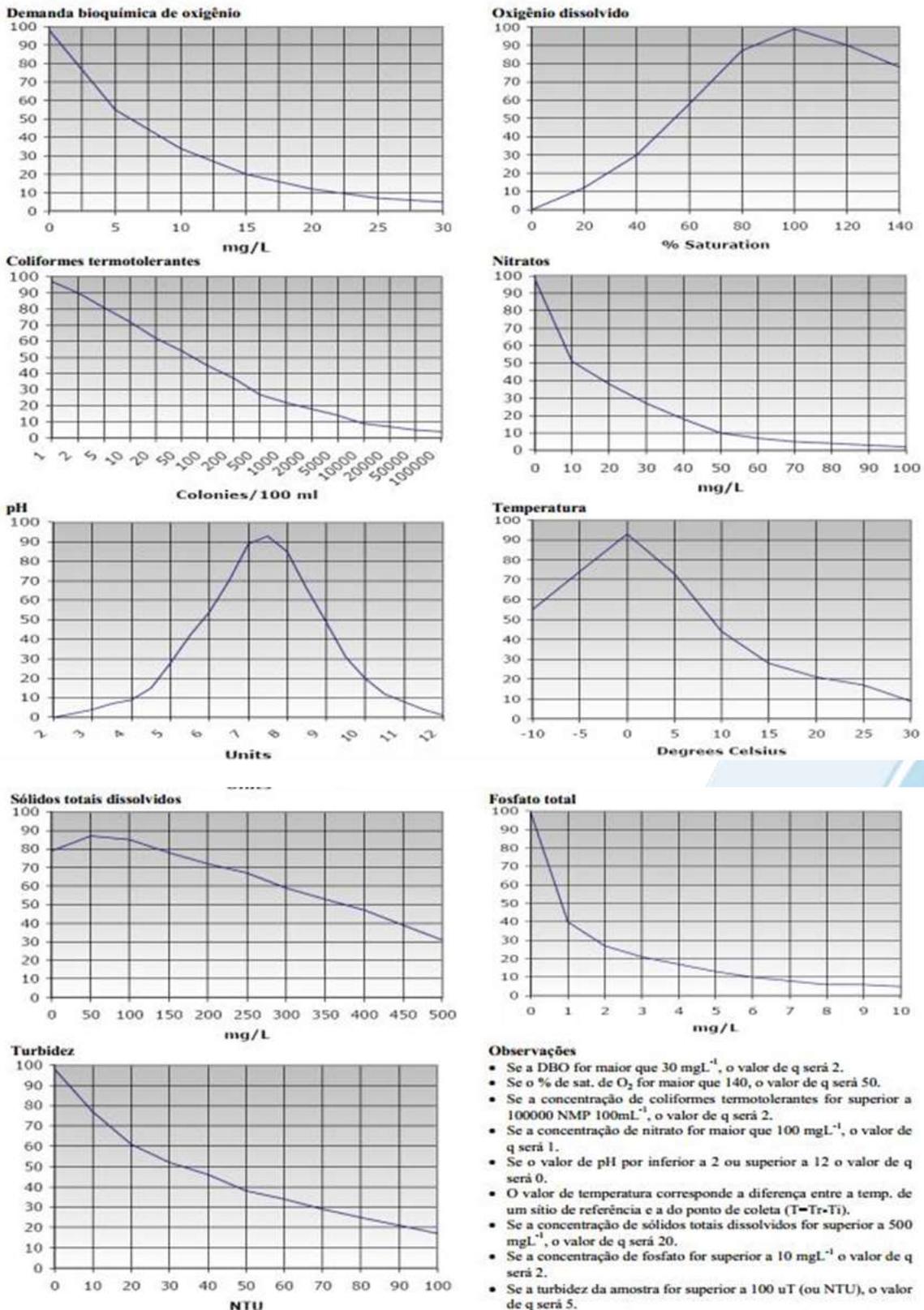
Sendo:

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 – Memória de cálculo IQA.

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 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DOS PARÂMETROS

6.1 Salinidade

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

6.2 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).

6.3 Sólidos totais em suspensão

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).

6.4 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).

6.5 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).

6.6 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).

6.7 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, 2014; ANA, 2023).

6.8 DBO

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

6.9 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 (ESTEVEZ, 2011).

6.10 Nitrogênio total

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

6.11 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).

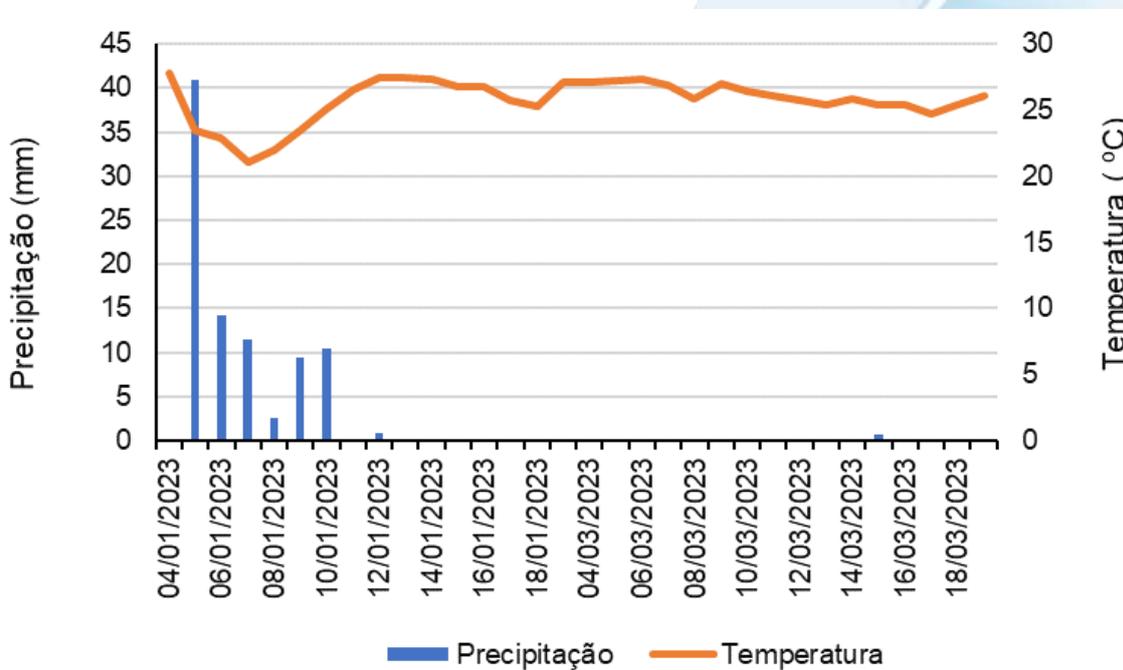
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Análise físico-química e biológica

Os resultados da precipitação e temperatura durante o período de coleta indicam que nos quinze dias anteriores à terceira coleta houve uma média de temperatura de 25,27°C e precipitação acumulada de 90 mm, o que é considerada como precipitação muito forte, segundo *World Meteorological Organization* (2008). Na quarta campanha, esses valores foram de 26,18°C e 0,60 mm, respectivamente, e que pode ser classificada como uma precipitação fraca (Figura 7-1).

Esses resultados seguem o histórico da região encontrado para o verão durante as coletas e seus respectivos meses, com maior e menor intensidade respectivamente para dezembro, janeiro e fevereiro (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ e DAS OSTRAS, 2012).

Figura 7-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas de 19/01/2023 e 20/03/2023.



Os resultados obtidos para as campanhas de janeiro e março de 2023 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/05 podem ser vistos nas Tabela 7-1 e Tabela 7-2 e nas Figura 7-2, Figura 7-3 e Figura 7-4.

Tabela 7-1 - Resultados dos parâmetros analisados para as coletas de 19/01/2023 e 20/03/2023.

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Temperatura (°C)	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais (mg/L)
E1	19/01/2023	Sup	28,09	0,05	115	4,95	32	110
		Fun	-	0,07	151	-	-	-
	20/03/2023	Sup	27,18	0,05	101	6,23	31,8	92
		Fun	-	0,05	104	-	-	-
E2	19/01/2023	Sup	29,07	0,16	347	4,88	<0,1	227
		Fun	-	0,16	350	-	-	-
	20/03/2023	Sup	30,27	0,22	472	6,26	83,6	244
		Fun	-	0,33	487	-	-	-
E3	19/01/2023	Sup	29,01	0,25	523	5,41	98,1	248
		Fun	-	0,24	506	-	-	-
	20/03/2023	Sup	28,07	12,14	20430	6,99	24,3	10464
		Fun	-	13,51	22530	-	-	-
E4	19/01/2023	Sup	28,94	0,06	139	5,15	62,5	150
		Fun	-	0,08	168	-	-	-
	20/03/2023	Sup	29,51	0,09	200	7,23	47,8	160
		Fun	-	0,1	228	-	-	-
E5	19/01/2023	Sup	30,16	0,28	577	5,95	125,9	335
		Fun	-	0,28	587	-	-	-
	20/03/2023	Sup	28,05	28,95	45100	6,75	16,1	36192
		Fun	-	29,77	46060	-	-	-
E6	19/01/2023	Sup	29,04	0,38	779	5,97	143,6	289
		Fun	-	0,39	812	-	-	-
	20/03/2023	Sup	28,01	35,3	54940	7,66	<0,1	34602
		Fun	-	36,74	55520	-	-	-
E7	19/01/2023	Sup	30,13	24,39	41900	7	28,3	24067
		Fun	-	27,75	43900	-	-	-
	20/03/2023	Sup	25,69	36,02	54450	7,93	<0,1	37718
		Fun	-	36	54400	-	-	-
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2		-	0,5	-	6 a 9	100	-
	Águas Salobras Classe 1		-	0,5-30	-	6,5 a 8,5	-	-
	Águas Salinas Classe 1		-	≥30	-	6,5 a 8,5	-	-

Tabela 7-2 - Resultados dos parâmetros analisados para as coletas de 19/01/2023 e 20/03/2023.

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Colif. Termotolerantes (NMP/100mL)
E1	19/01/2023	Sup Fun	0,28 -	8 -	< 0,01 -	5,5 -	240 -
	20/03/2023	Sup Fun	1,4 -	13 -	0,03 -	1,1 -	1600 -
E2	19/01/2023	Sup Fun	1,1 -	9 -	0,04 -	2,8 -	>1600,0 -
	20/03/2023	Sup Fun	3,1 -	20 -	0,11 -	4,7 -	>1600,0 -
E3	19/01/2023	Sup Fun	3,87 -	10 -	0,04 -	1,7 -	>1600,0 -
	20/03/2023	Sup Fun	3,75 -	10 -	0,09 -	7,1 -	>1600,0 -
E4	19/01/2023	Sup Fun	<0,1 -	8 -	0,01 -	1,6 -	240 -
	20/03/2023	Sup Fun	3,73 -	10 -	0,04 -	1,2 -	>1600,0 -
E5	19/01/2023	Sup Fun	0,89 -	10 -	0,16 -	3,5 -	>1600,0 -
	20/03/2023	Sup Fun	4,21 -	6 -	< 0,01 -	2,3 -	>1600,0 -
E6	19/01/2023	Sup Fun	3,32 -	8 -	0,13 -	3,4 -	>1600,0 -
	20/03/2023	Sup Fun	4,03 -	13 -	0,03 -	1,8 -	540 -
E7	19/01/2023	Sup Fun	3,25 -	6 -	0,06 -	2,1 -	>1600,0 -
	20/03/2023	Sup Fun	6,0 -	5 -	0,03 -	0,6 -	240 -
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2		≥5	≤5	0,1	< 2,18 (para ambiente lótico)	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral
	Águas Salobras Classe 1		≥ 5	-	0,124	-	
	Águas Salinas Classe 1		≥ 6	-	0,062	-	

Nas coletas realizadas em janeiro, os valores de temperatura da água variaram entre 28,09 °C (E1) e 30,16 °C (E5). A maior variação foi observada na região a montante do rio das Ostras (estações E4, E1, E2 e E3), quando comparado com a região a jusante, onde houve maior semelhança entre as temperaturas registradas (E5 a E7) (30,16°C, 29,4°C e 30,13°C) (Tabela 7-1, Figura 7-3). No mês de março, a menor temperatura foi registrada na estação E7 (25,69°C) e a maior em E2 (30,27°C), no rio Jundiá. Pode-se observar que para essa campanha a variação entre as estações foi maior que na coleta anterior.

A salinidade registrada na campanha de janeiro variou de 0,05‰, em E1 a 24,39‰ na estação E7. Para essa campanha pode-se observar menores valores nas estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá, apresentando um aumento discreto a partir do rio das Ostras na estação E3 (0,25‰) em direção a foz do rio (E7). Durante o mês de março por sua vez, houve um aumento considerável na salinidade para a superfície de toda a área analisada, em que somente E1, E2 e E4 apresentaram valores dentro do enquadramento para Águas Doces, registrando 0,05‰, 0,22‰ e 0,09‰ para esse parâmetro, respectivamente. A partir de E3, foram encontradas salinidades entre 12,14‰ e 36,74‰ (E6), sem grandes diferenças entre a salinidade registrada na superfície e no fundo, como pode ser observado na Tabela 7-1 e Figura 7-2. Cabe salientar que, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, a classificação da salinidade para água doce é definida igual ou inferior a 0,5 ‰, já para a água salobra superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰ e para águas salinas com valores iguais ou superiores a 30 ‰ (BRASIL, 2005).

Esses resultados trazem classificações diferentes para a salinidade quando analisadas espacialmente, tanto quando analisadas temporalmente utilizando a Resolução CONAMA nº 357/2005 como referência. Para a campanha de janeiro, as estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá, e a partir da formação do rio das Ostras (E3, E5 e E6), foram classificadas como Águas Doces Classe 2, enquanto a estação E7, na foz do rio, na região do estuário e com maior influência marinha, a água foi classificada como Águas Salobras Classe 1.

Em março, os resultados de salinidade apresentaram uma variação maior, uma vez que as estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá, foram classificadas como Águas Doces Classe 2 (E1, E2 e E4). A partir da formação do rio das Ostras (em E3 e E5), as águas foram enquadradas como Águas Salobras Classe 1 e nas estações E6 e E7 (na foz do

rio), com maior influência da região do estuário e da ação das marés, a água foi classificada como Águas Salinas Classe 1.

De maneira geral, foram encontrados valores semelhantes entre as amostras de superfície e fundo, o que indica a presença de massas d'água homogêneas (Tabela 7-1, Figura 7-2). As mudanças de enquadramento apresentadas entre as duas coletas podem ter ocorrido em decorrência da influência do regime de chuvas. Como apresentado anteriormente, a precipitação diminuiu abruptamente entre as duas campanhas e em janeiro foi considerada muito forte (Figura 7-1). Essa diminuição da precipitação na segunda campanha pode ter aumentado a influência das águas marinhas na região estudada.

Assim como ocorreu para a salinidade, a condutividade também apresentou uma variação espacial e temporal. Os valores registrados para a campanha de janeiro variaram de 115,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (E1) a 43.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (E7 fundo). As menores condutividades foram encontradas nas estações localizadas a montante da formação do rio das Ostras (E1, E2 e E4) e pode-se observar pequenos aumentos nas estações E3, E5 e E6, atingindo o valor máximo na foz do rio, em E7 (Tabela 7-1, Figura 7-2). Na coleta seguinte, em março, houve um aumento nos valores registrados anteriormente, em que as amostras estiveram dentro do intervalo de 101 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (E1 superfície) a 487 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (E2 fundo) antes da junção dos rios, seguido por flutuações nas amostras de superfície a partir de E3 (20.430 $\mu\text{S}/\text{cm}$), passando por E6 (54.940 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e E7 (54.450 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Em relação às amostras de superfície e fundo, foram encontrados valores semelhantes para ambas as profundidades. O padrão encontrado é similar ao observado para a salinidade que aumentou de montante para jusante, em direção ao mar. Esses resultados são um reflexo da dependência entre esses parâmetros, uma vez que a salinidade é estimada a partir dos dados de condutividade.

Na campanha de janeiro, o menor valor registrado de sólidos totais foi obtido na estação E1 (110 mg/L); já o maior em E7 (24.067 mg/L), seguindo o mesmo padrão observado para os outros dois parâmetros (salinidade e condutividade), com pequenos aumentos a partir de E3 (248 mg/L). Durante as coletas de março foi encontrado um gradiente no sentido da foz do rio, com menores concentrações entre E1 (92 mg/L) e E2 (244 mg/L) e maiores registros a partir de E3 (20.430 mg/L), chegando ao maior resultado em E6 (54.940 mg/L), mais próximo da foz do rio e de E7 (54.450mg/L). Esses resultados são condizentes com a maior influência da maré na campanha de março, em relação à

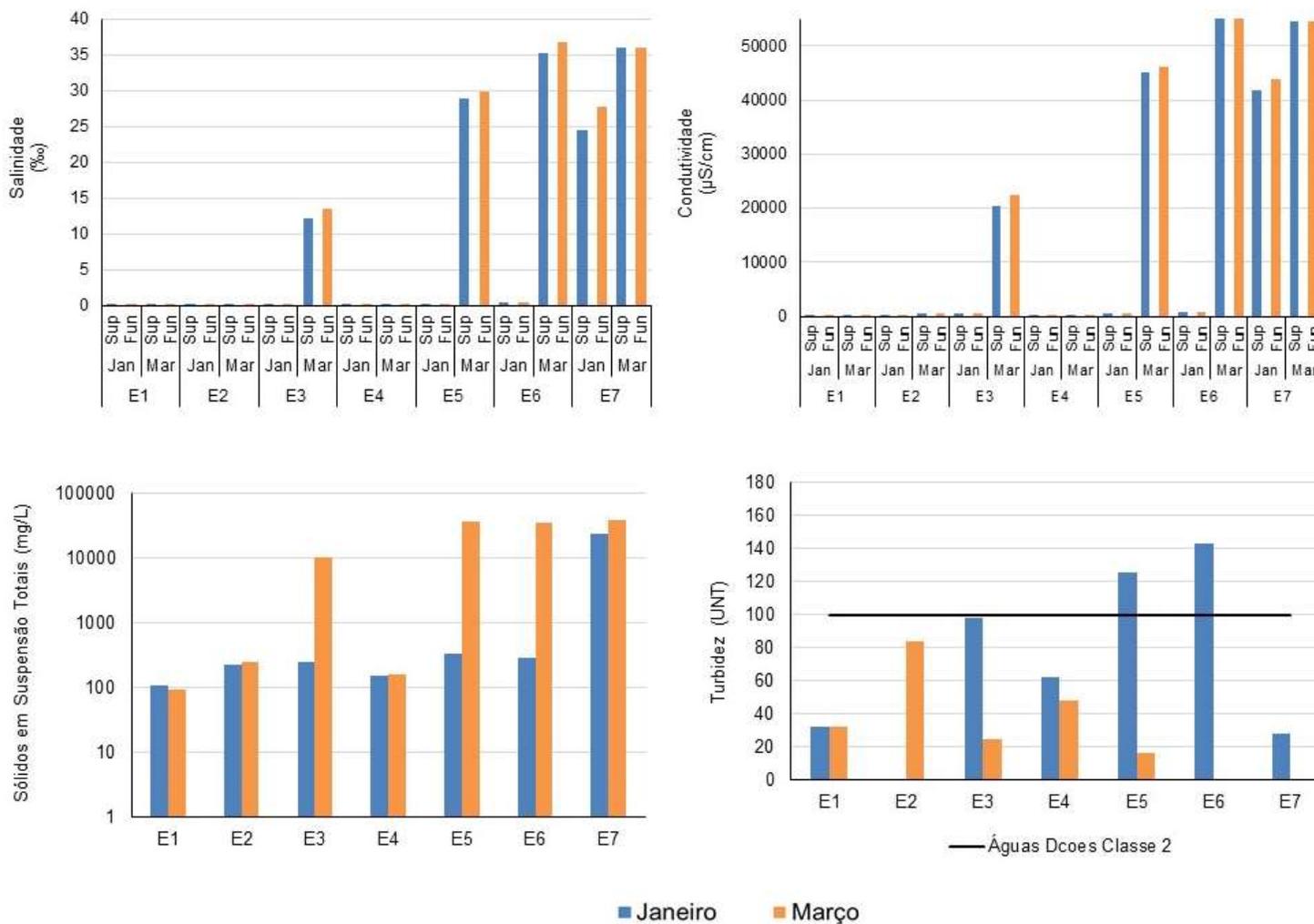
campanha de janeiro. Os valores também concordam com o Plano de Recursos Hídricos que descreve que esse parâmetro atinge os valores máximos na foz do rio das Ostras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

A turbidez observada em janeiro apresentou maiores valores na região do afluente do rio Iriri (E4) com 62,5 UNT, seguido por 98,1 UNT, 125,9 UNT e 143,6 UNT para as estações E3, E5 e E6, respectivamente, enquanto as demais estações amostrais indicaram menores valores (Tabela 7-1, Figura 7-2). Para a campanha do mês de março, o maior resultado foi registrado no rio Jundiá, em E2 (83,6 UNT), enquanto para as outras estações esses valores foram menos expressivos, variando entre <0,1 UNT representando o limite de quantificação do método (E6 e E7) e 47,8 UNT (E4).

Os maiores valores de turbidez no primeiro mês de coleta podem ter ocorrido devido a sua localização em conjunto com as fortes chuvas próximo ao período de amostragem. Essas estações se encontram próximas a áreas de solo exposto, com fortes indícios de erosão. Devido à declividade do terreno, com as chuvas, o material proveniente desse solo exposto contribui com esse aumento, juntamente com a influência urbana em E5 e E6, além da união dos rios em E3. De maneira geral, a turbidez foi baixa nas coletas realizadas em março, com exceção da amostra do ponto E2, localizado no rio Jundiá. Provavelmente, o uso do solo no entorno deste local, bem como o aumento na concentração de nutrientes, podem ter contribuído para a turbidez medida neste ponto.

Desta forma, os resultados encontrados em janeiro para turbidez evidenciam valores acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, Águas Doces Classe 2 (100 UNT) para E5 e E6 (Tabela 7-1). Na campanha de março, os resultados de turbidez estiveram de acordo com os limites estabelecidos pela referida legislação de referência em todos os pontos de amostragem, independentemente do enquadramento das águas.

Figura 7-2 Resultados e limites de salinidade, condutividade, sólidos totais em suspensão (*) e turbidez segundo a Resolução CONAMA 357/05. (*) Resultados apresentados em escala logarítmica.



O pH variou entre 4,88 (estação E2) e 7 (estação E7) na coleta de janeiro. Para essa campanha, assim como ocorreu para salinidade e outros parâmetros, houve um padrão espacial claro, em que as estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá apresentaram valores mais ácidos como 4,95; 4,88 e 5,15 nas estações E1, E2 e E4, respectivamente. Já no início do rio das Ostras, a partir de E3, observa-se valores um pouco mais elevados, entre 5,41 (E3) e 7 (E7). No mês de março houve uma menor variação entre as estações, em que o pH registrou uma variação de 6,23 (estação E1) a 7,93 (estação E7). Esses resultados podem estar relacionados com as diferentes contribuições entre água doce e salina nas duas campanhas, uma vez que uma contribuição maior da água doce tende a diminuir o pH, por apresentar menor salinidade e, possivelmente, conter maior contribuição de compostos húmicos. 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).

Em relação aos limites estabelecidos pela legislação em vigor, Resolução CONAMA nº 357/2005, tem-se que durante a terceira campanha, de E1 a E6, os resultados encontrados foram inferiores ao intervalo estabelecido para Águas Doces Classe 2, enquanto E7 esteve dentro do intervalo previsto para Águas Salobras Classe 1. Durante a quarta campanha, o pH registrado esteve dentro dos seus respectivos padrões para Águas Doces, Salobras e Salinas para todas as amostras (Tabela 7-1, Figura 7-3).

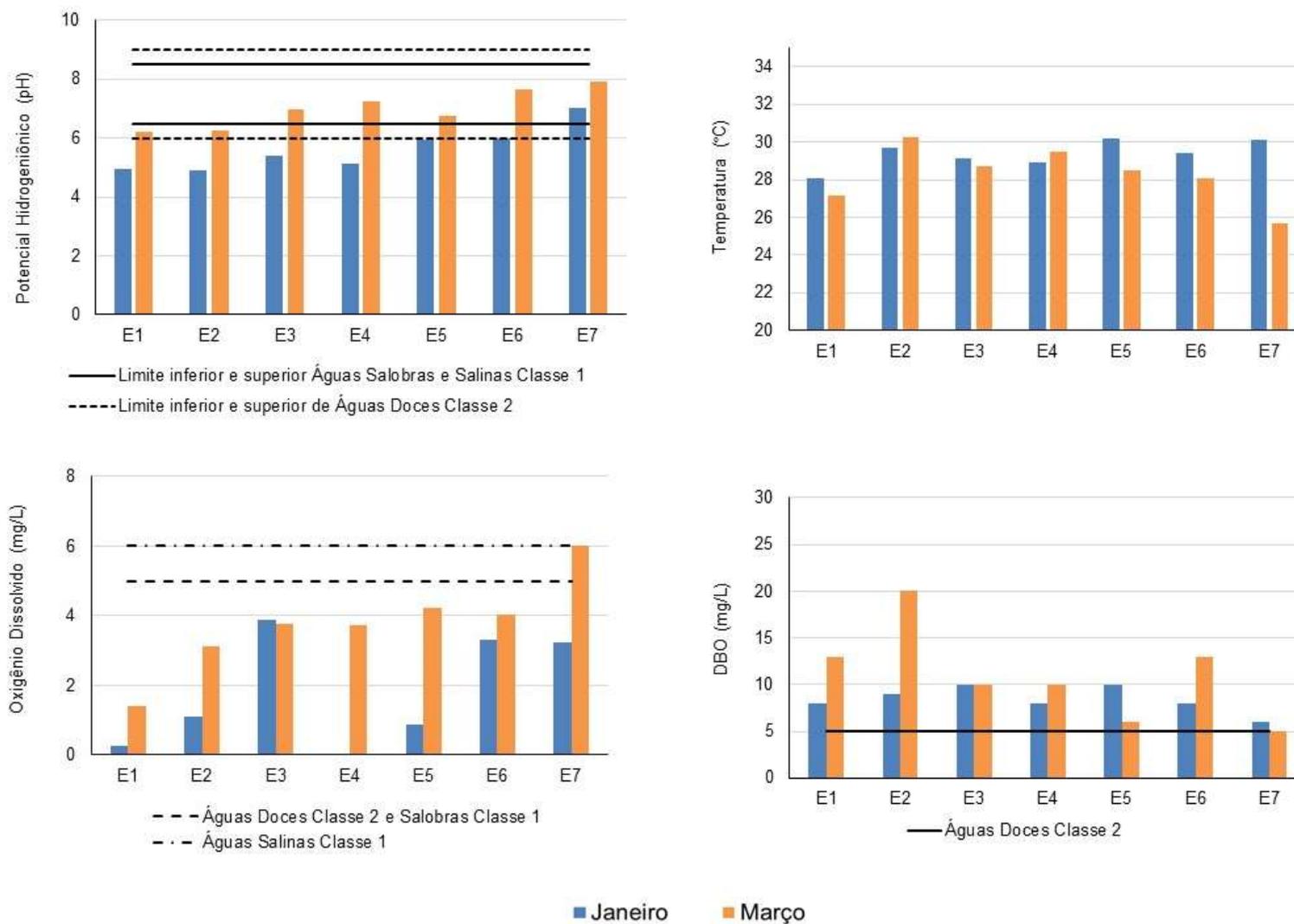
A concentração de oxigênio dissolvido para a campanha de janeiro apresentou uma variação de <0,1 mg/L (E4) a 3,87 mg/L, em E3 (Tabela 7-2, Figura 7-3). Na coleta seguinte, durante o mês de março, esses valores foram de 1,4 mg/L (E1) a 6,0 mg/L (E7). Como pode ser observado nos resultados, a maior concentração de OD, nessa campanha, ocorreu na região de maior mistura das massas d'água fluviais e marinhas. Os valores encontrados de OD para a região são considerados bem baixos, tanto que somente para a estação E7, durante o mês de março, foi registrada uma concentração de OD dentro do que é estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (igual ou superior a 6 mg/L para águas salinas). Esses resultados indicam uma alta concentração de matéria orgânica no sistema, o que tem contribuído para uma diminuição da qualidade da água.

Já para a DBO, a campanha de janeiro registrou valores entre 6 mg/L na região do estuário (E7) até 10 mg/L (E3 e E5). Na campanha realizada em março, a variação registrada foi de 5 mg/L (E7) a 20 mg/L (E2). Esses são valores de DBO considerados altos, principalmente para ambientes classificados como Água Doce. Vale destacar que

nenhuma das localidades enquadradas como Água Doce, atendeu aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para Classe 2 (até 5 mg/L), tanto para janeiro quanto para março (Tabela 7-2, Figura 7-3). Salienta-se ainda que esses valores obtidos de DBO corroboram com diagnósticos realizados previamente que descrevem o rio Jundiá como potencial fonte poluidora em detrimento dos valores desse parâmetro, e de outros como nitrogênio e coliformes termotolerantes (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Os valores de DBO podem estar relacionados com o uso e ocupação do entorno das estações, uma vez que se observa que os maiores registros, como os vistos nas estações E2 e E6, apresentam maior influência de área urbana. Apesar da maior urbanização no entorno de E7, as menores concentrações encontradas podem ser por conta da diluição sofrida por meio do efeito das micromarés.

Figura 7-3 Resultados e limites de pH, temperatura, oxigênio dissolvido e DBO segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Quanto aos nutrientes, a variação registrada para o fósforo durante a campanha de janeiro foi de $<0,01$ mg/L, representando o limite de quantificação do método (estação E1), a $0,16$ mg/L (E5). Nas coletas de março, as concentrações registradas foram menores que na coleta anterior. Para essa campanha, a estação E5 registrou $<0,01$ mg/L, enquanto a estação E2 registrou $0,11$ mg/L de fósforo total. Independentemente da coleta, pode-se observar que o rio Iriri registrou as menores concentrações de fósforo (E1 e E4) quando comparado com as estações localizadas em outros corpos hídricos (Tabela 7-2, Figura 7-4). Para a campanha de janeiro, pode-se observar que as estações de E1 a E6, se enquadram em Águas Doces Classe 2, enquanto E7 em Águas Salobras Classe 1. Em março, E1, E2 e E4 foram classificadas como Águas Doces Classe 2, E3 e E5 como Salobras Classe 1 e E7 como Salinas Classe 1. Na coleta de janeiro, E5 e E6 estiveram acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, o mesmo vale para E2 e E3 durante a coleta de março.

Em relação ao nitrogênio total, durante a coleta de janeiro, as concentrações encontradas foram de $1,60$ mg/L (E4) a $5,50$ mg/L (E1). Na coleta seguinte, em março, a menor concentração foi de $0,6$ mg/L (E7) e a maior de $7,1$ mg/L (E3). Nessa coleta observou-se um aumento das concentrações de nitrogênio total em relação à coleta anterior para as estações E2 e E3, bem como diminuições representativas para E1 e E6 (Tabela 7-2, Figura 7-4). Essa diferença na concentração de nitrogênio total parece estar relacionada com o uso e ocupação do solo bem como com a diminuição da precipitação na coleta de março.

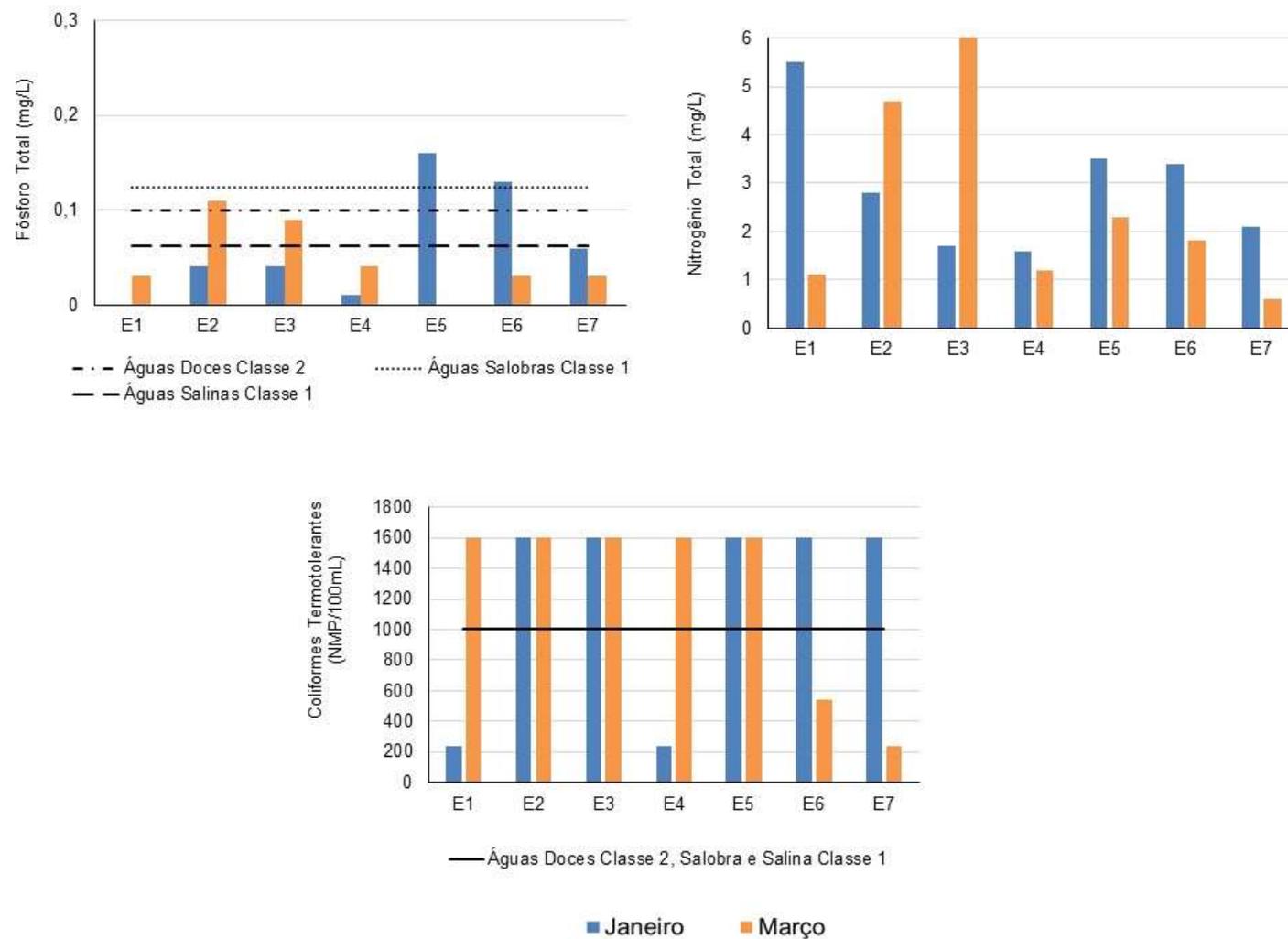
Ainda em relação ao nitrogênio total, verificou-se que em janeiro, E1, E2, E5 e E6 foram classificados como Água Doce Classe 2 e apresentaram valores acima da Resolução CONAMA 357/2005 que estabelece um limite de $2,18$ mg/L para esse parâmetro para ambientes lóticos (BRASIL, 2005). Isso vale também para E2 durante a coleta de março.

Por fim, os coliformes termotolerantes registraram uma ampla variação para o mês de janeiro, em que a menor concentração foi de 240 NMP/100mL (E1 e E4), enquanto a maior foi de >1600 NMP/100mL, acima do valor máximo quantificável pelo método para as demais estações. No mês de março, o menor resultado também foi de 240 NMP/100mL (E7), seguido por 540 NMP/100mL (E6) e o maior >1600 NMP/100mL nas demais estações (Tabela 7-2, Figura 7-4). Esses resultados também parecem estar relacionados com o uso e ocupação do entorno, uma vez que as maiores concentrações foram

registradas em área com maior urbanização. Outro fator que parece atuar de maneira importante, independentemente do uso do entorno, é a precipitação.

Vale ressaltar que, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 para uma avaliação, em relação a esse indicador, é necessário um período de monitoramento de 01 ano com frequência bimestral.

Figura 7-4 Resultados e limites de fósforo, nitrogênio e coliformes termotolerantes segundo a Resolução CONAMA 357/05.



Na caracterização do estuário, quanto à salinidade, observa-se que há um gradiente em direção à foz, ou seja, há um aumento desse parâmetro da estação E1 até E7, sendo esta última caracterizada como salina em setembro e salobra em novembro. Ao analisar as campanhas, observa-se que não há estratificação hialina entre a massa d'água superficial e a profunda. Esses resultados sugerem que o estuário do rio das Ostras tenha 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 (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Assim, é provável que em momentos de redução de vazão e precipitação, o menor volume de água doce que escoar não tenha capacidade de conter o avanço de massas d'água oceânicas, aumentando a salinidade e ocasionando a circulação de massas d'água devido às diferenças de densidade, levando a misturas e ressuspensão de sólidos e partículas, por exemplo (BARROSO; MOLISANI, 2019; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

A bacia do rio das Ostras parece ser influenciada pela dinâmica entre a ação das marés e do oceano costeiro, associada com a vazão e o fluxo da rede hidrográfica da região. De maneira geral, os resultados indicaram baixos valores de salinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos e pH principalmente nas estações E1 e E4, no rio Iriri e E2, no rio Jundiá. Por outro lado, os maiores valores registrados para esses parâmetros ocorreram em E6 e 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, o que pode ser um indicativo da atuação desse parâmetro junto com as massas d'água (ESTEVES, 2011).

Ao contrário dos parâmetros destacados anteriormente, os maiores valores de turbidez são encontrados a montante da junção do rio das Ostras durante as coletas de janeiro e a jusante em março, e podem ser relacionados com a matéria orgânica dissolvida na água através da decomposição de matéria vegetal que acarreta a liberação de ácidos húmicos, escurecendo a água, impedindo a penetração de luz exemplo (BARROSO; MOLISANI, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Essas características observadas para os afluentes do rio Iriri e do rio Jundiá, a montante do rio das Ostras, durante as duas coletas, também refletem o caráter

mais ácido dessas águas e seguem a tendência sugerida pelo 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, maiores durante o mês de janeiro, principalmente na estação E2 e ao longo do rio das Ostras, e podem estar ligados a ações antrópicas e, principalmente ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, principalmente aquele categorizado como urbano. 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), a utilização da cobertura do solo para pastagem e pastagem em várzea representam 64,67% e 4,92% da área do município e circundam toda a região analisada (BARROSO; MOLISANI, 2019, BERNINI ET AL., 2013; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2013).

Em março houve, predominantemente, uma diminuição na concentração de nutrientes provavelmente por conta da precipitação, mas um aumento nos valores de coliformes termotolerantes, principalmente após a estação E3, em que E5, E6 e E7 apresentaram valores muitas vezes maiores que 1600 NMP/100mL. Essa variação pode estar relacionada com o aporte de esgoto doméstico, já que locais como Nova Cidade e Jardim Mariléa estão próximos a E5 e E6, respectivamente. Após esse trecho, ainda existem outros locais que reconhecidamente realizam o descarte inadequado de efluentes e resíduos entre E6 e E7, como Boca da Barra, Nova Esperança, Costa Azul, Liberdade entre outros, lançados no rio das Ostras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012; GOMES, 2009).

Esse mesmo cenário pode ser o causador do aumento nas concentrações de DBO para as amostras do rio das Ostras, principalmente na estação E6. A entrada de matéria orgânica no ambiente aumenta a DBO e se reflete na concentração de oxigênio dissolvido, que pode não suprir essa demanda e diminuir, mesmo com a mistura de massas de água e maior aporte fluvial. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por BARROSO; MOLISANI (2019), que encontraram águas mais oxigenadas na região do estuário, que possui maior mistura e renovação das águas devido à influência das correntezas e efeito da maré.

Na campanha de janeiro, as águas mais oxigenadas e com baixa DBO foram encontradas apenas na foz do rio, na área de maior influência marinha e que se sobrepõe

à baixa vazão do rio das Ostras, havendo a ação das micromarés como mencionado anteriormente. Esta situação se manteve na campanha de março, com as concentrações de OD e DBO do ponto E7 apresentando valores que atendem aos respectivos limites de referência. No entanto, para os demais pontos foi observado um sutil aumento da oxigenação e também da DBO, resultado considerado inesperado, uma vez que OD e DBO possuem relação inversamente proporcionais (VON-SPERLING, 2017).

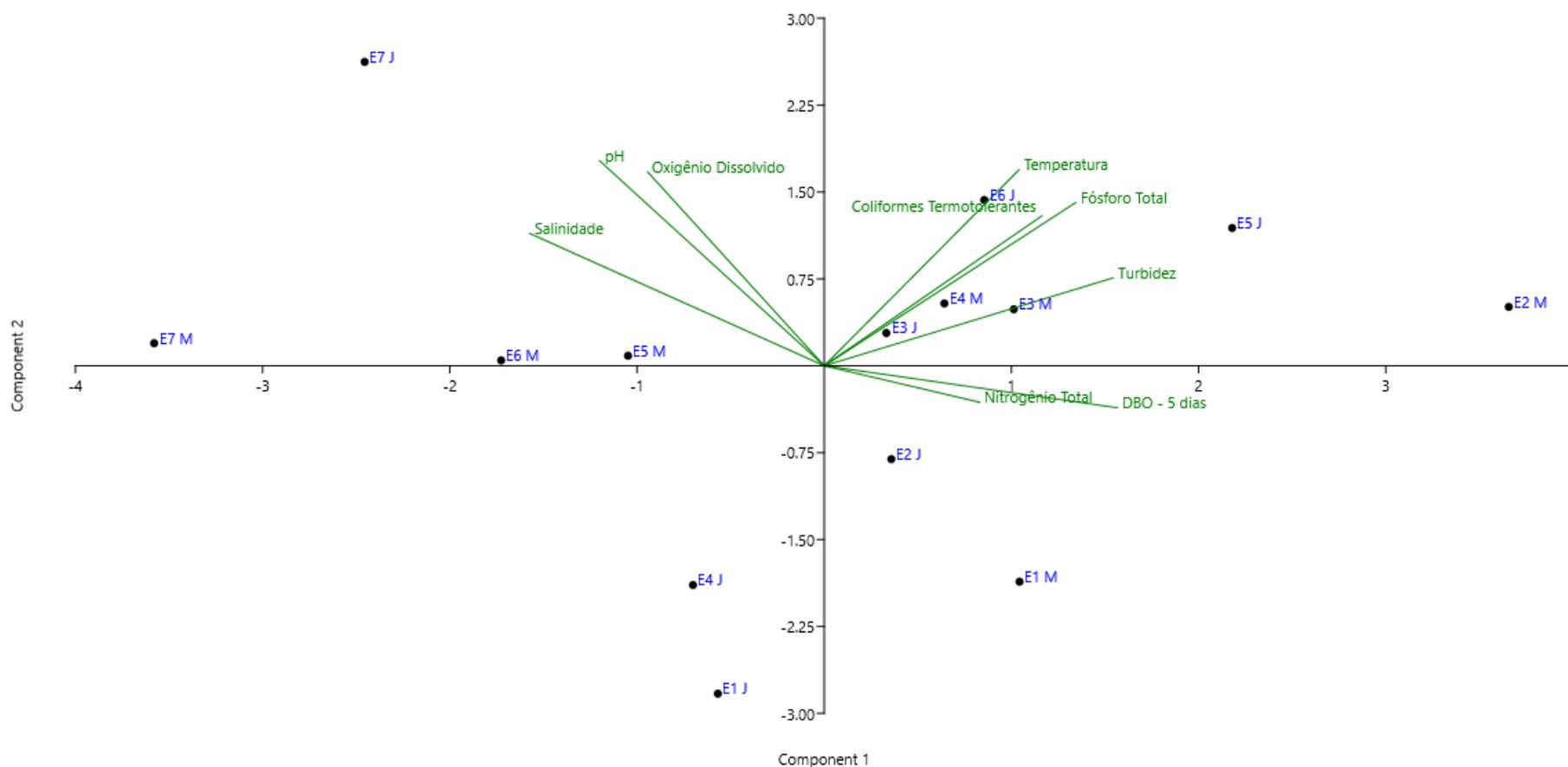
De maneira geral, as coletas realizadas em janeiro e março parecem evidenciar as diferenças entre o período mais chuvoso, seguido de um período mais seco, que provavelmente diminuiu muito a vazão do rio durante os 15 dias anteriores às coletas, contribuindo para o aumento da influência da maré a partir do estuário, que pode alcançar até cerca de 6 km a partir da foz do rio (Figura 7-1) (BARROSO; MOLISANI, 2019).

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, à 41,982% e 24,70% da variação dos dados, totalizando 66,952%, que podem ser vistos na Figura 7-5. Esses resultados corroboram as observações realizadas e foram relacionados positivamente com maiores contribuições de salinidade, pH, oxigênio dissolvido entre E5 e E7 no mês de março, enquanto coliformes, temperatura, fósforo e turbidez para E2, E3, E4, E5 e E6 em ambas as coletas. Além disso, há uma contribuição negativa de E1 no eixo 1. Em oposição à salinidade, pH e o oxigênio dissolvido, E1 e E2 apresentaram maiores contribuições nitrogênio total e DBO, onde as águas foram mais ácidas.

No eixo 2, de E5 a E7 no mês de março foram relacionados, principalmente com a salinidade, pH e oxigênio dissolvido, atuando em oposição aos demais parâmetros, indicando o aumento desses valores em direção à foz do rio das Ostras (Figura 7-5).

De forma resumida, com exceção de nitrogênio total e DBO, os demais parâmetros apresentaram influência positiva no componente principal 1. Já em relação ao componente principal 2, os coliformes, temperatura, fósforo e turbidez atuaram de maneira positiva nas localidades mais afastadas da foz do rio das Ostras, enquanto a salinidade, pH e oxigênio dissolvido apresentam uma maior influência negativa, atuando nas áreas mais próximas da região do estuário.

Figura 7-5 Resultado da análise dos componentes principais (J – janeiro; M – março).



7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os valores de IQA para o mês de janeiro apresentaram resultados entre 34,84 (E4) e 39,10 (E2) nos trechos localizados nos rios Iriri e Jundiá, referentes a E1, E2 e E4. A partir de E3, já no rio das Ostras, até E7, essa amplitude foi de 31,38 (E5) a 51,33 (E7). Em março houve uma maior variação dos resultados, em que nos rios Iriri e Jundiá (E1, E2 e E4) essa variação foi de 37,69 (E2) a 55,25 (E4), enquanto no rio das Ostras a variação foi de 50,21 (E3) a 66,79 (E7) (Tabela 7-3).

As análises de IQA para o mês de janeiro apresentaram poucos resultados positivos, uma vez que seis das sete amostras foram classificadas como ruins (E1, E2, E3, E5 e E6) e somente uma foi apontada como média (E7). Para o mês de março foi observada uma mudança geral nesse panorama, em que a grande maioria dos resultados indicaram IQA classificado na categoria média e apenas E1 e E2 foram classificados como ruins. Vale ressaltar que as mudanças encontradas na coleta de março também apontaram para um aumento do índice de qualidade da água de E7, como ser visto na Tabela 7-3.

De acordo com os dados fornecidos pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), em outubro de 2022, o IQA do rio das Ostras foi classificado como ruim (40,3), corroborando com a classificação dessa localidade nos meses analisados no presente relatório, com exceção de E7 (INEA, 2022).

Nesse contexto, durante o mês de janeiro somente as águas de E7 foram consideradas de qualidade média, sendo classificadas como apropriadas para o tratamento convencional visando o abastecimento público, enquanto as demais localidades foram indicadas como ruins e impróprias para o tratamento convencional (Tabela 7-3). Contudo, vale ressaltar que as águas de E7 estão na foz do rio e possuem caráter estuarino e alta salinidade, com grande taxa de renovação e oxigenação através da maré, além de responder a um enquadramento diferente dos demais.

O maior volume pluviométrico acumulado encontrado na coleta de janeiro, de 90 mm frente aos 0,60 mm da amostragem de março (Figura 7-1) podem refletir um aumento da vazão dos rios, se tornando possivelmente um dos principais responsáveis pela diminuição da salinidade nas estações amostrais mais interiores, além de diminuir a concentração de nutrientes nas localidades com menor influência urbana (CANIVETE, 2019).

Mesmo assim, com exceção de E6 e E7, as concentrações de coliformes termotolerantes se mantiveram elevadas em toda a área analisada, fato que pode estar relacionado à lavagem da bacia de drenagem e condições inadequadas de deságue de esgoto sanitário e consequente diminuição do oxigênio da localidade, juntamente com o índice classificatório (BARROSO; MOLISANI, 2019; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

As estações amostrais, de maneira geral, possuem grande influência da maré e podem ter características de águas salobras. Isso é refletido principalmente nos resultados encontrados durante o mês de março, visto que somente as estações de monitoramento localizadas nos rios Iriri e Jundiá (E1, E2 e E4) apresentam enquadramento referente à Águas Doces segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

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 7-3 - Resultados de IQA em cada estação amostral entre os meses de janeiro e março de 2023.

Estação	Localização	Município	IQA Jan/2023	IQA Mar/2023	Média
E1	Afluente do rio Iriri	Rio das Ostras	35,84	44,47	40,16
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	39,10	37,69	38,40
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	Rio das Ostras	46,46	50,21	48,33
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	Rio das Ostras	34,84	55,25	45,05
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	31,38	56,13	43,76
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	Rio das Ostras	40,94	59,57	50,26
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	Rio das Ostras	51,33	66,79	59,06
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 apropriadas	Águas apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

8 OBSERVAÇÕES GERAIS

De maneira geral, as coletas realizadas em janeiro e março parecem evidenciar as diferenças entre os períodos com diferentes precipitações. Essa diferença reflete em um aumento da vazão dos rios nos meses de maiores chuvas, contribuindo para a diminuição da influência oceânica nas estações analisadas na campanha de janeiro, na qual essa influência ficou restrita à região do estuário (E7). Já na campanha de março essa influência se estendeu de E7 até E3.

Durante o mês de janeiro foram encontradas maiores concentrações de nutrientes, inclusive com algumas amostras apresentando concentrações de fósforo acima dos valores estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, já na campanha seguinte, do mês de março, as concentrações apresentaram pequenas diminuições. Esse contraste entre as coletas e a diminuição da concentração de nutrientes refletiu diretamente na qualidade das águas analisadas, uma vez que mesmo com o aumento de coliformes das estações de E5 a E7, grande parte das amostras deixaram de ser enquadradas como ruins e passaram a ser consideradas médias e próprias para o tratamento de uso convencional.

Uma atenção especial deve ser direcionada para os níveis de oxigênio dissolvido encontrados, que parecem ser fortemente influenciados pela quantidade de matéria orgânica disponível no sistema, onde ocorre um aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e em seguida podendo impactar a oxigenação do ambiente, principalmente em momentos de baixa vazão do curso dos rios. Esse menor fluxo impede uma maior mistura das massas d'água e da troca de oxigênio com a atmosfera, algo mais recorrente nos períodos mais secos do ano, além de aumentar a salinidade e condutividade da região.

Por fim, as características específicas da região são embasadas principalmente pelo regime de chuvas e alcance das micromarés que adentram o estuário, além do uso e ocupação da bacia hidrográfica em que regiões mais urbanizadas apresentam pior qualidade de água. Vale destacar que devido à grande influência da maré na bacia analisada o 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.

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.

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. **Bacia hidrográfica do rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. f. 128.

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: 24 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 Sanitária e Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007. f. 193.

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).

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