

Relatório Consolidado Final

Referência: Agosto de 2023 a Abril de 2024

Julho de 2024

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

| Profissional | Formação / Função / Contato | Registro Conselho de Classe |
|------------------------------------|---|-----------------------------|
| Ronaldo Leão Guimarães | PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br | CRBio 2339/02-D |
| Richard Secioso Guimarães | Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br | CRBio 84682/02-D |
| Viviane Krüger | Gestora Ambiental Coordenadora Geral viviane@oceanus.bio.br | |
| Silvia Lisboa de Araujo | MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos projetos@oceanus.bio.br * | CRBio nº 96163/02-D |
| Edson Felipe Souza Ladeira | Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br | CRQ/RJ nº 03155685 |
| Mariana Ribeiro Monteiro | Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br | CRBio nº 91828/02-D |
| Hamilton Pires Barbosa Mendes | Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br | CRBio nº 78165/02-D |
| 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 nº 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 Anuniação 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 | 30/05/2024 | Emissão original | Rafaela Costa | Silvia Lisboa | |
| 01 | 15/07/2024 | Revisão | Rafaela Costa | Silvia Lisboa | |

Índice Geral

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 6 |
| 2 | OBJETIVO GERAL..... | 7 |
| 3 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 7 |
| 4 | ÁREAS DE ESTUDO | 8 |
| 4.1 | Rio Iriri | 9 |
| 4.2 | Rio Jundiá..... | 10 |
| 4.3 | Valão das Corujas | 11 |
| 4.4 | Rio das Ostras | 12 |
| 4.5 | Pontos amostrais | 13 |
| 5 | METODOLOGIA..... | 15 |
| 5.1 | Metodologia de Coleta..... | 15 |
| 5.2 | Metodologia de Análise..... | 16 |
| 5.3 | Avaliação dos Resultados..... | 18 |
| 5.3.1 | Índice de Qualidade de Água (IQA) | 19 |
| 5.3.2 | Análises estatísticas..... | 22 |
| 5.3.3 | Matriz FPSEEA | 22 |
| 5.3.4 | Matriz SWOT..... | 23 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 25 |
| 6.1 | Análise físico-química e microbiológica | 25 |
| 6.1.1 | Precipitação | 25 |
| 6.1.2 | Temperatura..... | 30 |
| 6.1.3 | Salinidade | 31 |
| 6.1.4 | Condutividade | 34 |
| 6.1.5 | Sólidos totais..... | 36 |
| 6.1.6 | Sólidos dissolvidos totais | 37 |
| 6.1.7 | Turbidez | 38 |
| 6.1.8 | pH..... | 40 |
| 6.1.9 | Oxigênio dissolvido | 41 |
| 6.1.10 | Demanda Bioquímica de Oxigênio..... | 43 |
| 6.1.11 | Nitrogênio total..... | 44 |
| 6.1.12 | Nitrato | 46 |
| 6.1.13 | Fósforo total | 48 |

| | | |
|--------|---|----|
| 6.1.14 | Fosfato | 50 |
| 6.1.15 | Coliformes termotolerantes | 51 |
| 7 | DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL..... | 53 |
| 7.1 | Análise dos Componentes Principais (PCA)..... | 58 |
| 7.2 | Índice de Qualidade da Água (IQA) | 61 |
| 7.3 | Matriz FPSEEA..... | 68 |
| 7.4 | Matriz SWOT | 71 |
| 8 | OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES | 72 |
| 9 | REFERÊNCIAS | 75 |
| 10 | ANEXOS | 83 |

1 INTRODUÇÃO

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

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

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

medidas de mitigação e remediação, bem como ações de educação e sensibilização ambiental dos órgãos competentes.

Diante do exposto, o monitoramento da qualidade das águas da Bacia de Rio das Ostras tem como finalidade realizar o diagnóstico da situação atual da qualidade da água da região, fornecendo informações para o Comitê de Bacia 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 do trecho Valão das Corujas que 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 estuais e federais (BARROSO, 2016).

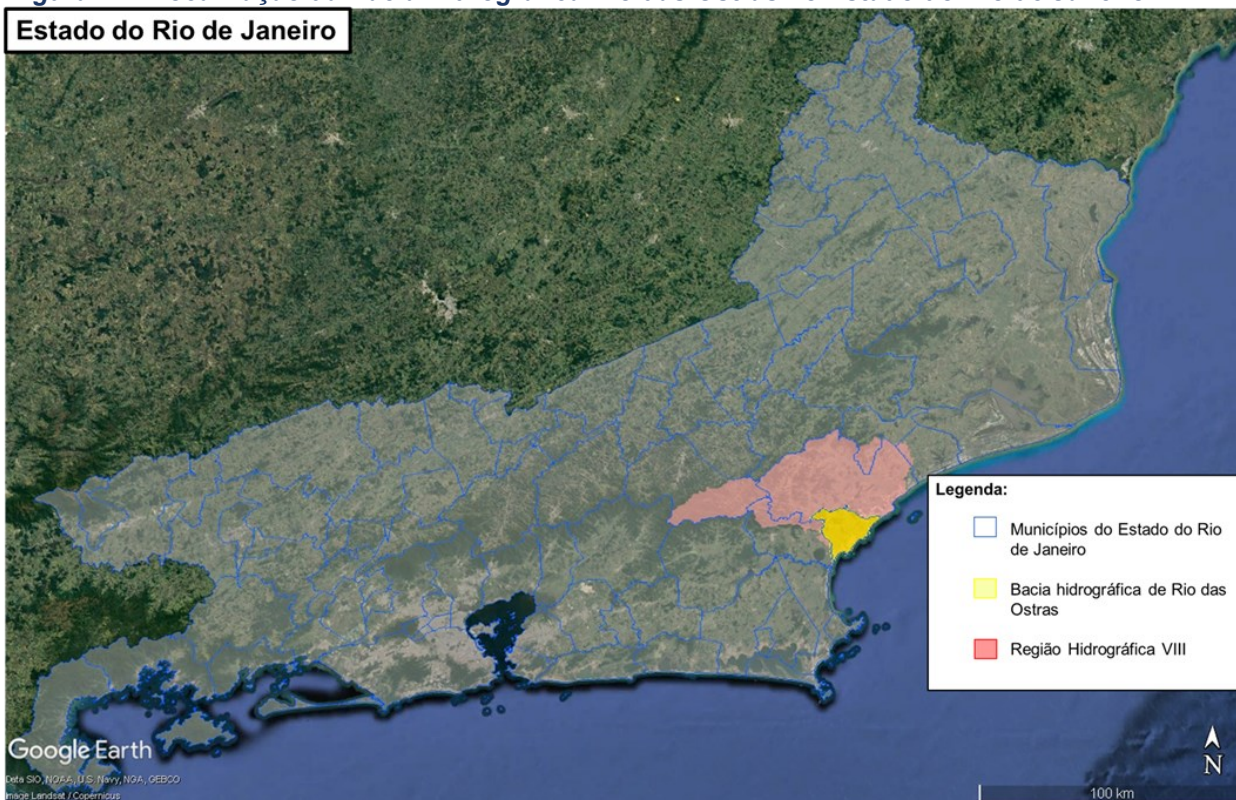
Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, há a ocorrência de duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm)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

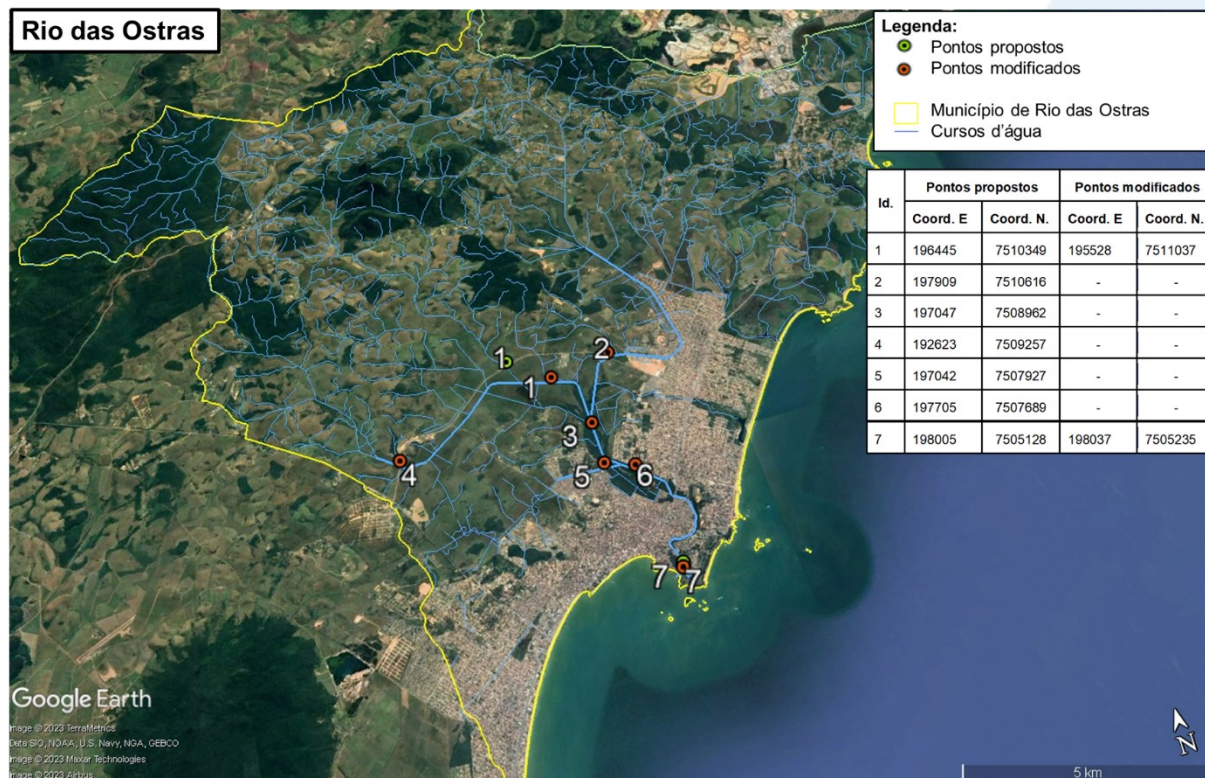
Foram coletadas amostras de água superficial em 7 (sete) pontos distintos na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras, conforme o Quadro 4-1 e Figura 4-6, como destacado no Termo de Referência. Em água superficial foram medidos 11 parâmetros, que são mais bem descritos no item 6. Em relação ao fundo, foram avaliadas a salinidade e a condutividade. Devido à falta de acessibilidade para as coletas realizadas em determinadas campanhas, foram realizadas alterações de coordenadas para E1 e E7 na coleta de setembro de 2022 (mantidas por todas as campanhas).

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) | Média da profundidade (m) |
|------------------|--|-------------------|------------|-----------------------------------|---------------------------|
| | | E | N | | |
| E1* | afluente do Rio Iriri | 195528 | 7511037 | 8 | 0,9 |
| E2 | Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras | 197909 | 7510616 | 5 | 1,1 |
| E3 | Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá | 197047 | 7508962 | 20 | 1,5 |
| E4 | Rio Iriri, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus | 192623 | 7509257 | 12 | 1,1 |
| E5 | Valão das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras | 197042 | 7507927 | 30 | 0,6 |
| E6 | Rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas | 197705 | 7507689 | 25 | 1,3 |
| E7* | Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana | 198037.24 | 7505235.34 | 30 | 0,6 |

Legenda: *Pontos E1 e E7 foram realocados.

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



5 METODOLOGIA

5.1 Metodologia de Coleta

De acordo com o previsto no Termo de Referência, foram realizadas cinco campanhas bimestrais de ao longo do período contratual, nas seguintes datas 31/08/2023, 31/10/2023, 13/12/2023, 09/02/2024 e 09/04/2024. As coletas de campo e análises das amostras foram executadas pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus, acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (ANEXO 1) e INEA CCL N° IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo aos critérios rígidos de confiabilidade.

Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA n° 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações destinadas a cada local onde foram realizadas as amostragens, em observância às Normas Regulamentadoras – NR 6 (Equipamento de Proteção Individual – EPI) e NR 17 (Ergonomia).

A localização dos pontos foi realizada a partir das informações fornecidas pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João, com a locomoção orientada por um equipamento de GPS a fim de garantir a precisão dos locais e pontos amostrais. O registro fotográfico de cada localidade pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com o uso de um balde e os parâmetros físico-químicos da água como condutividade, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura da água e do ar, 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 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).

5.2 Metodologia de Análise

Foram analisados inicialmente 11 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial na coleta de agosto de 2023. No entanto, a partir da campanha de outubro de 2023, passaram a ser mensuradas 14 variáveis ambientais em todos os pontos de coleta, conforme detalhado no Quadro 5-1. Os respectivos 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 | | |
| 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 | |

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

5.3 Avaliação dos Resultados

Os resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água avaliados por este Programa de Monitoramento dos Corpos Hídricos foram comparados com a Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005). Sendo considerados os limites estabelecidos para a Classe 2, quando a salinidade medida no momento da amostragem orientar a classificação como Água Doce e Classe 1 para Águas Salobras e Salinas, devido à influência da maré na bacia do rio das Ostras. Todos os corpos hídricos monitorados foram considerados como sistemas lóticos, principalmente para avaliação dos resultados de fósforo total e nitrogênio total.

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 antecederam a data da coleta, a partir de dados oficiais disponibilizados pelo INMET (2023) para a estação de Macaé (CEMADEM – A608). Com base nas informações meteorológicas obtidas, 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. A análise técnico-científica, sempre que possível, identificou a

origem dos processos antrópicos e/ou naturais que contribuíram para o atual cenário e apontou ações que permitam realizar a melhoria da qualidade da água encontrada em médio e longo prazo. Também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) que será detalhado no próximo tópico.

5.3.1 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 efluentes 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 utilizado pelo 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:

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

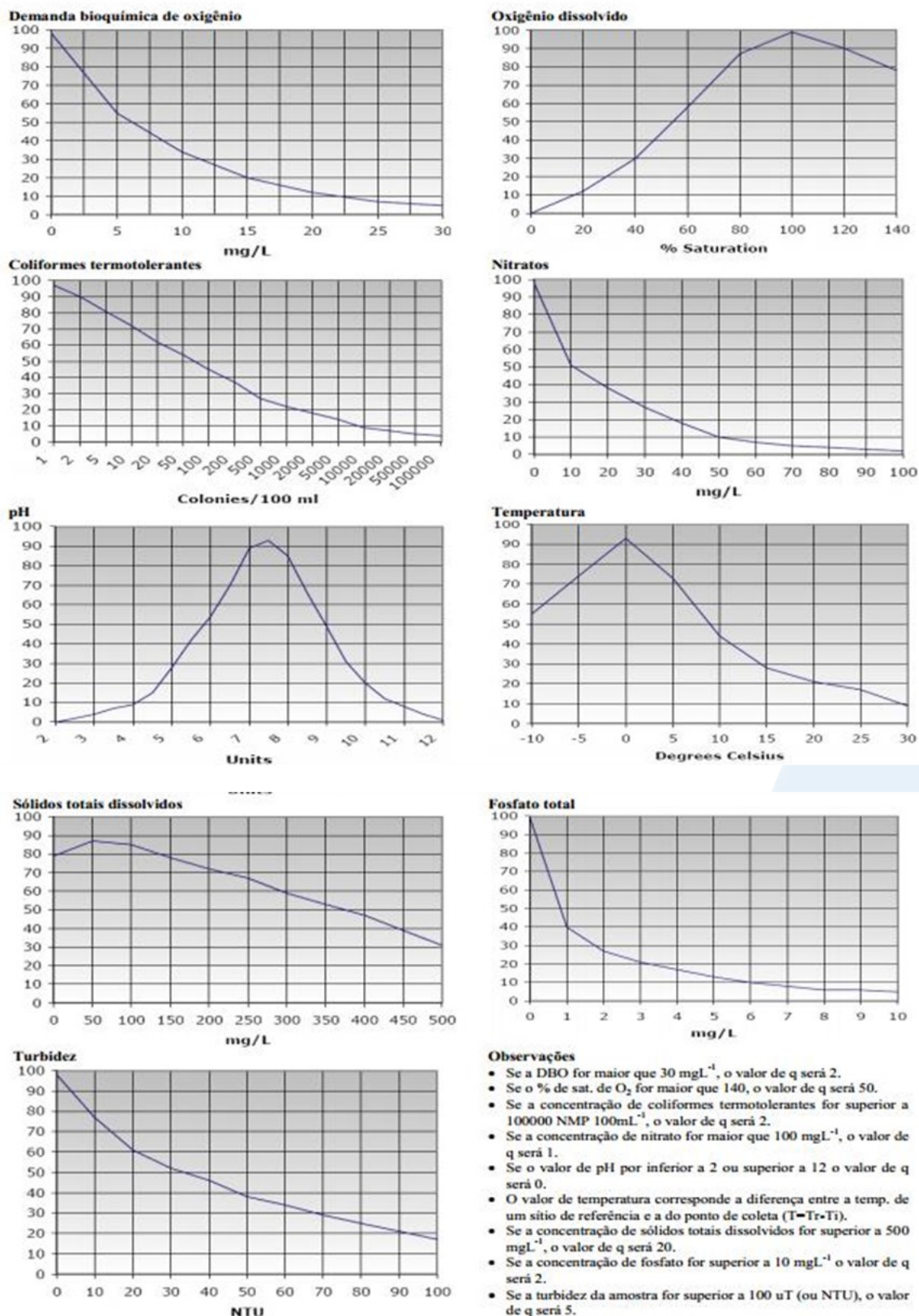
Sendo:

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.

5.3.2 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.

5.3.3 Matriz FPSEEA

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

A matriz conta com seis componentes: o primeiro refere-se às forças motrizes (F), que são às atividades que impulsionam os impactos sobre o ambiente, como por exemplo o crescimento populacional e o aumento da urbanização (WHO, 1999; EPA, 2023; STEDILE et al. 2018). Essas atividades antrópicas têm como consequências as pressões (P), que são verificadas através da utilização do ambiente em processos de exploração econômica ou até mesmo a ocupação do ser humano (WHO, 1999). Em resposta às pressões, a situação (S) corresponde às mudanças ambientais (STEDILE et al. 2018). Um exemplo desse componente é observado, por exemplo, em níveis elevados de contaminação (WHO, 1999). Nesse sentido, a presença de diferentes poluentes coloca em risco as condições ambientais dos corpos hídricos, portanto o pilar da exposição (E) está associado com o risco para a biota e saúde humana (WHO, 1999). Essa exposição aos contaminantes ambientais, levam a efeito (E) que são as implicações sobre a saúde humana e ambiental, o que pode afetar o bem-estar e até mesmo levar ao desenvolvimento de doenças (WHO, 1999; STEDILE et al. 2018). Por fim, o eixo ação (A) remete às medidas para a melhoria da qualidade do ambiente e da população (STEDILE et al. 2018).

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

5.3.4 Matriz SWOT

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

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

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

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

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise físico-química e microbiológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos 15 dias que antecederam todas as coletas apresentaram uma média de temperatura de 24,70 °C e a precipitação acumulada ao longo das campanhas foi de 350,80 mm (Figura 6-1). O maior volume de chuvas foi observado no 4º Quadrimestre na campanha referente ao mês de agosto de 2023 com 138,80 mm, considerado um volume de chuva extrema (>50,00 mm), segundo a literatura que descreve a classificação pluviométrica do INMET (SILVA; FRANCA, 2021). O menor registro de pluviosidade também foi notado no 4º Quadrimestre, mas na coleta realizada em outubro de 2023, registrando 36,00 mm, o que é classificado como chuva forte (SILVA; FRANCA, 2021).

Em relação à temperatura, a menor média desse parâmetro foi verificada na campanha de agosto de 2023 com 22,00 °C e a máxima 27,80 °C na coleta realizada em fevereiro de 2024 (Figura 6-1).

Salienta-se que de acordo com estudos prévios, a temperatura na Região Hidrográfica VIII apresenta maiores registros nos meses de verão (dezembro a fevereiro) e os menores durante o inverno (junho a agosto), o que corrobora com os resultados encontrados. Além disso, reforça-se que o volume de chuvas e a temperatura nessa região têm uma forte influência das condições do relevo (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

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

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média na quinzena anterior a cada coleta realizada.

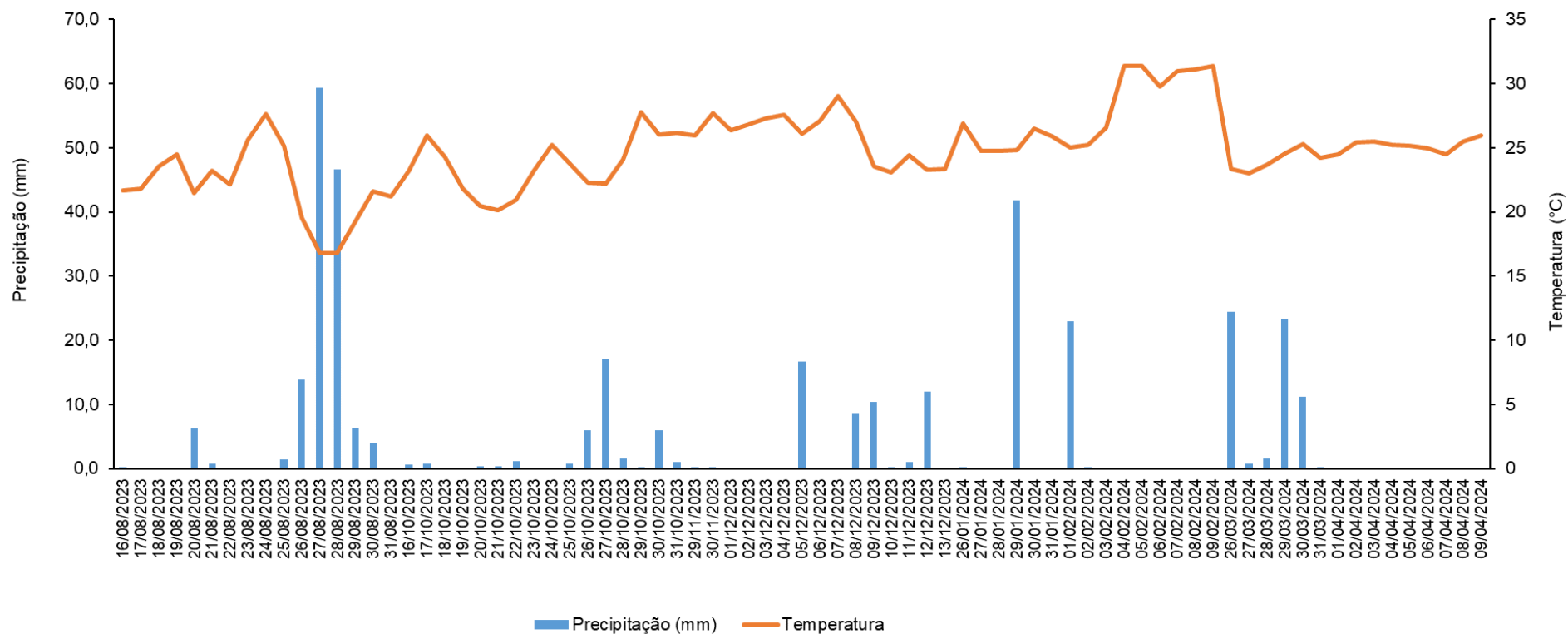


Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados nas cinco campanhas realizadas nos pontos amostrais E1, E2 e E3.

| Estações amostrais | Data de coleta | Profundidade | Salinidade (%) | Condutividade (µS/cm) | Sólidos Totais (mg/L) | Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) | Turbidez (NTU) | pH | Temperatura (°C) | Oxigênio Dissolvido (mg/L) | DBO (mg/L) | Fósforo Total (mg/L) | Fosfato (mg/L) | Nitrogênio Total (mg/L) | Nitrato (mg/L) | Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) |
|--------------------|----------------|--------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------|-----------|------------------|----------------------------|------------|----------------------|----------------|------------------------------|----------------|--|
| E1 | 31/08/2023 | Sup Fun | 0,06 0,06 | 130,00 130,00 | 130,00 - | - - | 30,10 - | 6,59 - | 24,92 - | 1,45 - | 10,00 - | 0,02 - | - - | 0,50 - | - - | 79,00 - |
| | 31/10/2023 | Sup Fun | 0,06 0,06 | 123,00 122,00 | 120,00 - | 84,00 - | 21,40 - | 5,90 - | 26,12 - | 0,97 - | 45,00 - | < 0,01 - | N.D. - | 0,50 - | 0,43 - | 540,00 - |
| | 13/12/2023 | Sup Fun | 0,04 0,20 | 93,00 87,00 | 182,00 - | 72,00 - | 30,30 - | 5,80 - | 28,50 - | 3,35 - | 51,00 - | 0,06 - | N.D. - | 0,30 - | 0,06 - | 140,00 - |
| | 09/02/2024 | Sup Fun | 0,05 0,04 | 101,00 98,00 | 100,00 - | 68,00 - | 21,00 - | 6,12 - | 29,81 - | 1,02 - | 18,00 - | 0,04 - | N.D. - | 0,30 - | N.D. - | 79,00 - |
| | 09/04/2024 | Sup Fun | 0,03 0,03 | 71,00 82,00 | 70,00 - | 53,00 - | 13,40 - | 6,16 - | 26,20 - | 1,48 - | 8,00 - | 0,01 - | N.D. - | 0,50 - | <0,05 - | 1600,00 - |
| E2 | 31/08/2023 | Sup Fun | 0,13 0,12 | 273,00 270,00 | 208,00 - | - - | 16,44 - | 6,33 - | 23,33 - | 3,29 - | 10,00 - | 0,03 - | - - | 0,90 - | - - | 23,00 - |
| | 31/10/2023 | Sup Fun | 0,30 0,30 | 627,00 626,00 | 506,00 - | 426,00 - | 36,70 - | 6,01 - | 26,41 - | 0,87 - | 51,00 - | 0,04 - | N.D. - | 1,20 - | 0,23 - | 23,00 - |
| | 13/12/2023 | Sup Fun | 0,11 1,23 | 232,00 219,00 | 328,00 - | 150,00 - | 174,80 - | 6,07 - | 26,90 - | 2,41 - | 45,00 - | <0,01 - | N.D. - | 1,20 - | 0,17 - | >1600,0 - |
| | 09/02/2024 | Sup Fun | 0,30 0,29 | 624,00 619,00 | 334,00 - | 192,00 - | 68,20 - | 5,70 - | 30,0 - | 3,30 - | 26,00 - | 0,05 - | N.D. - | 1,40 - | N.D. - | 13,00 - |
| | 09/04/2024 | Sup Fun | 0,25 0,25 | 526,00 526,00 | 434,00 - | 416,00 - | 172,00 - | 6,02 - | 27,00 - | 1,67 - | 41,00 - | 0,28 - | 0,26 - | 2,70 - | 0,10 - | 920,00 - |
| E3 | 31/08/2023 | Sup Fun | 0,12 0,12 | 249,00 250,00 | 188,00 - | - - | 35,00 - | 6,15 - | 23,00 - | 5,33 - | 9,00 - | 0,03 - | - - | 0,60 - | - - | 920,00 - |
| | 31/10/2023 | Sup Fun | 0,34 0,33 | 697,00 691,00 | 506,00 - | 474,00 - | 9,41 - | 6,01 - | 28,7 - | 2,14 - | 16,00 - | < 0,01 - | N.D. - | 0,20 - | <0,05 - | 7,80 - |
| | 13/12/2023 | Sup Fun | 0,34 0,34 | 703,00 703,00 | 296,00 - | 150,00 - | 38,90 - | 6,11 - | 28,40 - | 2,41 - | 16,00 - | 0,17 - | 0,19 - | 1,00 - | 0,08 - | 920,00 - |
| | 09/02/2024 | Sup Fun | 0,39 0,39 | 780,00 780,00 | 496,00 - | 792,00 - | 58,30 - | 5,50 - | 29,60 - | 3,24 - | 47,00 - | 0,17 - | 0,32 - | 8,20 - | 0,13 - | >1600,00 - |
| | 09/04/2024 | Sup Fun | 0,49 0,49 | 1003,00 993,00 | 726,00 - | 378,00 - | 85,60 - | 5,95 - | 26,90 - | 3,17 - | 16,00 - | 0,11 - | 0,26 - | 3,50 - | 0,11 - | >1600,00 - |
| CONAMA 357/05 | | | 0,5 | - | - | - | 100 | 6,0 a 9,0 | - | ≥5 | ≤5 | 0,10 | - | <2,18 (para ambiente lótico) | 10,00 | 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros* |
| | | | 0,5-30 | - | - | - | - | 6,5 a 8,5 | - | ≥ 5 | - | 0,124 | - | - | 0,4 | |
| | | | ≥30 | - | - | - | - | 6,5 a 8,5 | - | ≥ 6 | - | 0,062 | - | - | 0,4 | |

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

| 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) |
|--------------------|----------------|--------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------|-----------|------------------|----------------------------|------------|----------------------|----------------|------------------------------|----------------|--|
| E4 | 31/08/2023 | Sup | 0,04 | 94,00 | 18,00 | - | 25,80 | 6,45 | 22,10 | 2,22 | 9,00 | 0,03 | - | 0,90 | - | 220,00 |
| | | Fun | 0,04 | 94,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 31/10/2023 | Sup | 0,05 | 115,00 | 98,00 | 78,00 | 16,48 | 5,93 | 26,30 | 1,12 | 15,00 | < 0,01 | N.D | 0,90 | 0,10 | 43,00 |
| | | Fun | 0,06 | 116,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 13/12/2023 | Sup | 0,05 | 104,00 | 162,00 | 78,00 | 9,54 | 5,94 | 27,60 | 2,63 | 16,00 | <0,01 | N.D | 0,50 | 0,06 | 220,0 |
| Fun | 0,87 | 101,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 09/02/2024 | Sup | 0,05 | 100,00 | 106,00 | 94,00 | 28,00 | 5,91 | 29,50 | 2,98 | 28,00 | 0,04 | 0,06 | 0,60 | 0,09 | 140,00 | |
| | Fun | 0,05 | 99,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 09/04/2024 | Sup | 0,03 | 110,00 | 110,00 | 79,00 | 45,50 | 6,80 | 26,50 | 1,98 | 27,00 | 0,04 | N.D | 0,90 | N.D | >1600,00 | |
| | Fun | 0,03 | 100,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| E5 | 31/08/2023 | Sup | 0,39 | 799,00 | 538,00 | - | 23,80 | 6,30 | 24,68 | 3,10 | 11,00 | 0,17 | - | 2,80 | - | >1600,00 |
| | | Fun | 0,39 | 798,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 31/10/2023 | Sup | 2,31 | 4568,00 | 4112,00 | 3982,00 | 20,90 | 7,03 | 26,50 | 1,05 | 147,00 | 0,60 | 0,78 | 6,60 | 0,06 | 240,00 |
| | | Fun | 2,30 | 4436,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 13/12/2023 | Sup | 1,18 | 2325,00 | 1264,00 | 1152,00 | 38,10 | 7,58 | 29,60 | 4,89 | 69,00 | 0,59 | 0,37 | 4,90 | 0,10 | >1600,00 |
| Fun | 0,81 | 1627,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 09/02/2024 | Sup | 0,51 | 1070,00 | 576,00 | 398,00 | 34,40 | 6,77 | 30,10 | 1,19 | 47,00 | 0,40 | 0,36 | 4,70 | <0,05 | >1600,00 | |
| | Fun | 0,52 | 1073,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 09/04/2024 | Sup | 1,85 | 3566,00 | 1618,00 | 1492,00 | 40,00 | 8,06 | 27,30 | 0,63 | 34,00 | 0,78 | 1,87 | 9,70 | <0,05 | 540,00 | |
| | Fun | 1,76 | 3380,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CONAMA 357/05 | | | 0,5 | - | - | - | 100 | 6,0 a 9,0 | - | ≥5 | ≤5 | 0,10 | - | <2,18 (para ambiente lótico) | 10 | 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros* |
| | | | 0,5-30 | - | - | - | - | 6,5 a 8,5 | - | ≥ 5 | - | 0,124 | - | - | 0,4 | |
| | | | ≥30 | - | - | - | - | 6,5 a 8,5 | - | ≥ 6 | - | 0,062 | - | - | 0,4 | |

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

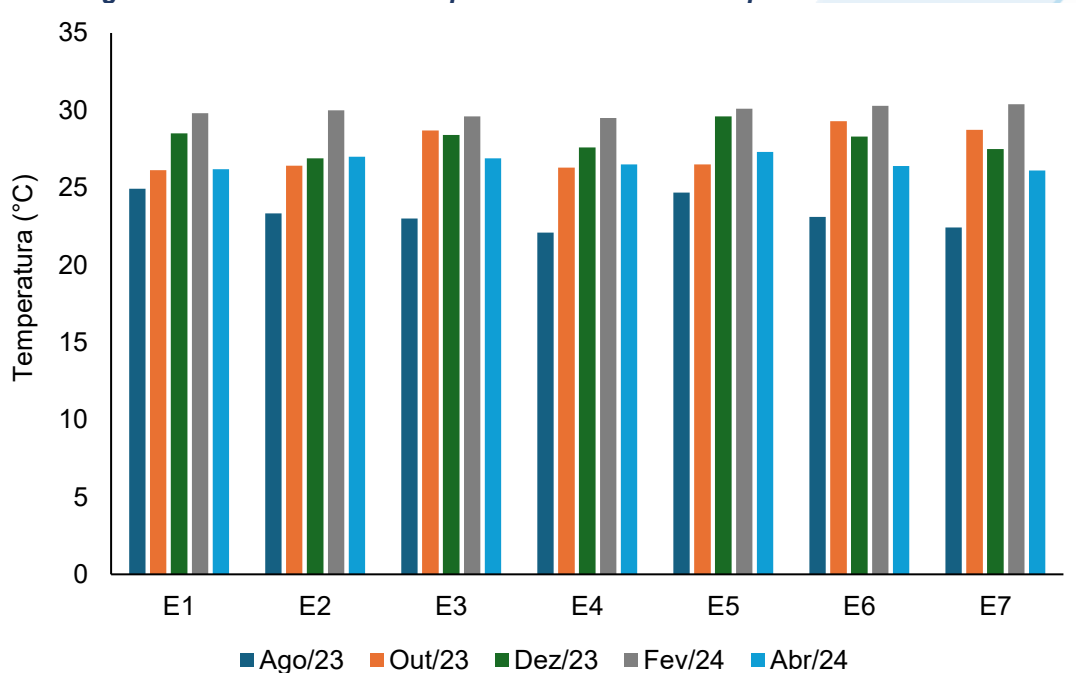
| Estações amostrais | Data de coleta | Profundidade | Salinidade (%) | Condutividade (µS/cm) | Sólidos Totais (mg/L) | Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) | Turbidez (UNT) | pH | Temperatura (°C) | Oxigênio Dissolvido (mg/L) | DBO (mg/L) | Fósforo Total (mg/L) | Fosfato (mg/L) | Nitrogênio Total (mg/L) | Nitrato (mg/L) | Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) |
|--------------------|----------------|--------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------|-----------|------------------|----------------------------|------------|----------------------|----------------|------------------------------|----------------|--|
| E6 | 31/08/2023 | Sup | 0,17 | 362,00 | 250,00 | - | 49,20 | 6,29 | 23,10 | 6,26 | 10,00 | 0,04 | - | 0,70 | - | 350,00 |
| | | Fun | 0,17 | 360,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 31/10/2023 | Sup | 1,60 | 3087,00 | 27564,00 | 25622,00 | 40,40 | 6,26 | 29,30 | 1,87 | 98,00 | 0,06 | N.D | 1,30 | 0,07 | >1600,00 |
| | | Fun | 1,62 | 3138,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 13/12/2023 | Sup | 1,58 | 2976,00 | 1042,00 | 910,00 | 48,30 | 6,24 | 28,30 | 3,14 | 34,00 | 0,27 | 0,26 | 2,00 | 0,08 | >1600,00 |
| Fun | | 1,58 | 2973,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 09/02/2024 | Sup | 0,34 | 657,00 | 506,00 | 448,00 | 45,60 | 6,31 | 30,30 | 2,50 | 47,00 | 0,08 | 0,17 | 1,30 | 0,24 | 920,00 | |
| | Fun | 0,34 | 657,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 09/04/2024 | Sup | 24,07 | 37980,00 | 25744,00 | 20674,00 | 23,30 | 7,20 | 26,40 | 4,37 | 27,00 | 0,07 | 0,07 | 1,80 | 0,14 | >1600,00 | |
| | Fun | 29,08 | 45010,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| E7 | 31/08/2023 | Sup | 29,33 | 45210,00 | 35072,00 | - | 20,30 | 7,00 | 22,42 | 4,31 | 6,00 | 0,04 | - | 0,30 | - | 540,00 |
| | | Fun | 29,30 | 45197,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 31/10/2023 | Sup | 31,00 | 47699,00 | 40112,00 | 39590,00 | 2,57 | 8,02 | 28,74 | 2,30 | 111,00 | 0,07 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 47,00 |
| | | Fun | 30,99 | 47698,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 13/12/2023 | Sup | 32,35 | 49540,00 | 36242,00 | 36222,0 | 14,48 | 7,82 | 27,50 | 4,75 | 66,00 | <0,01 | N.D | 0,30 | 0,12 | 23,00 |
| Fun | | 33,02 | 52830,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 09/02/2024 | Sup | 23,51 | 37560,00 | 22076,00 | 18966,00 | 40,00 | 7,40 | 30,40 | 4,20 | 23,00 | 0,09 | <0,06 | 0,70 | 0,10 | >1600,00 | |
| | Fun | 23,54 | 37570,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 09/04/2024 | Sup | 34,50 | 52510,00 | 31174,00 | 30826,00 | 3,20 | 7,33 | 26,10 | 3,80 | 27,00 | 0,14 | 0,27 | 1,10 | <0,05 | >1600,00 | |
| | Fun | 34,60 | 52560,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CONAMA 357/05 | | | 0,5 | - | - | - | 100 | 6,0 a 9,0 | - | ≥5 | ≤5 | 0,10 | - | <2,18 (para ambiente lótico) | 10 | 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros* |
| | | | 0,5-30 | - | - | - | - | 6,5 a 8,5 | - | ≥ 5 | - | 0,124 | - | - | 0,4 | |
| | | | ≥30 | - | - | - | - | 6,5 a 8,5 | - | ≥ 6 | - | 0,062 | - | - | 0,4 | |

6.1.2 Temperatura

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

Os valores de temperatura da água variam entre 22,10 °C na campanha de ago/23 na estação E4 e 30,40°C na coleta de fev/24 na amostra de E7. De maneira geral, foi observado que as menores temperaturas foram registradas nas águas analisadas na campanha de ago/23 e as mais elevadas na amostragem realizada na coleta de fev/24 (Tabela 6-1, Tabela 6-2, Tabela 6-3 e Figura 6-2). A média da temperatura de todas as campanhas foi de 27,10°C.

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



6.1.3 Salinidade

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

A salinidade registrada ao longo das cinco campanhas variou de 0,03‰ nas águas analisadas em E1 e E4 na coleta de abr/24 a 34,50‰ na amostra de E7 na amostragem realizada em abr/24 (superfície).

Com base no exposto na Tabela 6-1, Tabela 6-2, Tabela 6-3 e nas Figura 6-3 e Figura 6-4, verifica-se, de maneira geral, que não há grandes diferenças entre a salinidade registrada na superfície e no fundo dos pontos amostrais, indicando a presença de massas d'água homogêneas, sem estratificação entre água doce e salobra/salina. A exceção ocorreu somente na campanha de dez/23, que apresentou uma diferença de valores de salinidade de superfície e fundo nas águas analisadas em E2 e E4. Esses resultados indicaram uma divergência de classificação de salinidade, sendo os resultados de superfície classificados como águas doces, já os registros desse parâmetro no fundo demonstram valores correspondentes a águas salinas.

Diante dos resultados encontrados foram observadas distintas classificações de salinidade usando como base os valores da Resolução CONAMA nº 357/2005 como referência. Em todas as campanhas de monitoramento, as amostras de E1, E2, E3 e E4 foram categorizadas como Águas Doces Classe 2 (Figura 6-3). Na estação E5, a amostra de ago/23 foi classificada como Águas Doces Classe 2, já para as demais campanhas (out/23, dez/23, fev/24 e abr/24) as águas analisadas foram equiparadas com os máximos estabelecidos pela normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-3).

No que se refere aos resultados de E6, verifica-se as águas analisadas em ago/23 e fev/24 ficaram abaixo de 0,50 ‰, e assim as amostras foram classificadas como Águas Doces Classe 2; já as amostras de out/23, dez/23 e abr/24 foram categorizadas como Águas Salobras Classe 1. Destaca-se um aumento da salinidade nas águas da estação E6 em comparação aos demais meses de monitoramento. Acredita-se que esse aumento pode ter uma relação com a influência do regime de marés, favorecendo a entrada da cunha salina. Além disso, valores similares de salinidade já foram reportados em dados históricos do primeiro ano de monitoramento.

Na estação E7, das cinco campanhas realizadas, três apresentaram águas classificadas como Águas Salinas Classe 1 (out/23, dez/23 e abr/24) e duas foram categorizadas como Águas Salobras Classe 1 (ago/23 e fev/24). Esses resultados revelam a influência salina nesse ponto amostral, situado na foz do rio das Ostras (Tabela 6-3, Figura 6-3).

Os valores de salinidade encontrados estão associados com a precipitação, especialmente na campanha de agosto/23, quando foi evidenciado um volume de chuvas significativo cinco dias antes do dia da coleta, refletindo nos resultados, sendo as amostras de E1 a E6 classificadas como águas doces e as águas analisadas em E7 classificadas como salobras.

Ademais, Estes resultados podem estar associados à ocorrência de áreas de inundação na bacia do Rio das Ostras, influenciada pelas marés, com um efeito de remanso de aproximadamente 6,0 km a partir da foz (PRIMO; VOLKER, 2003), causado pela intrusão da cunha salina, ou seja, o avanço da água do mar em direção ao continente. O monitoramento realizado demonstrou que este fenômeno atinge principalmente os locais das estações E5, E6 e E7.

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

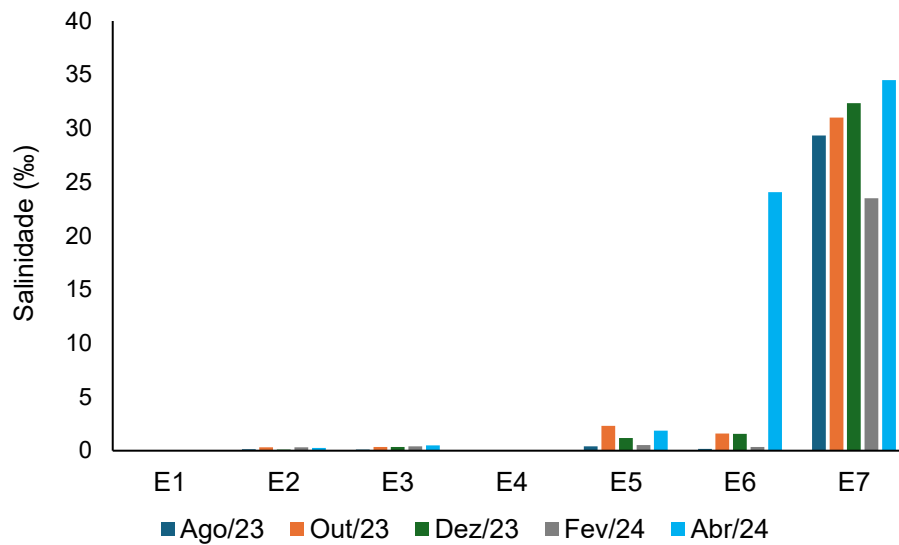
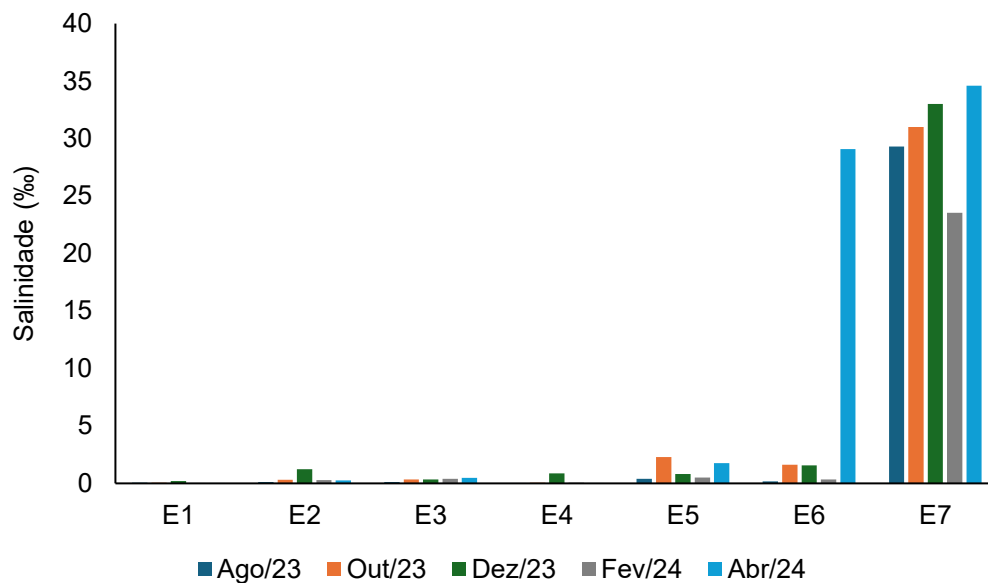


Figura 6-4 Resultados da salinidade das cinco campanhas realizadas, referentes às coletas de fundo.



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 apresentou uma variação espacial. Com base nos resultados obtidos no estrato superficial, esse parâmetro apresentou uma variação de 71,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E1 na campanha de abr/24 a 52510,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E7, registrado também na amostragem realizada em abr/24. Em relação aos valores registrados no fundo, nota-se que apresentaram um padrão semelhante aos resultados obtidos nas amostras coletadas na superfície (Figura 6-5 e Figura 6-6), o que evidencia que a profundidade dos corpos hídricos monitorados não interferiu nos valores obtidos.

As menores condutividades foram reportadas nas amostras das estações localizadas a montante da formação do rio das Ostras (E1, E2 e E4) e pode-se observar um aumento gradativo a partir da estação E3, situada no rio das Ostras, passando por E5 a E6; já o valor máximo foi registrado na foz do rio das Ostras, na estação E7.

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

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

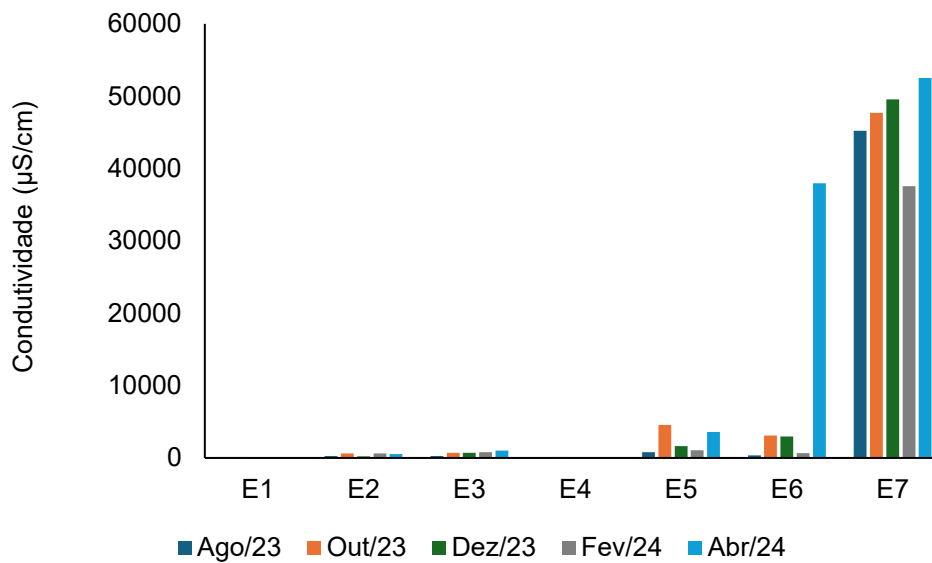
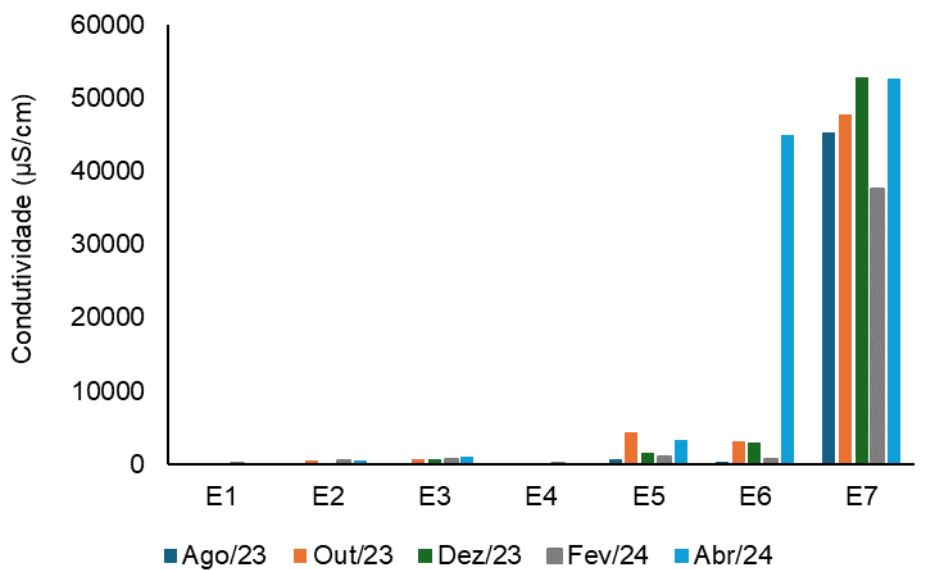


Figura 6-6 Resultados da condutividade das cinco campanhas realizadas, referentes às coletas de fundo.



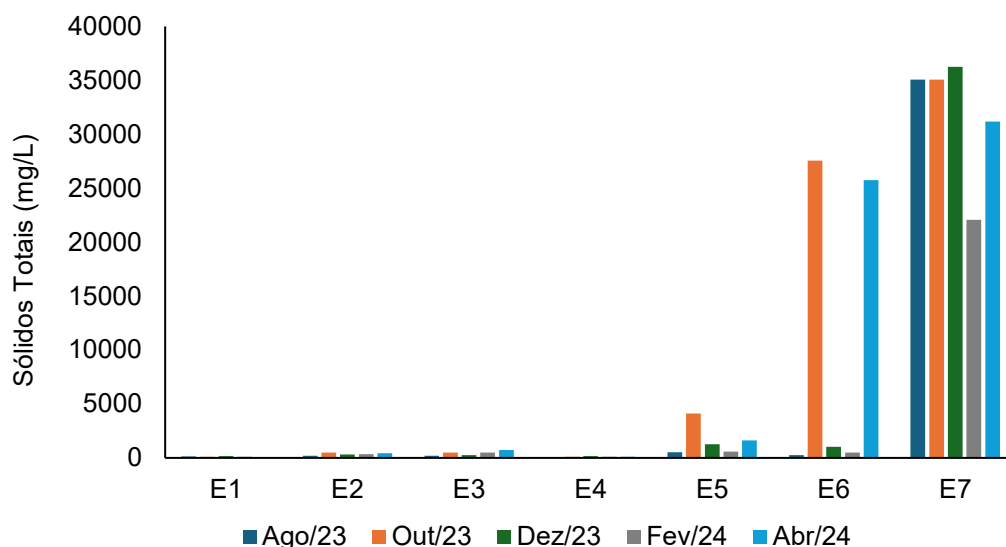
6.1.5 Sólidos totais

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

Em relação aos sólidos totais, o menor valor registrado para esse parâmetro foi observado na amostra da estação E4 em ago/23, registrando 18,00 mg/L, já o maior valor dessa variável obtido foi 40112,00 mg/L nas águas analisadas em out/23 no ponto E7 (Figura 6-7). As menores concentrações de sólidos foram observadas nas amostras dos pontos E1, E2 e E4, situados nos rios Iriri e Jundiá. Já os valores mais elevados de sólidos totais foram verificados em E7, que apresenta maior influência das atividades urbanas.

Destaca-se ainda uma elevada variação de sólidos totais nas águas analisadas em E6 durante as cinco campanhas, com altos valores nas campanhas de out/23 e abr/24. Os resultados encontrados nas amostragens supracitadas podem estar associados com as maiores salinidades registradas. Além disso, sugere-se que o aporte de efluentes favorece o aumento de sólidos totais, o que é confirmado pelos altos valores de DBO, especialmente na campanha de out/23, e pelas elevadas concentrações de coliformes termotolerantes nas amostras de out/23 e abr/24.

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



6.1.6 Sólidos dissolvidos totais

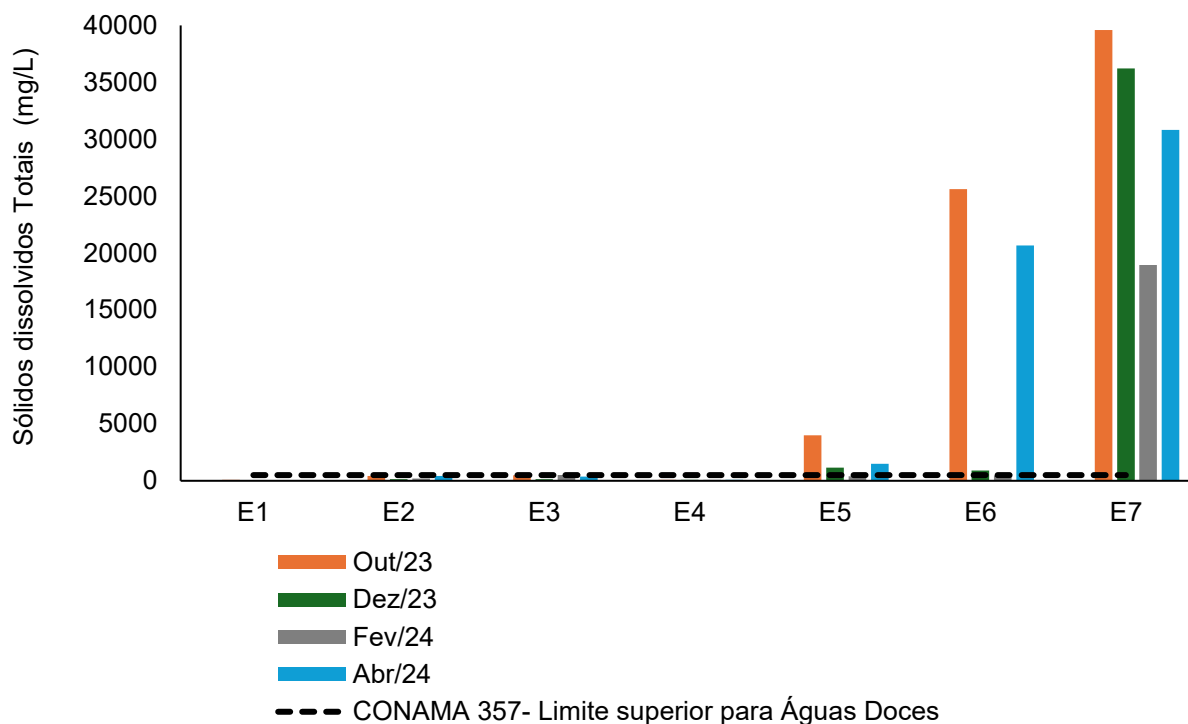
Os sólidos presentes na água são os resíduos que permanecem após diferentes processos, como evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e tempo determinados. Esses processos determinam as diferentes frações de sólidos na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. É importante 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).

O valor de sólidos dissolvidos totais apresentou uma variação de 53,00 mg/L nas águas analisadas em E1 na campanha de abr/24 a 39590,00 mg/L na amostra de E7 na amostragem realizada em out/23 (Figura 6-8).

Destaca-se que esse parâmetro começou a ser analisado a partir da campanha de out/23. Para todas as amostras classificadas como águas doces ao longo das quatro amostragens realizadas, os valores registrados ficaram em conformidade com o limite

estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500,00 mg/L).

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



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).

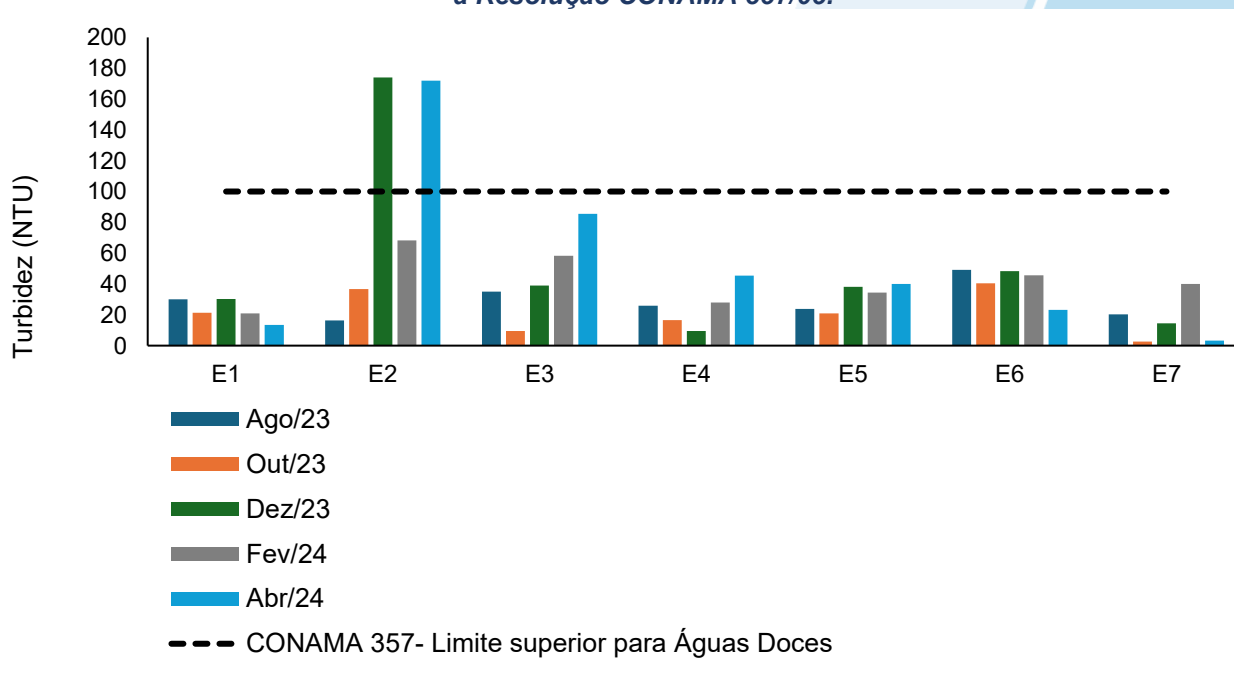
A turbidez observada nas análises realizadas não seguiu um padrão específico e registrou 2,57 NTU na coleta de out/23 em E7 até 174,80 NTU em dez/23 na estação E2.

No que se refere à comparação dos resultados com a Resolução CONAMA nº 357/2005, verifica-se que as amostras de E2 nas campanhas de dez/23 (174,00 NTU) e abr/24 (172,00 NTU) apresentaram valores acima da concentração máxima estipulada pela normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (100,00 NTU). Para as demais amostras categorizadas como águas doces, as concentrações detectadas estiveram em consonância com o limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Um fator importante é que os valores de turbidez tiveram um aumento significativo a partir da campanha de out/23. Sugere-se que os processos de erosão no entorno dos pontos amostrais, além do uso e ocupação do solo tenham influenciado nos resultados de turbidez.

Adicionalmente, observa-se um aumento da turbidez em comparação aos dados pretéritos de 2003 de um monitoramento realizado nos mesmos pontos amostrais do presente estudo, no qual foi registrada uma variação de 8,40 NTU na amostra de E1 a 13,10 NTU nas águas analisadas em E7 (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Este fato que pode ter uma relação com o aumento da urbanização ao longo do tempo, que pode ter favorecido um maior escoamento das águas superficiais das chuvas carregando sedimentos para os corpos hídricos, resultando no incremento da turbidez.

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



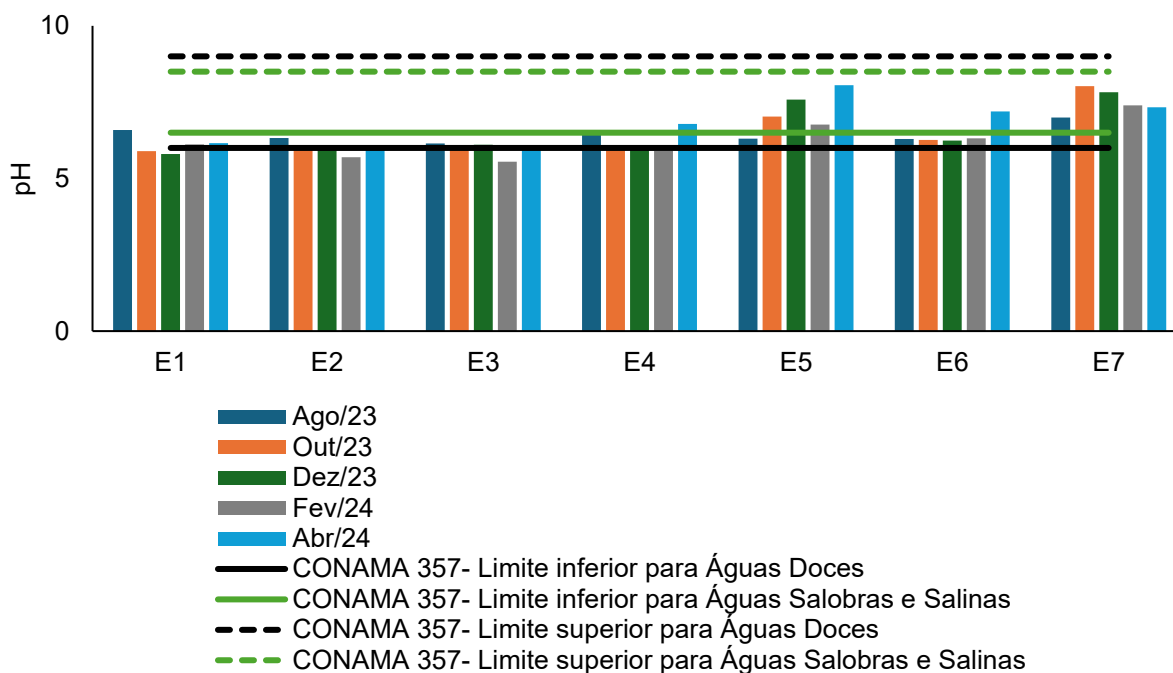
6.1.8 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da atividade dos íons hidrônio (H^+) dentro de uma solução, sendo esse parâmetro essencial para o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos, tendo em vista seu papel como regulador de diversas atividades bioquímicas de organismos. Diversos fatores podem alterar o pH de ecossistemas aquáticos, desde a composição geológica da bacia, descarga de efluentes industriais e de mineração, composição do lixiviado, até a presença de atividade agropecuária (VON-SPERLING, 2017).

O pH variou entre 5,55 na amostra de E3 na coleta realizada em fev/24 a 8,06 nas águas analisadas na estação E5 em abr/234. Assim como a condutividade, houve um padrão espacial claro, no qual as estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá (E1, E2 e E4) apresentaram pH mais ácidos nas estações (Figura 6-10). Já no rio das Ostras, nas amostras de E3, observam-se pequenas elevações do potencial hidrogeniônico. Os resultados obtidos podem estar associados com as distintas contribuições entre água doce e marinha, uma vez que uma contribuição maior da água doce tende a diminuir o pH, por apresentar menor salinidade e, provavelmente, conter maior contribuição de compostos húmicos.

No que tange aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, as águas analisadas em E1 nas campanhas de out/23 (5,90) e dez/23 (5,80) apresentaram valores abaixo do estipulado pela normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6 e 9). De forma semelhante, a amostra de E2 da coleta de fev/24 (5,70), as águas analisadas em E3 em fev/24 (5,55) e abr/24 (5,95) e a amostra de E4 nas amostragens realizadas em out/23 (5,93), dez/23 (5,94) e fev/24 (5,91) registraram resultados inferiores ao limite preconizado na legislação supracitada (Figura 6-10).

Figura 6-10 Resultados de pH das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



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 ao longo das cinco campanhas apresentou uma variação de 0,63 mg/L na amostra de E5 da coleta realizada em abr/24 a 6,26 mg/L, nas águas analisadas na estação amostral E6 na amostragem realizada em ago/23 (Figura 6-11).

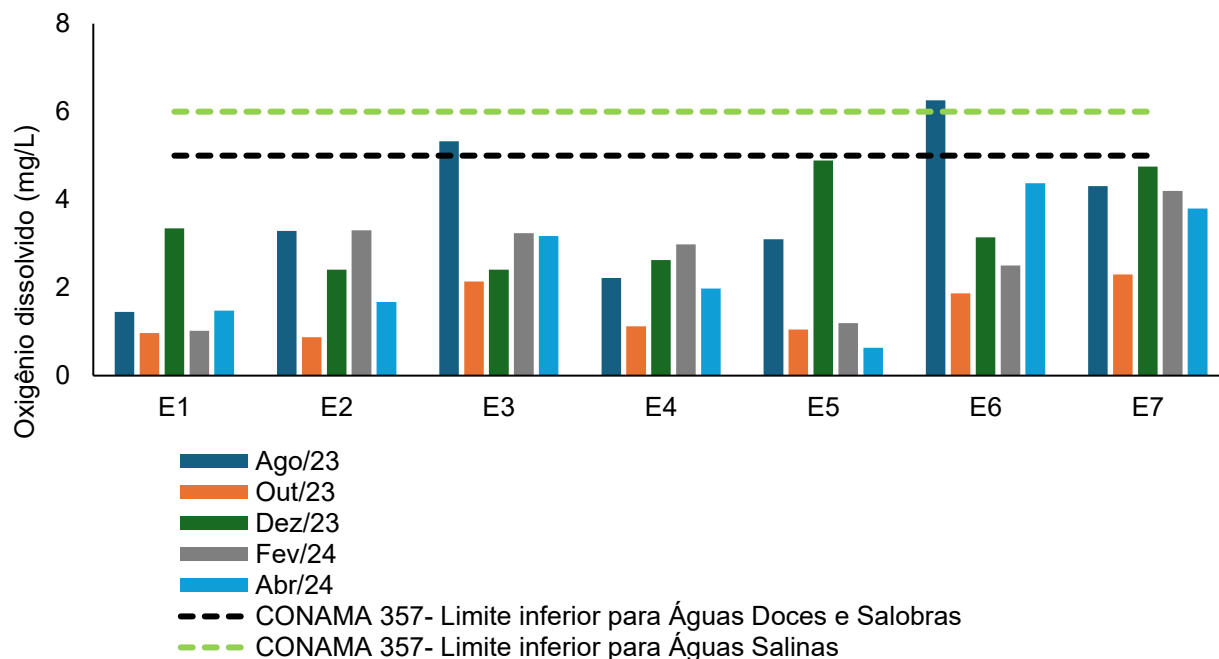
Salienta-se que de todas as amostras analisadas nas cinco campanhas de monitoramento, somente as águas analisadas em E3 na campanha de ago/23 (5,33 mg/L) e a amostra de E6 da coleta de ago/23 (6,26 mg/L) estiveram em conformidade com o limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas doces classe 2 (>5,00

mg/L). As concentrações avaliadas nas demais amostras estiveram abaixo do que é preconizado pela normativa de referência, para seus respectivos enquadramentos.

Uma avaliação prévia realizada em 2003 contemplando as mesmas estações amostrais do presente monitoramento registrou baixos valores de OD, com uma variação de 4,00 mg/L nas águas analisadas em E5 a 4,80 mg/L na amostra de E4 (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Os resultados históricos já indicavam concentrações de OD inferiores ao estabelecido na normativa supracitada. No entanto, os resultados do presente monitoramento sugerem um aumento da degradação dos corpos hídricos, uma vez que valores abaixo de 2,00 mg/L podem levar a mortalidade de animais (CETESB, 2023), e tais resultados foram registrados, por exemplo, em 12 amostras analisadas ao longo das cinco campanhas de monitoramento.

Os resultados obtidos e as informações pretéritas reforçam o aporte de águas residuais sem tratamento no sistema, que conseqüentemente leva à redução de OD, que é consumido pelos processos bioquímicos. Esse cenário de redução da qualidade hídrica compromete a biota, especialmente em casos de hipoxia, e coloca em risco o equilíbrio da cadeia trófica e dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos corpos hídricos monitorados (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

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



6.1.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio

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

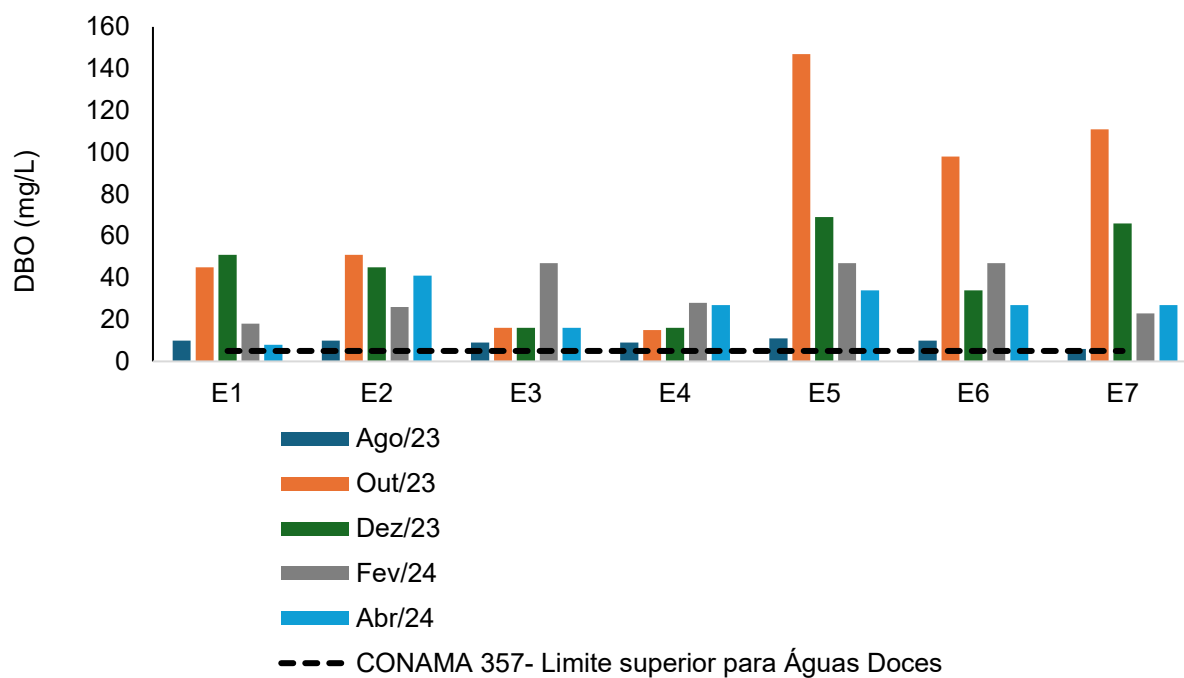
Em relação à DBO, foram registrados valores entre 6,00 mg/L na amostra E7 da coleta de ago/23 a 147,00 mg/L nas águas analisadas em E5 na campanha de out/23.

Destaca-se que os valores de DBO das 23 amostras categorizadas como águas doces ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (5,00 mg/L) (Figura 6-12). Salienta-se que para esse parâmetro não há valores máximos estipulados na legislação de referência para Águas Salobras e Salinas Classe 1.

As concentrações de DBO registradas podem ter uma relação com o uso e ocupação do solo no entorno dos pontos amostrais, já que de maneira geral, os maiores valores foram detectados nas amostras de E5 e E6, que têm maior influência de áreas urbanas.

Além disso, as águas do Valão das Corujas apresentam um histórico de aporte de efluentes (PRIOSTE, 2007), o que também pode ter contribuído para valores elevados dessa variável nas amostras de E5.

Figura 6-12 Resultados de DBO das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.



6.1.11 Nitrogênio total

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

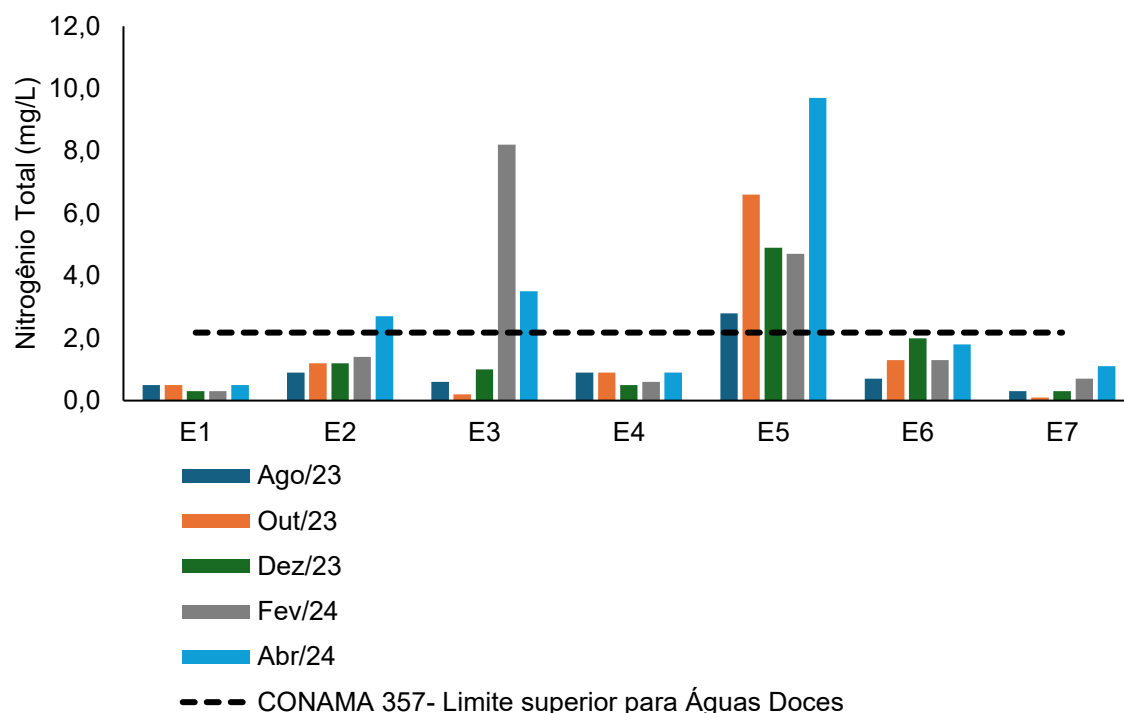
No que se refere ao nitrogênio total, as concentrações registradas foram de 0,10 mg/L nas águas analisadas em E7 na coleta de out/23 a 9,70 mg/L na amostra de E5 na campanha de abr/24.

Em relação à comparação com os valores da normativa de referência, verificou-se que a amostra de E2 da campanha de abr/24 (2,70 mg/L), as águas analisadas em E3 nas amostragens realizadas em fev/24 (8,20 mg/L) e abr/24 (3,50 mg/L) e na amostra de E5 (2,80 mg/L) de ago/23 apresentaram valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Água Doce de Classe 2 para ambientes lóticos (2,18 mg/L). Destaca-se que na legislação supracitada não há valores máximos para Águas Salobras e Salinas Classe 1.

Os resultados obtidos na estação E2, situada no rio Jundiá, corroboram com um estudo prévio realizado nesse corpo hídrico, no qual foram registradas concentrações de nitrogênio total de cerca de 3,5 mg/L (MAIA, 2020). O autor da pesquisa destaca que os valores elevados desse nutriente estão associados aos impactos do crescimento populacional observado na cidade de rio das Ostras, o que pode ser evidenciado em imagens de satélite.

Outro aspecto importante é que, apesar de não ter limite de referência para Águas Salobras Classe 1, destaca-se que foram observados valores elevados desse nutriente nas águas analisadas no Valão da Corujas (E5), o que pode favorecer processos de eutrofização nesse corpo hídrico e apresentar um risco para a biodiversidade local, bem como para atividades humanas.

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



6.1.12 Nitrato

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

O nitrato começou a ser analisado a partir da campanha de out/23. Esse parâmetro não foi detectado nas águas analisadas em E1 e E2 da campanha de fev/24 e na amostra de E4 na amostragem realizada em abr/24. Na amostra de E1 de abr/24, nas águas

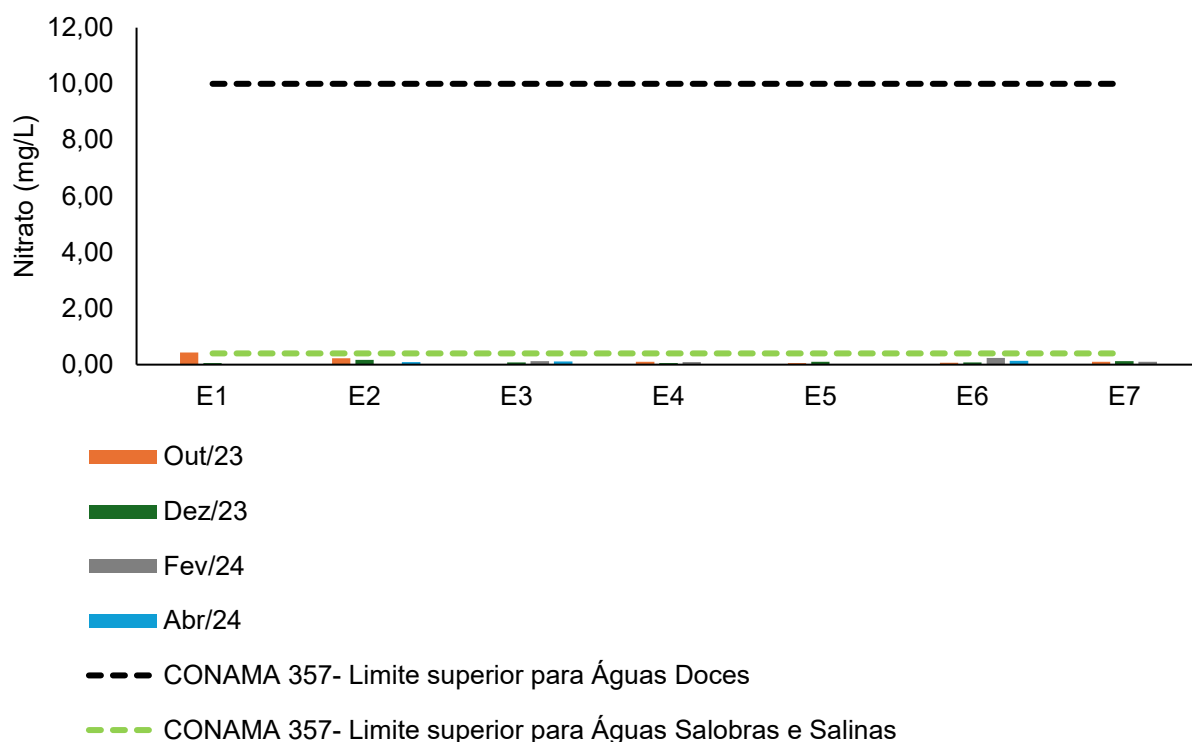
analisadas em E3 da campanha de out/23, na amostra de E5 das amostragens realizadas em fev/24 e abr/24 e nas águas analisadas em E7 da campanha de abr/24, os valores detectados ficaram abaixo do limite de quantificação do método analítico. Para as amostras em que o nitrato foi quantificado, esse parâmetro variou entre 0,06 mg/L nas amostras de E1 (dez/23), E4 (dez/23), E5 (out/23) e 0,43 mg/L nas águas analisadas em E1 (out/23) (Figura 6-14).

Em relação à comparação com a normativa de referência, nota-se que todas as amostras analisadas apresentaram concentrações em conformidade com os limites estipulados para Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 (Figura 6-14).

Um aspecto relevante nesse contexto, é que as formas do nitrogênio detectadas nos corpos hídricos podem indicar o nível de degradação da qualidade das águas. Altas concentrações de nitrogênio na sua forma orgânica sugerem uma poluição recente, já a detecção predominante de nitrato aponta para uma contaminação mais antiga (VON SPERLING, 2014).

Desta forma, as concentrações de nitrato reportadas ao longo das quatro campanhas indicam um aporte prévio desse nutriente no sistema e os valores elevados de nitrogênio total revelam uma degradação da qualidade das águas mais recente, o que pode ser evidenciado principalmente nas águas analisadas em E2 na campanha de abr/24, na amostra de E3 nas amostragens realizadas em fev/24 e abr/24 e para todas as amostras de E5 (Figura 6-14).

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



6.1.13 Fósforo total

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

No que se refere à análise desse nutriente, a concentração mais baixa foi <0,01 mg/L, nas amostras de E1 (out/23), E2 (dez/23), E3 (out/23), E4 (out/23 e dez/23) e E7 (dez/23), já a maior concentração foi detectada nas águas analisadas em E5, na amostragem realizada em abr/24 (0,78 mg/L).

De forma majoritária, nota-se que em todas as campanhas, as águas analisadas do rio Iriri (estações E1 e E4) registraram as menores concentrações de fósforo em comparação com as amostras das estações localizadas no rio Jundiá, rio das Ostras e Valão das Corujas.

Em todas as campanhas, as águas analisadas nas estações E1 e E4 apresentaram valores em conformidade com os valores máximos permitidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Na amostra de E2 de abr/24 (0,28 mg/L) o valor de fósforo total detectado ficou acima do determinado na legislação supracitada para Águas Doces Classe 2 (0,10 mg/L). Concentrações acima do valor estipulado na Resolução CONAMA nº 357/2005 também foram registradas nas águas analisadas em E3 nas campanhas de dez/23 (0,17 mg/L), fev/24 (0,17 mg/L) e abr/24 (0,11 mg/L).

Destaca-se que todas as amostras da estação E5 exibiram concentrações que ultrapassaram a normativa de referência para os dois enquadramentos que o corpo hídrico recebeu ao longo das campanhas (Águas Salobras Classe 1 e Águas Doces Classe 2). Para a estação E6, a amostra de dez/23 (0,27 mg/L) apresentou concentrações acima do preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salobras Classe 1 (0,124 mg/L). Já nas águas analisadas em E7, o desenquadramento foi identificado na amostra de out/23 (0,07 mg/L), que excedeu o limite estipulado para Águas Salinas Classe 1 (0,062 mg/L) e na amostra de abr/24 (0,14 mg/L) que também apresentou concentrações superiores ao estipulado para Águas Salinas Classe 1.

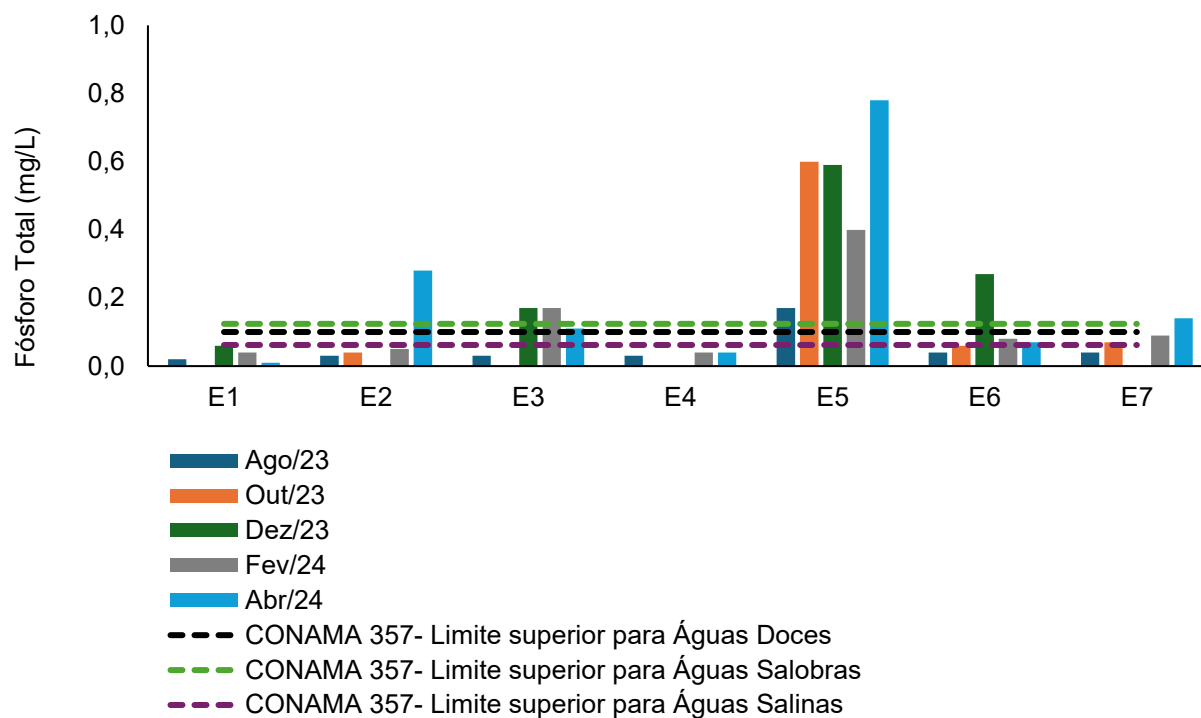
Destaca-se ainda que os valores de fósforo total durante as campanhas são superiores a dados pretéritos de 2003 obtidos nas mesmas estações amostrais do presente estudo ambiental, cuja variação registrada foi de <0,01 mg/L nas águas analisadas em E7 a 0,03 mg/L na amostra de E5 e E6 (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Considerando as águas analisadas em E5, o valor registrado na campanha de abr/24 (0,78 mg/L), 20 anos após o monitoramento supracitado, é 26 vezes superior se comparado aos resultados encontrados na avaliação realizada em 2003, o que sugere um aumento do aporte de efluentes no Valão das Corujas, tendo como reflexo o aumento da degradação desse corpo hídrico.

Além do descarte de efluentes, algumas regiões próximas aos pontos amostrais são áreas rurais. Logo, acredita-se que os valores elevados de fósforo podem ter uma relação com uso de fertilizantes, bem como a utilização e ocupação do solo associados a atividades agrícolas (GOMES, 2009).

Um outro aspecto relevante, que já foi mencionado previamente, é que os nutrientes fósforo e nitrogênio, juntamente com outros fatores ambientais, podem levar à ocorrência de processos de eutrofização nos corpos hídricos, representando um risco para

a biodiversidade local, bem como impactos para água de abastecimento e para a saúde humana.

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



6.1.14 Fosfato

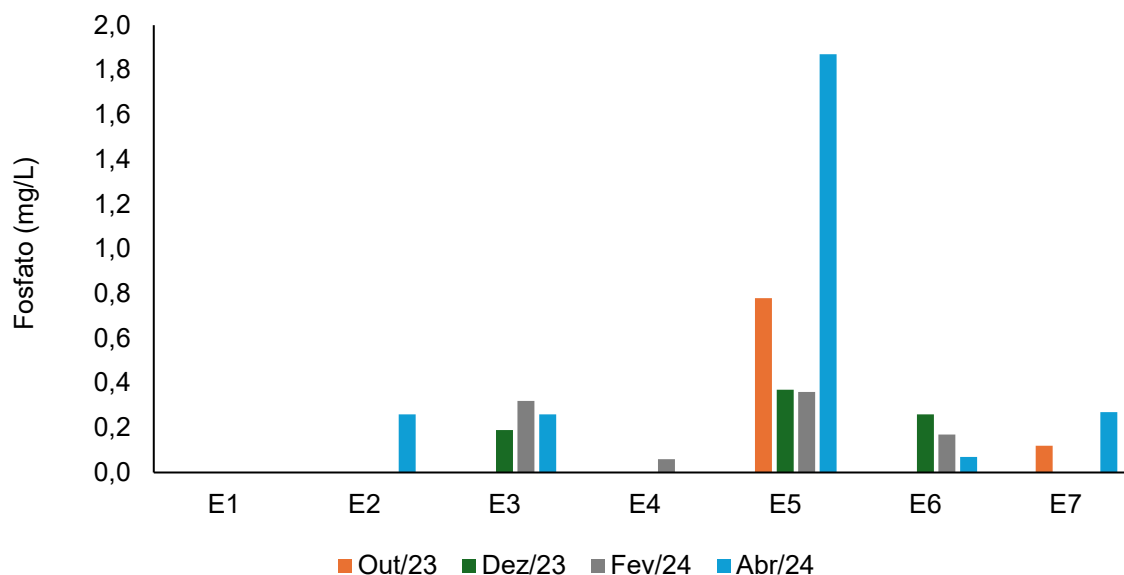
O fósforo pode se apresentar em diversas formas, incluindo sais inorgânicos, como o fosfato. Embora o fosfato seja um nutriente essencial para as plantas, o seu excesso proveniente de atividades humanas, como esgoto doméstico, fertilizantes e resíduos urbanos, tem contribuído para o fenômeno da eutrofização.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

Esse parâmetro começou a ser analisado a partir da campanha de out/23, não sendo detectado em 13 amostras. Para as demais amostras em que o fosfato foi quantificado, a variação foi de 0,06 mg/L na amostra de E4 na campanha de fev/24 a 1,87 mg/L nas águas analisadas em E5 na amostragem de abr/24.

Destaca-se que na Resolução CONAMA 357/2005 não há valores de referência para esse nutriente. Entretanto, salienta-se que valores elevados de fosfato foram

reportados principalmente em E5, que tem um histórico de aporte de efluentes e que também registrou concentrações elevadas de nitrogênio total e fósforo total.

Figura 6-16 Resultados de fosfato das quatro campanhas realizadas.



6.1.15 Coliformes termotolerantes

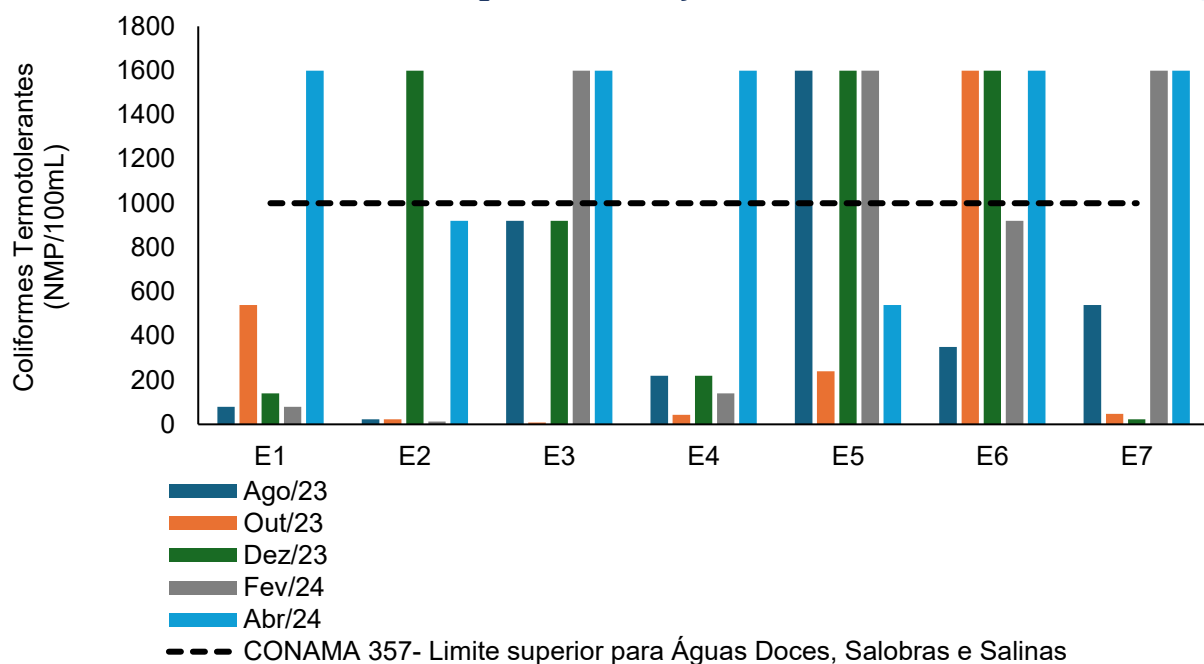
A poluição por esgoto sanitário pode levar a uma série de alterações em ecossistemas aquáticos, levando ao aumento nas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas, turbidez e coliformes. Os coliformes são bactérias presentes no trato intestinal humano e animal, sendo assim, as concentrações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

Ao longo das cinco campanhas de monitoramento esse parâmetro apresentou uma variação de 7,80 NMP/100 mL na amostra de out/23 do ponto E3 a valores acima de 1600,00 NMP/100 mL nas amostras de E2 (dez/23), E3 (fev/24 e abr/24), E4 (abr/24), E5 (ago/23, dez/23 e fev/24), E6 (out/23, dez/23 e abr/24) e E7 (fev/24 e abr/24), resultado acima do valor máximo quantificável pelo método analítico.

Quando comparado com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, nota-se que 13 amostras exibiram valores que ultrapassaram a concentração recomendada para Águas Doces Classe 2, Águas Salinas Classe 1 e Águas Salobras Classe 1 (1.000,00 NMP/100 mL).

Os valores detectados dessa variável microbiológica sugerem o lançamento de efluentes sanitários, além da urbanização desordenada que está relacionada com o uso e ocupação irregular do solo no entorno, que favorecem o aumento de coliformes termotolerantes nos corpos hídricos monitorados.

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



7 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

Na caracterização do estuário, observa-se aumento da salinidade da estação E1, situada no Rio Iriri, em direção a E7, localizado na foz do rio das Ostras, estação amostral que apresentou amostras de características salobras e salinas, de acordo com os valores de salinidade estipulados na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Ao analisar as campanhas de monitoramento, observa-se que não há estratificação halina entre a massa d'água superficial e a profunda, uma vez que tanto a salinidade quanto a condutividade foram muito semelhantes na superfície e no fundo da coluna d'água dos corpos hídricos monitorados. A exceção desse padrão foi observada somente nas amostras de E2 e E4 na amostragem realizada em dez/23, que apresentou uma divergência de salinidade observada na superfície e no fundo, o que pode ter uma associação com a influência das ações das marés.

Nesse sentido, reforça-se que o estuário de rio das Ostras é fortemente influenciado pelas marés, que adentra áreas interiores do rio através do regime de micromarés e da intrusão da cunha salinha, que pode chegar até cerca de 6,0 km para o interior do continente a depender do volume dos rios e da baixa precipitação (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Dessa forma, é possível que o volume de chuvas registrados anteriormente às coletas, como por exemplo na campanha de ago/23, quando foi evidenciada uma elevada precipitação dias antes da data da coleta, gerem um maior aporte de água doce com capacidade de conter o avanço de massas d'água oceânicas, reduzindo a salinidade e ocasionando a estratificação de massas d'água, devido às diferenças de densidade, especialmente na região do estuário, levando a misturas e ressuspensão de sólidos e partículas (BARROSO; MOLISANI, 2019; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Este fenômeno foi verificado nos resultados de salinidade na amostragem realizada em ago/23, na qual as amostras de E1 até E6 foram classificadas como doces e as águas analisadas em E7 categorizadas como salobras.

Com base nos resultados obtidos, nota-se que a bacia do rio das Ostras é impactada pela dinâmica entre a ação das marés e do ambiente costeiro, relacionadas com a vazão e o fluxo da rede hidrográfica dessa região. O que é notado pelos maiores valores registrados para salinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos e pH nas

amostras de E7, na região da foz do rio. Devido a relação entre a condutividade e o pH, esses parâmetros podem ser influenciados pela salinidade e sólidos totais, já que as faixas de variação de pH atuam na precipitação de material particulado, íons e sais que são medidos na condutividade, o que pode sugerir a atuação desse parâmetro junto com as massas d'água (ESTEVEES, 2011).

Além dos parâmetros previamente mencionados, destaca-se ainda os valores elevados de turbidez, especialmente nas águas analisadas em E2. Esses resultados podem ter uma relação com alguns fatores já descritos na literatura que impactam a qualidade das águas do rio Jundiá, como o aporte clandestino de efluentes sanitários e de resíduos urbanos (GOMES, 2009). Adicionalmente, os resultados desse parâmetro podem ter uma relação com a presença de empreendimento próximos ao corpo hídrico, que podem ser observados em imagens de satélite, as quais evidenciam área de exposição de sedimentos que são carregados diretamente para o corpo hídrico.

Ademais, o rio Jundiá está localizado em uma zona de expansão urbana do município de Rio das Ostras, de acordo com o descrito no Plano Diretor da cidade (RIO DAS OSTRAS, 2006) e durante os últimos meses, bem próximo ao rio, foi construído um shopping e lotes para bairros planejados. Dessa forma, todos esses fatores podem ter contribuído para o resultado encontrado de turbidez elevada nas águas analisadas em E2.

Ainda no que tange as amostras da estação E2, foram observados dois cenários conforme os registros fotográficos apresentados no ANEXO 3, em algumas campanhas as macrófitas foram removidas do rio Jundiá e em outras amostragens foi evidenciada a presença dessas plantas aquáticas no corpo hídrico. Nesse sentido, a remoção de macrófitas pode apresentar uma interferência nos valores de algumas variáveis ambientais, como por exemplo, para os resultados de oxigênio dissolvido (PRIOSTE, 2007; SILVA et al. 2012). Em contrapartida, a presença de macrófitas no corpo hídrico são um indicativo de processos de eutrofização (HAN; CUI, 2016), que geralmente são ocasionados pela descarga de nutrientes no ambiente aquático.

No que se refere aos nutrientes, nota-se que, de maneira geral, as maiores concentrações de fósforo total, fosfato e nitrogênio total foram detectadas nas águas analisadas na estação E5. Esses resultados podem ter uma relação com o aporte de esgoto doméstico do bairro Nova Cidade, que fica próximo ao ponto amostral E5 (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Após essa localidade, ainda existem outros bairros que apresentam um histórico de despejo irregular de efluentes entre E6 e E7, como Boca da Barra, Nova Esperança, Costa Azul, Liberdade entre outros, que têm seus resíduos lançados no rio das Ostras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012; GOMES, 2009).

Além dos impactos previamente mencionados, as regiões com menor urbanização como no caso dos rios Iriri e Jundiá (situados nas estações E1, E2 e E4), podem apresentar nos resultados um reflexo das atividades agrárias, uma vez que, de acordo com o relatório do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras (2013), áreas de pastagens e pastagens em várzea correspondem, cerca de 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).

Um outro aspecto importante nesse contexto foram os valores elevados de DBO e as baixas concentrações de OD observados de forma majoritária em boa parte das amostras analisadas. Dessa forma, os resultados desses parâmetros, além dos demais supracitados, reforçam o despejo de efluentes nos corpos hídricos. O que pode ser uma consequência da ausência de saneamento na região, já que 73% da população de Rio das Ostras não tem acesso a coleta de esgoto (SNIS, 2022) Além disso, os valores baixos de OD representam um risco para a biota local, que pode não resistir a uma redução significativa desse parâmetro. Vale frisar que, além da ausência de tratamento de águas residuais, os resultados de DBO e de OD podem estar relacionados à baixa vazão dos rios.

Os resultados encontrados para os diferentes parâmetros analisados refletem não só a ausência do saneamento, mas também, o desmatamento na região da bacia hidrográfica do Rio das Ostras e das atividades de agropecuária e silvicultura (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS; DA CUNHA; LIMA; HESPANHOL, 2015; BIDEGAIN; VÖLCKER, 2022). Portanto, as diferentes condicionantes podem atuar de forma isolada ou sinérgica, impactando a qualidade das águas na área do monitoramento ambiental realizado.

Salienta-se ainda que os resultados encontrados durante o monitoramento realizado podem ter um reflexo nas praias do município. A baixa qualidade das águas dos rios, especialmente devido às altas concentrações de coliformes termotolerantes,

utilizados para calcular a balneabilidade das águas das praias, reflete a degradação dos corpos hídricos. Esse fator é confirmado pelos dados disponibilizados pelo INEA, em que indicam uma classificação péssima para as praias da Boca da Barra e do Cemitério, próximas à estação E7, ao comparar o dia e mês de amostragem do presente estudo, com exceção de agosto de 2023, cujos dados não estavam disponíveis.

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

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

| Estações amostrais | Salinidade (%) | | Condutividade (µS/cm) | | Sólidos Totais (mg/L) | | Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) | | Turbidez (NTU) | | pH | | Temperatura (°C) | |
|--------------------|----------------|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|----------------|---------------|-------|---------------|------------------|---------------|
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| E1 | 0,05 | 0,01 | 103,60 | 23,74 | 120,40 | 41,36 | 69,25 | 12,79 | 23,24 | 7,11 | 6,11 | 0,31 | 27,11 | 1,99 |
| E2 | 0,22 | 0,09 | 456,40 | 191,07 | 362,00 | 191,07 | 296,00 | 145,41 | 93,63 | 75,13 | 6,03 | 0,22 | 26,73 | 2,37 |
| E3 | 0,34 | 0,14 | 686,40 | 274,18 | 442,40 | 208,27 | 448,50 | 266,28 | 45,44 | 28,41 | 5,94 | 0,26 | 27,32 | 2,60 |
| E4 | 0,04 | 0,01 | 104,60 | 8,23 | 98,80 | 51,72 | 82,25 | 7,85 | 25,55 | 13,61 | 6,21 | 0,40 | 26,40 | 2,72 |
| E5 | 1,25 | 0,83 | 2465,60 | 1610,59 | 1621,60 | 1466,07 | 1756,00 | 1552,82 | 31,44 | 8,30 | 7,15 | 0,69 | 27,64 | 2,24 |
| E6 | 5,55 | 10,37 | 9012,40 | 16242,79 | 11021,20 | 14288,09 | 11913,50 | 13130,17 | 41,36 | 10,66 | 6,46 | 0,41 | 27,48 | 2,84 |
| E7 | 30,14 | 4,16 | 46503,80 | 5665,40 | 32935,20 | 6856,23 | 31401,00 | 9041,78 | 16,11 | 15,34 | 7,51 | 0,41 | 27,03 | 3,03 |

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

| Estações amostrais | OD (mg/L) | | DBO (mg/L) | | Fósforo Total (mg/L) | | Fosfato (mg/L) | | Nitrogênio Total (mg/L) | | Nitrito (mg/L) | | Coliformes Termotolerantes(NMP/100mL) | |
|--------------------|-----------|---------------|------------|---------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| E1 | 1,65 | 0,98 | 26,40 | 20,18 | 0,03 | 0,02 | - | - | 0,42 | 0,11 | 0,25 | 0,26 | 487,60 | 650,94 |
| E2 | 2,31 | 1,05 | 34,60 | 16,56 | 0,10 | 0,12 | 0,26 | - | 1,48 | 0,70 | 0,17 | 0,07 | 515,80 | 720,66 |
| E3 | 3,26 | 1,25 | 25,17 | 14,96 | 0,12 | 0,07 | 0,26 | 0,07 | 2,70 | 3,33 | 0,11 | 0,03 | 1009,56 | 655,13 |
| E4 | 2,19 | 0,71 | 19,00 | 8,22 | 0,04 | 0,01 | 0,06 | - | 0,76 | 0,19 | 0,08 | 0,02 | 444,60 | 649,98 |
| E5 | 2,17 | 1,79 | 61,60 | 52,16 | 0,51 | 0,51 | 0,85 | 0,71 | 5,74 | 2,59 | 0,08 | 0,03 | 1116,00 | 671,18 |
| E6 | 3,63 | 1,74 | 43,20 | 33,42 | 0,10 | 0,09 | 0,17 | 0,10 | 1,42 | 0,51 | 0,13 | 0,08 | 1214,00 | 565,67 |
| E7 | 3,87 | 0,94 | 46,60 | 42,17 | 0,09 | 0,04 | 0,20 | 0,11 | 0,50 | 0,40 | 0,11 | 0,01 | 762,00 | 792,33 |

7.1 Análise dos Componentes Principais (PCA)

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

Para comprovar a adequação da PCA realizada, foi utilizado o teste de esfericidade de *Bartlett* e o teste estatístico de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO). O teste de Bartlett testa a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é semelhante à matriz de identidade. Nesse teste o resultado igual ou menor a 0,05 indica que os dados utilizados produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial é adequado para a realização da análise de dados. Já o teste KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso o modelo é considerado apropriado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1,0 e valores abaixo de 0,6 mostram que a análise não é adequada (OLINTO, 2007; PRADO et al. 2016). Sendo assim, verifica-se com base nos resultados da Tabela 7-3 que os requisitos exigidos para a adequação da PCA foram cumpridos nos testes de KMO (0,722), que é adequado segundo a literatura (WU et al. 2010; AL-MUTAIRI et al. 2014) e observa-se que o teste de esfericidade de *Bartlett* foi significativo ($p < 0,05$), com isso tem-se que a análise da PCA é adequada.

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

| Teste | Resultado |
|---|-----------|
| Kaiser - Meyer - Olkin | 0,722 |
| Teste de esfericidade de Bartlett (X^2) | 500,00 |
| Graus de liberdade | 55,00 |
| Significância estatística (p valor) | <0,001 |

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 37,29% e 24,85% da variação dos dados, totalizando 62,14%, que podem ser vistos na Figura 7-1. Os resultados da PCA para a coleta de ago/23 estão marcados em azul, já de out/23 em laranja, dez/23 representado pela cor verde, fev/24 apresenta marcações em lilás e abr/24 destacado em cinza.

Diante da PCA apresentada na Figura 7-1, conclui-se que as diferentes variáveis ambientais analisadas interferiram na caracterização dos pontos amostrais. Nota-se que

os sólidos totais, salinidade e condutividade apresentaram uma influência sobre os resultados das águas analisadas em E7, nas campanhas de out/23, dez/23 e fev/24, o que pode ter uma associação com os valores elevados desses parâmetros nas amostras dessa estação amostral situada na foz do rio das Ostras.

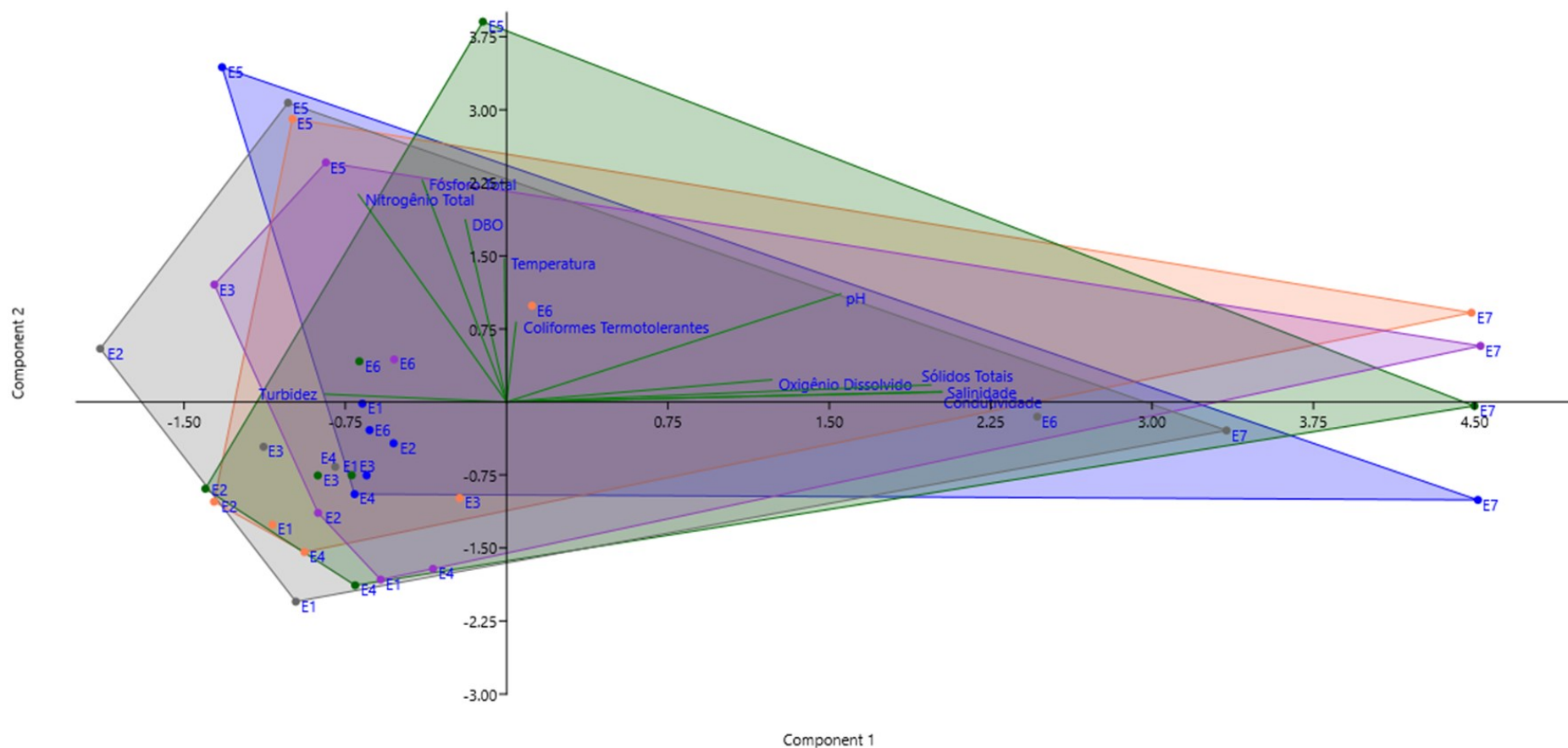
Também foi observada uma influência dos coliformes termotolerantes na amostra de E6 da campanha de out/23. Isso é evidenciado pelas concentrações mais elevadas dessa variável microbiológica detectadas nas águas analisadas em E6 na campanha supracitada, que apresentou concentrações acima do preconizado pela normativa de referência.

Além disso, verificou-se no eixo 1 uma influência de nitrogênio total, fósforo e DBO nas águas analisadas em E5 em praticamente todas as campanhas realizadas, reforçando o que foi mencionado previamente sobre os registros desses nutrientes e das altas cargas de DBO nas águas do Valão das Corujas. O que indica um ambiente com aporte de águas residuais que podem gerar processos de eutrofização artificial nesse corpo hídrico.

Adicionalmente observa-se a influência da turbidez nas águas analisadas em E6 nas campanhas de dez/23 e fev/24, o que pode ter uma associação com os valores elevados desse parâmetro registrados nas referidas campanhas.

Destaca-se ainda que as demais variáveis analisadas não influenciaram nas outras amostras analisadas ao longo das cinco campanhas de monitoramento.

Figura 7-1 Resultado da análise dos componentes principais.



7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

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

Os valores de IQA_{CETESB}, da estação amostral E1, situada no afluente do rio Iriri, variaram de 29,53 na campanha de out/23 a 52,55 em ago/23. Dessa forma, as águas foram classificadas de forma geral como ruins, com exceção da campanha de ago/23, na qual a classificação foi média. No que se refere ao ponto E2, localizado no rio Jundiá, os resultados apresentaram uma variação de 23,52 em abr/24 a 63,82 na campanha de ago/23. A classificação dessa estação amostral apresentou uma diferença de classificação, em que a amostra de ago/23 foi categorizada como média, já as águas analisadas em out/23, dez/23 e fev/24 foram classificadas como ruins e na amostragem realizada em abr/24 apresentou valores que indicaram um IQA muito ruim.

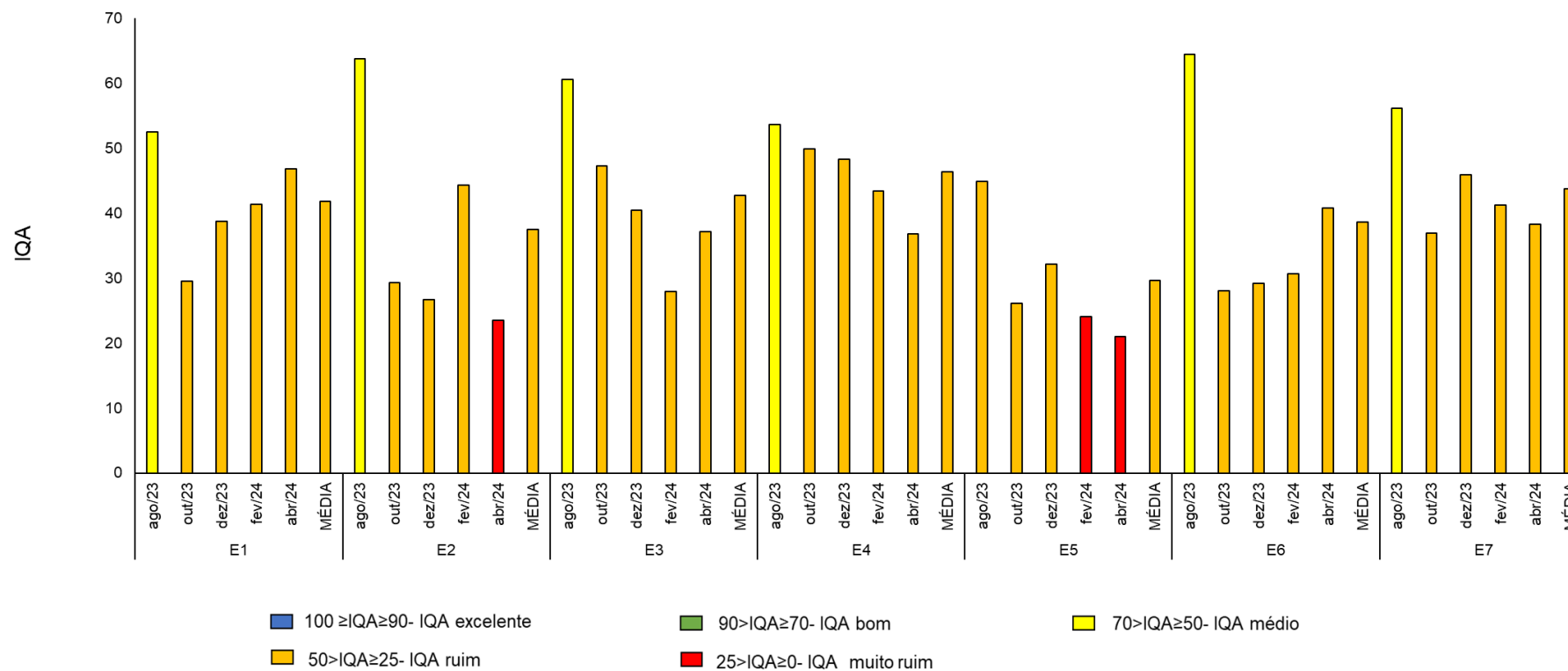
A qualidade da água da estação E3, localizada no rio das Ostras, exibiu uma variação entre 27,93 em fev/24 e 60,63 em ago/23. Com base nos valores de IQA desse ponto amostral, nota-se que cinco amostras foram classificadas como ruins (out/23, dez/23, fev/24 e abr/24) e uma como mediana (ago/23). Um padrão semelhante de resultados foi notado na estação E4, situada no rio Iriri, em que quatro amostras exibiram o IQA categorizado como ruim (out/23, dez/23, fev/24 e abr/24) e uma amostra foi classificada como média (ago/23). A variação do IQA para as águas analisadas em E4 foi de 36,83 em abr/24 a 53,67 em ago/23.

O ponto E5, localizado no valão das Corujas, apresentou classificação muito ruim na campanha de fev/24 (24,09) e abr/24 (20,97) e ruim em ago/23 (44,94), out/23 (26,17) e dez/23 (32,17). A classificação da qualidade da água do ponto E6, localizado no rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas, foi média em ago/23 (64,51) e ruim em out/23 (28,05), dez/23 (29,15), fev/24 (30,70) e abr/24 (40,78). E na estação E7, a variação do IQA obtido foi de 38,27 em abr/24 a 56,15 em ago/23, por conta disso, uma amostra foi classificada como média (ago/23) e as demais foram categorizadas como ruins.

Diante dos resultados obtidos do IQA_{CETESB}, somente as amostras coletadas em ago/23 apresentaram o IQA médio, sendo as águas consideradas apropriadas para

tratamento convencional tendo em vista o abastecimento público. Já as demais amostras foram classificadas como impróprias para o tratamento convencional, sugerindo a necessidade de tratamentos mais avançados.

Figura 7-2. Evolução dos resultados de IQA_{CETESB}.



Além dos valores do IQA previamente mencionados, destaca-se que a partir da campanha de outubro de 2023, foram analisados os parâmetros nitrato, fosfato e sólidos dissolvidos totais, possibilitando a realização do cálculo do IQA_{NSF} , método utilizado pelo INEA.

Também foi realizado um gráfico de evolução dos resultados das quatro campanhas para o $IQA_{NSF-INEA}$, bem como a média desse índice para cada estação amostral (Figura 7-3). Diante dos resultados, verificou-se que o $IQA_{NSF-INEA}$ na estação E1 apresentou uma variação de 29,93 na campanha de out/23 a 46,70 na campanha de abr/24. Todas as amostras desse ponto amostral foram classificadas como ruins. Já no ponto E2, a variação registrada foi de 22,81 na campanha de abr/24 a 31,50 na amostragem realizada em fev/24. Diante dos resultados para as águas analisadas em E2, nota-se que uma amostra foi classificada como muito ruim e as demais foram categorizadas como ruins.

No que tange a estação E3, a variação ficou entre 27,21 na campanha de fev/24 e 49,13 em out/23. Desta forma, todas as amostras apresentaram um $IQA_{NSF-INEA}$ ruim. Para o ponto E4, o maior $IQA_{NSF-INEA}$ foi de 50,25 em out/23, apresentando um resultado considerado médio e para as amostras das campanhas de dez/23 (48,74), fev/24 (43,44) e abr/24 (36,21), os resultados apontam para um resultado ruim.

Nas águas analisadas no Valão das Corujas, situado no ponto E5, o $IQA_{NSF-INEA}$ apresentou uma variação de 21,31 em abr/24 a 34,42 em dez/23. Diante desses resultados, três amostras foram categorizadas como ruins e uma como muito ruim. Já nas águas analisadas em E6, todas as amostras foram classificadas como ruins e a variação do índice foi de 28,35 em out/23 a 40,22 na campanha de abr/24. Um padrão similar de resultado foi notado em E7, em que a variação foi de 36,23 na amostragem realizada em out/23 a 41,86 em fev/24, e o resultado do $IQA_{NSF-INEA}$ de todas as amostras foi categorizado como ruim.

Com base nos resultados ao longo das campanhas, verifica-se que somente uma amostra apresenta um $IQA_{NSF-INEA}$ médio (E4- out/23), sendo considerada apta para o tratamento convencional. As demais amostras das campanhas realizadas foram categorizadas como inadequadas para o tratamento convencional, reforçando a necessidade de tratamentos mais avançados.

Para fins comparativos, utilizou-se os pesos de cada parâmetro estabelecido pelo IQA_{NSF-INEA} e a classificação de referência da mesma metodologia já que apresenta uma maior restrição nas categorias que indicam a qualidade da água, com intervalos de valores mais baixos. No entanto, a faixa de classificação de qualidade de água adotado pelo IQA_{CETESB}, apresenta uma maior amplitude, com faixas mais largas (WANICK et al. 2011).

No presente estudo, de maneira geral, os resultados numéricos foram semelhantes nos dois cálculos, com diferença observada na campanha de out/23, em que o IQA_{NSF-INEA} foi ruim para as águas de E1, E2, E3, E5, E6 e E7 e médio em E4, já no IQA_{CETESB} todas as amostras foram categorizadas como ruins. Uma situação semelhante foi observada em fev/24, campanha na qual o IQA_{NSF-INEA} demonstrou uma qualidade ruim para todos os pontos monitorados e no IQA_{CETESB} as águas de E1, E2, E4, E6 e E7 foram classificadas como ruins, e a amostra de E4 como muito ruim. As diferenças nos resultados podem estar associadas à distinção dos parâmetros analisados em cada método, já que no IQA_{NSF-INEA} são contemplados nitrato, fosfato e sólidos dissolvidos totais, enquanto no IQA_{CETESB} são considerados nitrogênio total, fósforo total e resíduos sólidos totais. O segundo método abrange uma maior quantidade de nutrientes e sólidos presentes na água avaliada, o que pode influenciar nos resultados.

Ao comparar os dois métodos, sugere-se utilizar o IQA_{NSF-INEA}, por ser mais restritivo em relação à classificação da qualidade da água, auxiliando assim na tomada de decisão para a gestão da Bacia do Rio das Ostras. Além disso, é o método adotado pelo órgão ambiental do Governo do Estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) (FERREIRA et al. 2024), contribuindo para o histórico da qualidade da água na região.

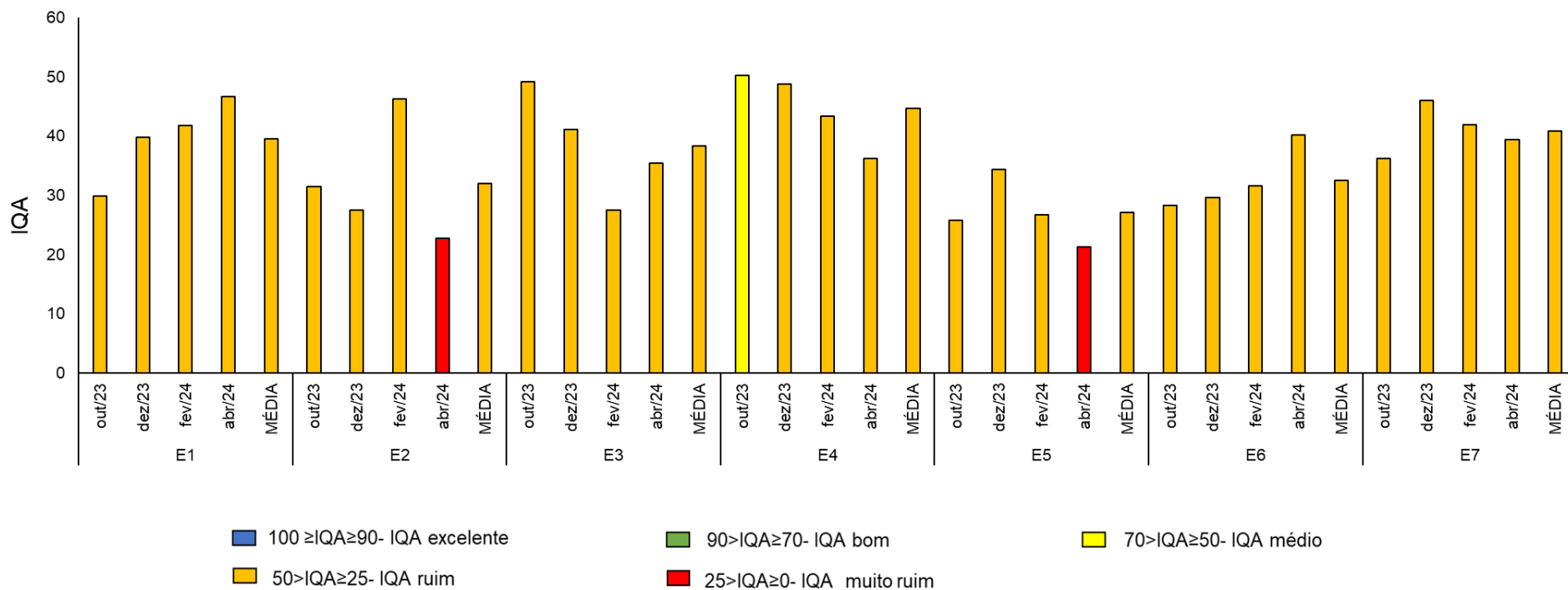
Com base no exposto e já descrito previamente, a variação de salinidade encontrada ao longo das campanhas pode refletir nos resultados de outros parâmetros, como por exemplo, pH, sólidos totais e sólidos dissolvidos. Ainda assim, recomenda-se a utilização do IQA_{NSF}, já que esse método tem sido utilizado em estudos ambientais realizados pelo INEA em áreas de estudo que também apresentam influência de salinidade, como os pontos amostrais situados na Lagoa de Araruama e na Baía de Guanabara (INEA,2024).

Além disso, para uma compreensão mais abrangente do cenário ambiental da área de estudo, além do IQA, devido às atividades agrícolas na região (COMITÊ DE BACIA

HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS; DA CUNHA; LIMA; HESPANHOL, 2015; BIDEGAIN; VÖLCKER, 2022) sugere-se o monitoramento de mais parâmetros, como os pesticidas, glifosato, 2,4D, atrazina e malation já que foram ingredientes ativos mais comercializados no Brasil em 2022 (IBAMA, 2022). Além do dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) pela sua detecção elevada em ambientes costeiros no Estado do Rio de Janeiro (GIRONES et al. 2020). Ressalta-se que os compostos previamente mencionados, apresentam valores de referência na Resolução CONAMA 357/2005, o que poderia contribuir também para o diagnóstico da qualidade hídrica.

Por fim, salienta-se que as nove variáveis ambientais consideradas no cálculo do IQ_{NSF-INEA} são indicadores de contaminação causada pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais. Dessa forma, a avaliação pode ficar limitada, já que outros parâmetros importantes não são analisados, tais como metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (ANA, 2023). Entretanto, é um índice amplamente utilizado, com escala pré-definida, para avaliar a contaminação de rios por atividades antrópicas.

Figura 7-3. Evolução dos resultados de IQA_{NSF}.



7.3 Matriz FPSEEA

Os fatores que estão relacionados à qualidade ambiental da água dos corpos hídricos monitorados estão apresentados na Tabela 7-4, que se apresenta através da matriz FPSEEA. Foram descritas forças motrizes (F) dentro desse contexto, que favorecem a criação de pressões (P) observadas ao longo do monitoramento, como por exemplo a ocupação do solo de forma irregular. Essas pressões levaram à mudança da qualidade da água, representada pelo eixo situação (S), no qual observa-se, por exemplo, as elevadas concentrações de coliformes termotolerantes e nutrientes. Toda essa alteração do ambiente monitorado reflete na biodiversidade local e saúde humana, como evidenciado no pilar exposição (E). Com base nisso, notam-se inúmeros efeitos (E) relacionados ao bem-estar da população associado à qualidade hídrica. Por fim, são sugeridas algumas ações (A) de médio e longo prazo como forma de reduzir os riscos relacionados às condições ambientais da água dos corpos hídricos monitorados.

Tabela 7-4 - Aplicação da matriz FPSEEA com proposição de ações de gerenciamento da qualidade ambiental das águas dos corpos hídricos monitorados.

| Nível | Determinantes |
|--------------|---|
| Força motriz | <p>Aumento da população no entorno dos rios monitorados;</p> <p>Ausência de cumprimento das leis municipais, como por exemplo, o Plano Diretor de Rio das Ostras;</p> <p>Atividades agrícolas no entorno de algumas estações amostrais.</p> |
| Pressão | <p>Ocupação urbana;</p> <p>Aumento da geração de resíduos;</p> <p>Possíveis lançamentos de fertilizantes;</p> <p>Lançamento de esgoto sem tratamento ou parcialmente tratado;</p> <p>Uso e ocupação irregular do solo;</p> <p>Remoção da mata ciliar.</p> |
| Situação | <p>Elevadas concentrações de coliformes termotolerantes nas amostras avaliadas;</p> <p>Ausência de cobertura de serviços de tratamento de águas residuais em alguns trechos monitorados;</p> <p>Altos valores de nutrientes nas águas analisadas, especialmente no Valão das Corujas;</p> <p>Valores detectados de inúmeras variáveis ambientais que estão em desconformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº357/2005 para Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1;</p> <p>Índice de qualidade da água com classificações majoritariamente ruins;</p> <p>Erosão do solo.</p> |
| Exposição | <p>Ameaça para a biodiversidade local e saúde humana;</p> <p>Qualidade microbiológica das amostras analisadas.</p> |
| Efeito | <p>Possíveis riscos para a saúde pública, associados à ocorrência de doenças de veiculação hídrica;</p> <p>Alto grau de contaminação das águas;</p> <p>Possíveis ocorrências de processos de eutrofização, acarretando prejuízos na biota e até mesmo para a saúde humana;</p> <p>Redução do potencial produtivo do solo;</p> |

| | |
|----------------------|---|
| | <p>Desequilíbrio da fauna e da flora em decorrência da erosão dos solos.</p> <p>Implicações para alcançar alguns Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Como a ODS 6 que trata de água potável e saneamento, já que com base nos resultados, por exemplo de OD, DBO, coliformes e nutrientes, sugere-se um aporte de efluentes nos sistemas. E a ODS 14, que faz referência à vida na água, as implicações dos baixos valores de OD podem impactar a sobrevivência de alguns organismos aquáticos e a presença de nutrientes pode acarretar os processos de eutrofização que também favorecem o desequilíbrio trófico.</p> |
| Ações de médio prazo | <p>Aumento da fiscalização das políticas públicas ambientais e municipais;</p> <p>Desenvolvimento de materiais educativos e palestras nas escolas do município;</p> <p>Divulgação dos resultados no monitoramento realizado para a população do município.</p> |
| Ações de longo prazo | <p>Parceria com o Programa Agente Jovem Ambiental de Rio das Ostras e o Centro de Educação Ambiental de Rio das Ostras (Cedro) para ações de educação socioambiental com o intuito de sensibilizar os moradores do município sobre os impactos das atividades humanas sobre os corpos hídricos monitorados;</p> <p>Revisão das políticas públicas que visem a recuperação dos corpos hídricos monitorados;</p> <p>Controle de fontes difusas de poluição utilizando tecnologias adequadas;</p> <p>Ampliação da cobertura da rede de esgoto e de tratamento de água;</p> <p>Análise de pesticidas nas águas superficiais para compreender as implicações das atividades agrícolas na região;</p> <p>Projeto de ciência cidadã tendo como público-alvo principal os moradores do entorno dos corpos hídricos monitorados;</p> <p>Continuidade do monitoramento ambiental com intuito de criar uma série histórica de dados, pois é um ambiente com literatura escassa e compreender as variações da qualidade hídrica para subsidiar ações de tomadas de decisão do Comitê de Bacias Hidrográficas Macaé e Ostras;</p> <p>Desenvolvimento de projetos para a restauração de matas ciliares e de controle de erosão do solo.</p> |

7.4 Matriz SWOT

Com base nos resultados obtidos de qualidade da água, além das cargas de poluentes, legislações e de ações realizadas pelo Comitê de Bacia do Rio Macaé Ostras foi desenvolvida uma matriz de SWOT (Tabela 7-5). Essa matriz apresenta forças (*strengths*), fraquezas (*weaknesses*), oportunidades (*opportunities*) e ameaças (*threats*) e foi elaborada como uma estratégia para o controle da poluição hídrica e subsídio para o fortalecimento da gestão das águas da Bacia Hidrográfica do rio das Ostras.

Tabela 7-5- Matriz de SWOT adaptada para o presente estudo ambiental.

| PONTOS FORTES | FRAQUEZAS |
|--|--|
| <p>Existência do Comitê de Bacia do Rio Macaé Ostras e do Consórcio Intermunicipal Lagos São João;</p> <p>Presença de um Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Macaé Ostras;</p> <p>Apresentação dos resultados para a sociedade, como por exemplo, a revista Água e Ambiente e via E-book das Águas.</p> | <p>Ausência de cobertura do sistema de esgotamento sanitário em todo o município de rio das Ostras;</p> <p>A fiscalização das normativas pertinentes é incipiente;</p> <p>Poucos dados científicos na região de estudo;</p> <p>Valores elevados de nutrientes, coliformes termotolerantes e DBO em algumas amostras, bem como baixas concentrações de OD nos distintos pontos amostrais.</p> |
| OPORTUNIDADES | AMEAÇAS |
| <p>Realização de estudos de monitoramento ambiental para analisar a qualidade das águas;</p> <p>Presença de Universidades na região, possibilitando parcerias de pesquisas;</p> <p>Participação do Comitê no âmbito político como forma de garantir a qualidade das águas e recuperação dos corpos hídricos;</p> <p>Realização de oficinas com a comunidade local.</p> | <p>Expansão urbana;</p> <p>Impactos da agricultura na qualidade hídrica devido ao uso de fertilizantes;</p> <p>Despejo de resíduos sólidos urbanos no entorno das estações amostrais;</p> <p>Sazonalidade impactando as condições de qualidade das águas;</p> <p>Impactos no ecossistema local.</p> |

8 OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante dos resultados de todas as campanhas realizadas no segundo ano de monitoramento, nota-se que a qualidade hídrica da bacia hidrográfica do rio das Ostras tem uma influência de dois fatores: a dinâmica das chuvas, que pode refletir, por exemplo, nos resultados de salinidade, turbidez e sólidos; e das micromarés presentes na região. Adicionalmente, fatores antrópicos, como o uso e ocupação do solo do entorno da bacia e o lançamento de efluentes sem tratamento, têm impactado os corpos hídricos monitorados.

No que se refere às amostras coletadas na estação E1, situada no afluente do rio Iriri, verificou-se que, de maneira geral, os parâmetros pH, DBO, OD e coliformes termotolerantes apresentaram valores acima do preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005. Já nas águas analisadas em E2, situado no rio Jundiá, além dos parâmetros supracitados, foram observados valores elevados de turbidez, nitrogênio total e fósforo total, que não estão em consonância com os limites da normativa de referência o que pode ser um reflexo do crescimento do entorno da região.

Em relação às amostras do ponto E3, situado no rio das Ostras, notou-se ao longo das campanhas de monitoramento que os valores de pH, OD, DBO, nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes ultrapassaram o valor máximo permitido descrito na Resolução CONAMA nº 357/2005. Já as águas analisadas na estação E4, localizada no rio Iriri, apresentou concentrações elevadas de DBO e coliformes termotolerantes e baixos valores de pH e OD, que apresentaram desenquadramentos em relação à legislação supracitada.

Ao avaliar às águas na estação amostral E5, localizada no Valão das Corujas, identificou-se que os valores de DBO, OD, nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes ficaram acima dos respectivos limiares estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005. Além disso, ressalta-se que foram registradas elevadas concentrações de fosfato nas amostras de E5. No que tange às amostras coletadas na estação E6, situada no rio das Ostras, notou-se valores elevados de diferentes variáveis ambientais, tais como OD, DBO, fósforo total e coliformes termotolerantes, que exibiram concentrações que não atenderam a normativa ambiental de referência. Com relação às águas analisadas em E7, situado na foz do rio das Ostras, foram identificadas elevadas

concentrações de OD, fósforo total e coliformes termotolerantes, que exibiram valores acima do preconizado na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Diante do apresentado ao longo do relatório, verifica-se que os valores elevados de nutrientes e dos coliformes termotolerantes retratam as condições do entorno dos pontos amostrais, que indicam o aumento da urbanização sem planejamento, culminando no lançamento de efluentes sanitários parcialmente e/ou sem tratamento. Por conta disso, é sugerida a implementação e/ou melhoria do tratamento de esgoto para atender as comunidades que moram no entorno da área de estudo.

Adicionalmente, com base nos altos valores de nutrientes registrados, especialmente nas águas analisadas no Valão das Corujas, supõe-se a ocorrência de processos de eutrofização artificial, que leva a redução de oxigênio dissolvido (como observado nas análises realizadas), colocando em risco a biota aquática, já que leva a mortalidade de peixes e de outros animais. Além disso, esse fenômeno altera as condições hídricas, alterando o odor, cor e turbidez, comprometendo a sua distribuição para o abastecimento público. Ademais, dependendo dos organismos presentes nesse processo, como por exemplo, as cianobactérias, podem ser liberadas cianotoxinas no ambiente aquático, podendo impactar a saúde humana.

No que se refere ao IQA, as informações apresentadas desse índice revelam a degradação dos corpos hídricos monitorados, já que os valores médios foram categorizados, de forma majoritária, como ruim. Esses resultados juntamente com as análises dos parâmetros analisados reforçam uma alta carga de matéria orgânica e de processos erosivos do solo. Ainda nesse contexto, em detrimento das atividades agrícolas da região, sugere-se o monitoramento de outros parâmetros além dos analisados para o cálculo do IQA, como por exemplo, determinados pesticidas, como forma de auxiliar no diagnóstico da qualidade das águas.

Nas informações apresentadas no Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras é proposto o enquadramento da área de estudo como Classe 2, de acordo com a utilização preponderante das águas segundo a Resolução CONAMA nº357/2005. De acordo com os resultados obtidos no segundo ano de monitoramento, sugere-se o uso do enquadramento supracitado, com base na destinação das águas. Entretanto, reforça-se a necessidade de uma maior cobertura e investimento no tratamento de efluentes para garantir uma melhora da qualidade das águas da região.

Salienta-se ainda que o monitoramento realizado apresenta um panorama da qualidade das águas dos diferentes rios e tais resultados são fundamentais para o Comitê de Bacia Hidrográfica Macaé e Ostras de forma a auxiliar na gestão ambiental, na necessidade de implementação de novas políticas públicas ou adequação das existentes e na tomada de decisão para projetos de recuperação da área de estudo em questão. Com base nesse cenário, as ações propostas na matriz FPSSEA e na matriz de SWOT servem como um fortalecimento da gestão hídrica para a melhoria da saúde ambiental e humana.

Finalmente, sugere-se que, além das questões da implementação de tratamento de efluentes, ações de educação ambiental devem ser realizadas, compartilhando as informações obtidas no presente estudo ambiental, de forma didática em escolas e outros espaços não formais, sendo realizadas com a população que vive na Região Hidrográfica VIII - Macaé e Ostras, como forma de sensibilizar a sociedade para as questões ambientais dos corpos hídricos monitorados e quais as consequências desses impactos para a comunidade.

9 REFERÊNCIAS

ADJOVU, Godson Ebenezer et al. Measurement of total dissolved solids and total suspended solids in water systems: a review of the issues, conventional, and remote sensing techniques. **Remote Sensing**, v. 15, n. 14, p. 3534, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15143534>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/14/3534>. Acesso em 10 jan. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 24 mai. 2023.

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

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

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

ALVARADO, Juan José.; AGUILAR, José Francisco. Batimetría, salinidade, temperatura y oxígeno disuelto em águas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, v. 57, p. 19-29, 2009. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000500005. Acesso em 05 jan. 2024.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION- APHA. **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater – SMEWW**. American Public Health Association – APHA, 23th ed., Washington – USA, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 17025. 2017: **Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração**. 2017.

BARROSO, Glenda Camila.; MOLISANI, Mauricio Mussi. Pequenos estuários alimentados por pequenas bacias hidrográficas: estudo de caso dos estuários dos rios Macaé e das Ostras (RJ). In: Ferreira, Maria Inês Paes et al. **Engenharia & Ciências Ambientais: contribuições à gestão ecossistêmica**. Essentia Editora, 2019. p. 116–141. DOI: <https://doi.org/10.19180/978-85-99968-58-1.6>. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/livros/issue/view/978-85-99968-58>. Acesso em 05 jan. 2024.

BIDEGAIN, Paulo. Primo; VÖLCKER, Claudio Michael. **Bacias Hidrográficas dos rios São João e das Ostras- Águas, terras e conservação ambiental**. Rio de Janeiro: Consórcio Intermunicipal Lagos São João. 2022. 192 p.

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

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências; publicada no Diário Oficial da União em 18 de março de 2005; Brasília, Distrito Federal.

BURT, Tim. et al. Long-term monitoring of river water nitrate: how much data do we need?. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 12, n. 1, p. 71-79, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1039/b913003a>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2010/em/b913003a>. Acesso em 05 jan. 2024.

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

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

CARBINATTI, Camilla. **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.

COMISSÃO ESTADUAL DE CONTROLE AMBIENTAL- CECA. **Deliberação CECA nº 2.333, de 28 de maio de 1991**. Altera a Deliberação CECA nº 707, de 12.09.85 e consolida o disposto sobre o Sistema de Credenciamento de Laboratórios. Rio de Janeiro, 1991.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Ato convocatório nº 09/2022. Termo de referência para contratação de empresa para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos na bacia do rio das Ostras com a elaboração de um estudo com capacidade de diagnosticar a bacia ao avaliar índice de qualidade da água (IQA) e a salinidade dos corpos hídricos**. 2022.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Relatório de caracterização da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (RD-01)**. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/wp-content/uploads/2020/03/RD-01-Relat%C3%B3rio-de-Characteriza%C3%A7%C3%A3o-da-%C3%81rea-do-Estudo.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Relatório de caracterização e mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras**. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro Governo do Estado do Rio de Janeiro, nov. 2013. Disponível em: https://cbhmacae.eco.br/plano_de_bacia/rd-03-relatorio-do-mapeamento-do-uso-e-cobertura-do-solo/. Acesso em 13 dez. 2023.

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

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Apêndice D- Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apendice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Ficha de Informação toxicológica- Nitrato e nitrito**. São Paulo: CETESB, 2022. 5f. Disponível

em:<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/12/Nitrato-e-Nitrito.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2009. 531f. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em 04 mar.2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2024.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE- CONEMA. **Resolução CONEMA nº 85, de 07 de dezembro de 2018. Norma para credenciamento de laboratório (NOP-INEA-03. R-2)**. Rio de Janeiro, 2018.

DA CUNHA, Nathalia Ferreira; LIMA, Leandro de; HESPANHOL, Nivaldo Talon. Homem e meio ambiente: experimentação como propostas de educação ambiental no município de Rio das Ostras/RJ- Brasil. **Ambientalmente Sustentável: Revista científica galego-lusófona de educación ambiental**, v. 20, p. 469-485, 2015.

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

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

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

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

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

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

FORTES, Ana Carolina Chaves; BARROCAS, Paulo Rubens Guimarães; KLIGERMAN, Debora Cynamon. Water quality indices: Construction, potential, and limitations. **Ecological Indicators**, v. 157, p. 111187, 2023.

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

GOMES, Maria Laura Monnerat. Ocupação Urbana de Rio das Ostras: Elementos Definidores e os Impactos nos Recursos Hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 3, n. 2, p. 145–161, 2009. Disponível em: [//editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20090018](http://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20090018). Acesso em 12 fev. 2024.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS- IBAMA. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos- Boletim 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#:~:text=Dentre%20os%20produtos%20%E2%80%9CQu%C3%ADmicos%20e,%3B%20Enxofre%20e%20S%20metolaclo>. Acesso em 11 jun. 2024

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - INEA. **Índice de Qualidade da Água NSF (IQANSF)**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wpcontent/uploads/2019/12/IQANSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>. Acesso em 31 mai. 2023

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE- INEA. **Histórico dos Boletins de Balneabilidade das Praias de Rio das Ostras – 2022**. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/rio_das_ostras_historico_2022.pdf. Acesso em 24 mai. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE- INEA. **Qualidade das Águas por Região Hidrográfica (RHs)**. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/qualidade-das-aguas-por-regiao-hidrografica-rhs/>. Acesso em 12 jun. 2024.

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

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. **Norma nº NIT-DICLA-057. Critérios para acreditação da amostragem de águas e matrizes ambientais**. INMETRO. Rio de Janeiro, p.01-12, 2009.

JARDIM, Márcia Elizabeth Trindade. **Planejamento ambiental e a Gestão de recursos hídricos: um estudo na bacia hidrográfica do Rio das Ostras, município de Rio das Ostras/RJ**. 2020. 128f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

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

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

LIBES, Susan. **An introduction to Marine Biogeochemistry**. Second Edition, Elsevier, 2009.

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

OLINTO, Maria Teresa Anselmo. In: KAC, Gilberto et al. orgs. **Epidemiologia nutricional**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz/Editora Atheneu, p. 213-25, 2007. DOI: DOI: <https://doi.org/10.7476/9788575413203>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/rw5w>. Acesso em 15 jan. 2024.

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

PRADO, Bruna Queiroz de Melo et al. Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p.407-413. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016147040>. Acesso em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7X3f79MpyfKs5FMv3pWwQbT/?lang=pt#>. Disponível em: 15 fev. 2024. Acesso em 15 já. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS. **Levantamento semidetalhado de solos do município de Rio das Ostras**. Rio de Janeiro. GERA Consultoria e Empreendimentos Ltda. 2004. Rio das Ostras, 2006.

PRIOSTE, Mauro Alexandre de Oliveira. **Bacia hidrográfica do Rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável**. 2007, 194f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

RIO DAS OSTRAS. Lei Complementar nº004/2006. **Dispõe sobre Plano Diretor, o sistema e o processo de planejamento e gestão do desenvolvimento urbano do Município de Rio das Ostras**.

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

SILVA, Alícia de Almeida; FRANCA, Rafael Rodrigues da. Identificação e classificação de episódios de chuva extrema no Distrito Federal–Período 1990-2019. **Revista Espaço e Geografia**, v. 24, n. 2, p. 134: 153-134: 153, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/40271>. Acesso em 12 fev. 2024.

SILVA, Deivid Souza.; MARQUES, Elineide Eugenio.; LÓLIS, Solange Fátima. Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”? **Revista Interface**, n 04, p.17-27. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/article/view/355>. Acesso em 08 abr. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Painel Saneamento Brasil- Rio das Ostras.** Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=330452>. Acesso em: 08 jul. 2024.

TOLEDO, Luís Gonzaga de.; NICOLELLA, Gilberto. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 181-186, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/kpzVhzFFCk3zxZFzVFXPvZG/#>. Acesso em: 12 fev. 2024.

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

WANICK, Rodrigo C. et al. Avaliação do IQA Como Ferramenta de Avaliação da Qualidade de Água Nos Corpos Hídricos Interceptados Pela Rodovia BR-163 (Guarantã do Norte - MT). **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Maceió, 2011. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/153/43791ccc22fd6c37382d7963fa2e9c80_547d54410916871229faf8f418e9b8bf.pdf. Acesso em: 09 jul. 2024.

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

WU, Mei-Lin et al. Identification of coastal water quality by statistical analysis methods in Daya Bay, South China Sea. **Marine pollution bulletin**, v. 60, n. 6, p. 852-860, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.01.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X1000010X>. Acesso em 20 mai. 2024.

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

10 ANEXOS

ANEXO 1 – Certificado de Acreditação INMETRO

ANEXO 2 - Certificado CCL INEA

ANEXO 3 – Registro Fotográfico

ANEXO 4 – Cadeias de Custódia

ANEXO 5 – Laudos Analíticos

Anexo 6 – Memória de cálculo IQA