UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA
PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS OCEANOS E DA TERRA

# ANÁLISE DO MESOZOOPLÂNCTON EM UM SISTEMA COSTEIRO IMPACTADO POR MÚLTIPLAS ATIVIDADES HUMANAS (BAÍA DA RIBEIRA, ANGRA DOS REIS – RJ)

RAFAEL MIRANDA DA TRINDADE

DISSERTAÇÃO

Niterói
Abril, 2025

RAFAEL MIRANDA DA TRINDADE

# ANÁLISE DO MESOZOOPLÂNCTON DE UM SISTEMA COSTEIRO IMPACTADO POR MÚLTIPLAS ATIVIDADES HUMANAS (BAÍA DA RIBEIRA, ANGRA DOS REIS – RJ)

Dissertação apresentada ao Departamento de Geologia e Geofísica Marinha, Instituto de Geociências, UFF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Dinâmica dos Oceanos e da Terra.

Orientador: JOSE ANTONIO BAPTISTA NETO

Coorientador: WILSON THADEU VALLE MACHADO

Coorientador: EDUARDO VIANNA DE ALMEIDA

NITERÓI

2025

RAFAEL MIRANDA DA TRINDADE

# ANÁLISE DO MESOZOOPLÂNCTON EM UM SISTEMA COSTEIRO IMPACTADO POR MÚLTIPLAS ATIVIDADES HUMANAS (BAÍA DA RIBEIRA, ANGRA DOS REIS – RJ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra do Departamento de Geologia e Geofísica da Universidade Federal Fluminense, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Biogeoquimica.

Aprovado em 13 de junho de 2025.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. JOSE ANTONIO BAPTISTA NETO
UFF (Orientador)

---

Prof. Dr. WILSON THADEU VALLE MACHADO
UFF (Coorientador)

---

Prof. Dr. EDUARDO VIANNA DE ALMEIDA
UFRJ (Coorientador)

---

Examinador 1- Dr. ELIANE SIMÕES GONÇALVES
UFF

---

Examinador 2- Dr. BARBARA SANTOS MENESEZ
UFRJ

---

Examinador 3- Dr. LUCUANA PEREIRA TORRES CHEQUER
FAMATH

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG
Gerada com informações fornecidas pelo autor

D111a Da Trindade, RAFAEL MIRANDA
ANÁLISE DO MESOZOOPLÂNCTON EM UM SISTEMA COSTEIRO IMPACTADO POR MÚLTIPLAS ATIVIDADES HUMANAS (BAÍA DA RIBEIRA, ANGRA DOS REIS ? RJ) / RAFAEL MIRANDA Da Trindade. - 2025.
51 f.: il.

Orientador: JOSE ANTONIO BAPTISTA NETO.
Coorientador: WILSON THADEU VALLE MACHADO.
Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Niterói, 2025.

1. Plâncton. 2. Zooplâncton. 3. Mezooplâncton. 4. Produção intelectual. I. BAPTISTA NETO, JOSE ANTONIO, orientador. II. VALLE MACHADO, WILSON THADEU, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências. IV. Título.

CDD - XXX

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

## AGRADECIMENTOS

À minha amada e dedicada esposa, Morgana. Sem seu carinho e incentivo eu não daria o primeiro passo. Agradeço à professora Maria Marli, que muito antes de eu conhecer minha esposa, fez com que ela aprendesse a sonhar! Mesmo não estando mais entre nós, ela segue mudando vidas! E seus sonhos são sonhados por nós.

Aos meus filhos, Sarah, Eisen e Igor que sofreram com a minha distância, com minhas frustrações e ansiedades durante todo este caminho. Mas, mesmo assim nunca duvidaram do meu amor por eles. Tudo isso é por vocês e para vocês.

Aos maus avós Lenira e Antônio Mattosinhos de Miranda. Quando eu ainda nem sabia o que era escola, eles já me incentivavam a ser maior e melhor sempre. À minha mãe, Denise, que me incentivou a continuar, que sempre quis o meu bem e viu em mim algo que eu mesmo sinto dificuldades de ver até hoje. Aos meus irmãos, Rodrigo e Raquel, que mesmo sem saberem, foram de grande importância, cada um à sua maneira, em cada passo que dei.

Aos gigantes que permitiram que eu me apoiasse em seus ombros para que eu pudesse ver mais longe, me faltam palavras para dizer o quão grato sou! Oswaldo Maciel, por todo apoio, amizade e conselhos científicos em tempos difíceis. Jorge Rage, pelo bom humor em todos os campos e coletas e pelo grande apoio na reta final. Rafael Oliveira, pelas conversas e devaneios científicos. Diego Carvalho, por me ajudar a acalmar meu coração quando as coisas ficaram esquisitas. Marcos Lourenço, por dar todo apoio técnico e me ajudar a ver as coisas de uma forma mais simples. Todos vocês são tão grandes quanto seus corações!

Ainda sobre gigantes, obrigado aos meus coorientadores Wilson Thadeu Valle Machado e Eduardo Vianna de Almeida. Me faltam palavras para agradecer toda a paciência com todos os meus percalços, contratempos e imprevistos.

Ao meu orientador Jose Antônio Baptista Neto, que me recebeu e acolheu sob sua tutela. Suas palavras e conselhos ecoarão para sempre nos meus pensamentos.

Ao professor Björn Kjerfve pela disponibilidade e disposição na resolução de problemas.

A CAPES pela bolsa recebida, por ter permitido que eu realizasse este trabalho de forma tranquila e segura.

Ao suporte financeiro dos projetos “Biogeoquímica de poluentes nas baías de Sepetiba e da Ilha Grande: da regeneração bentônica à dispersão em plumas costeiras” (FAPERJ) e VELITROP (CNRS, França).

Ao Prof. Alessandro Filippo (Faculdade de Oceanografia da UERJ), que forneceu dados do marégrafo na área de estudo.

A todo corpo docente do PPGDOT pela dedicação ímpar ao material humano que vocês recebem em suas mãos para trabalhar. Em especial a professora Ana Luiza Spadano e ao professor Antônio Freire, vocês e suas disciplinas me fizeram querer ser melhor.

A todas as amizades que semeei durante a minha jornada. Seja uma colocação de ideia durante uma disciplina, uma troca de ideia em um laboratório ou em uma caminhada até o restaurante universitário, todos contribuíram de alguma maneira para que eu pudesse dar um passo à frente nesta jornada.

A Deus por toda essa trajetória e por estas pessoas, obrigado!

**Quando a última árvore cair e o último rio secar, o homem aprenderá que dinheiro não se come.**

**RESUMO**

As mais diferentes combinações de fatores antrópicos (como a poluição marinha) somadas a fatores naturais (como a variação da maré) são determinantes na dinâmica do zooplâncton costeiro, influenciando diretamente sua distribuição espacial, composição taxonômica, interações tróficas e adaptações comportamentais. A compreensão dessas interações é essencial para o monitoramento e a conservação dos ecossistemas costeiros, especialmente em um contexto de crescentes impactos ambientais e mudanças climáticas. Este estudo teve o objetivo avaliar a variabilidade da abundância e da biomassa dos principais táxons de mesozooplâncton ao longo de um ciclo de maré em um sistema costeiro impactado por múltiplas atividades humanas (Baía da Ribeira, Angra dos Reis), comparando condições de maré enchente, de estofa e vazante. A abundância e biomassa zooplanctônica foram fortemente influenciadas por fatores abióticos como salinidade, temperatura e OD, todos estes afetados pela variação da maré. Foi observado que na enchente há um aporte de águas externas à baia, que oferta mais oxigênio, com temperaturas mais baixas e maior salinidade, que trazem mais táxons para a composição da assembleia zooplanctonica. O período de vazante, carreia águas menos salinas, provenientes do deságue dos rios eutrofizados da região, que favorece a dominância de espécies zooplanctonicas oportunistas. Também foi observado uma dominância de Cladocera sobre Copepoda na maior parte do ciclo de maré, ao contrário do que é visto em outras áreas, onde há uma inversão desta relação de dominância.

**PALAVRAS-CHAVE:** plancton, zooplâncton, mezooplâncton, variação de maré

**ABSTRACT**

The most diverse combination of anthropogenic factors (such as marine pollution) combined with natural factors (such as tidal variation) are determining factors in the dynamics of coastal zooplankton, directly influencing their spatial distribution, taxonomic composition, trophic interactions and behavioral adaptation. Understanding these interactions is essential for monitoring and conserving coastal ecosystems, especially in the context of increasing environmental impact and climate change. This study aims to evaluate the variability of abundance and biomass of the main mesozooplankton taxa throughout a tidal cycle in a coastal system impacted by multiple human activities (Ribeira Bay, Angra dos Reis), comparing conditions of rising, falling, and ebbing tides. Zooplankton abundance and biomass were strongly influenced by abiotic factors such as salinity, temperature and DO, all of them varying over the tidal cycle. It was observed that during the flood cycle, there is an inflow of waters from outside the bay, which offer more oxygen, with lower temperatures and higher salinity, which bring more taxon to the composition of the zooplankton assemblage. The ebb tide carries less saline waters, coming from the discharge of eutrophic rivers in the region, which favors the dominance of opportunistic zooplankton species. Cladocera species where more abundant during most of the tidal cycle, contrary to what is seen in other areas, where there is an inversion of this dominance relationship.

**KEYWORDS:** plankton, zooplankton, mezooplankton, tidal variation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos dos componentes mais abundantes do zooplâncton costeiro.....14

Figura 2 – Representação esquemática do tamanho do zooplâncton vs. sua diversidade .....21

Figura 3 – Mapa com a localização da Baía da Ribeira e do transect de amostragem ..... 26

Figura 4 – Nível do mar e indicação dos tempos das coletas (média do intervalo de início ao fim) por pontos em vermelho no dia 19/04/2023.....28

Figura 5 – Variação dos dados físico-quimicos das águas da Baía da Ribeira durante um ciclo de maré, comparando condições de final de enchente, estofa e início da vazante
.....32

Figura 6 – Variação dos dados de densidade do mesozooplâncton nas águas da Baía da Ribeira durante um ciclo de maré, comparando condições de final de enchente, estofa e início da vazante.....34

Figura 7 – Dados de densidade relativa (%) do mesozooplâncton na Baía da Ribeira durante um ciclo de maré, comparando condições de final de enchente, estofa e início da vazante.....36

Figura 8 – Variação dos dados de biomassa do mesozooplâncton na Baía da Ribeira, comparando condições de final de enchente, estofa e início da vazante.....39

Figura 9 – Variação dos índices ecológicos do mesozooplâncton nas águas da Baía da Ribeira durante um ciclo de maré, comparando condições de final de enchente, estofa e início da vazante.....40

Figura 10 – Ordenação não-métrica por escalonamento multidimensional (nMDS) em relação aos parâmetros de densidade de organismos por grupo e parâmetros físico-químicos.....41

Figura 11 – Ordenação bidimensional encontrada pela Análise de Componentes Principais (ACP) em relação aos parâmetros de densidade de organismos por grupo, índices ecológicos e parâmetros físico-químicos.....42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação das amostras, condições de maré e horários das coletas.....28

Tabela 2 – Valores encontrados para os parâmetros abióticos.....31

Tabela 3 – Valores de densidade absoluta (ind.$m^{-3}$) e abundância relativa (%) nas três diferentes condições de maré e resultados dos testes de Kruskal-Wallis (KW).....33

Tabela 4 – Comparação com resultados de outros estudos sobre a densidade (em ind.$m^{-3}$) do mesozooplâncton.....37

Tabela 5 – Valores encontrados para biomassa zooplanctônica total (g.$m^{-3}$ peso úmido) nas diferentes condições de maré.....39

Tabela 6 – Valores encontrados para os índices ecológicos nas diferentes condições de maré.....40

**SUMÁRIO**

**1..... – INTRODUÇÃO .....13**

1.1 – Objetivo Geral.....16

1.1 – Objetivos Específicos.....16

**2..... – REVISÃO BIBLIOGÁFICA .....17**

2.1 – Zooplâncton como bioindicador.....17

2.2 – Fatores de influência natural e impactos humanos.....18

2.3 – Relevância ecológica e para os serviços ecossistêmicos.....20

**3..... – MATERIAIS E MÉTODOS .....24**

3.1 – Área de estudo.....24

3.2 – Procedimentos de coleta.....25

3.3 – Nível da maré.....27

3.4 – Composição e índices ecológicos do zooplâncton.....29

3.5 – Tratamento estatístico.....30

**4..... – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....31**

4.1 – Dados Abióticos.....31

4.2 – Densidade populacional.....33

4.3 – Biomassa total.....38

4.4 – Índices ecológicos.....39

4.5 – Associações dos dados.....41

**5..... – CONCLUSÕES**
**.....43**

**7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**.....**45**

## 1. INTRODUÇÃO

O plâncton compreende organismos que permanecem em suspensão na coluna d'água, sendo transportados por forças físicas como ventos, ondas e correntes, embora alguns táxons apresentem boa mobilidade vertical, permitindo-lhes ajustar sua posição na coluna de água. Esses organismos desempenham papel essencial na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, atuando na base da teia alimentar marinha e contribuindo para os ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes (STEINBERG; LANDRY, 2017).

O zooplâncton marinho compreende um conjunto filogeneticamente e funcionalmente diversificado de consumidores, incluindo protistas e metazoários que ocupam múltiplos níveis tróficos nas cadeias alimentares pelágicas (STEINBERG; LANDRY, 2017). Este grupo é constituído por organismos heterotróficos, apresenta variações expressivas em sua composição, diversidade e densidade em virtude das variações espaço-temporais, inclusive em função dos ciclos de maré. Estes regulados pelas forças gravitacionais exercidas pela Lua e pelo Sol, geramdo fluxos periódicos das massas d'água, influenciando diretamente as condições ambientais e os padrões de distribuição e dispersão dos organismos planctônicos (STEINBERG; LANDRY, 2017).

A comunidade zooplanctônica representa um componente altamente diverso da biota pelágica, englobando organismos que ocupam diferentes nichos ecológicos na coluna d'água. O mesozooplâncton é formado por animais entre 200 µm e 2,0 mm. Destaca-se pela elevada abundância nos ambientes marinhos, podendo alcançar concentrações superiores a $10^6$ indivíduos por metro quadrado de superfície, superadas apenas por vírus e bactérias (RÉ, 2005; EIANE; TANDE, 2009). As espécies mais comuns deste grupo são predominantemente "herbívoras" ou onívoras, consumindo fitoplâncton e desempenhando um papel essencial na transferência de energia e matéria ao longo da teia trófica (EIANE; TANDE, 2009). Além disso, auxiliam no transporte vertical de partículas na coluna d'água, afetando os ciclos biogeoquímicos do carbono e de outros elementos químicos nos sistemas marinhos (MORIARTY; O'BRIEN, 2013; BHATTACHARJEE *et al*., 2025).

A Figura 1 destaca exemplos dos três principais componentes da comunidade zooplanctônica costeira, incluindo Decapoda, Copépoda e Chaetognata, sendo os dois primeiros herbívoros e o terceiro predador dos dois primeiros (BOLTOVSKOY, 1999), assim integrando também diferentes níveis tróficos. Porém, a interferência humana pode alterar significativamente a composição do zooplâncton costeiro. Por exemplo, a

construção de barragens, diques e estruturas artificiais pode modificar os padrões naturais de maré, impactando a dispersão e renovação das populações zooplanctônicas, assim como, a poluição e o aumento da eutrofização em regiões costeiras podem favorecer o desenvolvimento de espécies oportunistas em detrimento da biodiversidade nativa, comprometendo a estabilidade ecológica (PEREIRA FILHO *et al*., 2002; MACIEL; ALMEIDA, 2019).

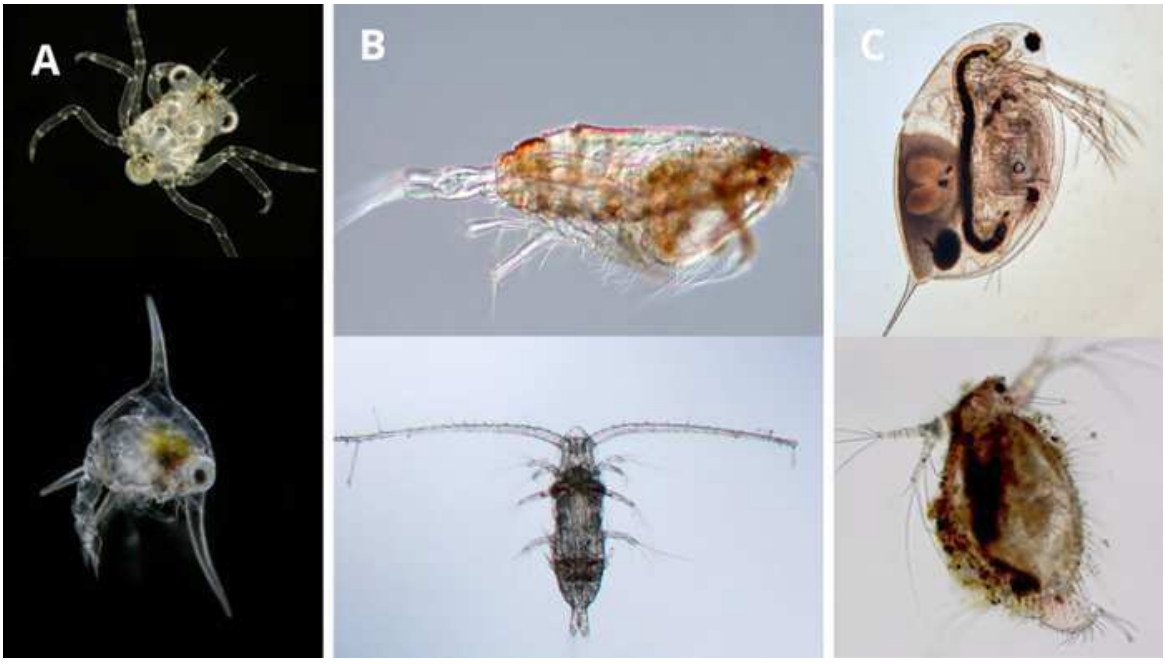


**Figura 1.** Exemplos dos componentes mais abundantes do zooplâncton costeiro. A – Larva de Decápoda; B – Copépodes; C – Chaetognata. Fontes: https://cifonauta.cebimar.usp.br/ (A e B) e httpswww.biodiversity4all.org e https://jornal.usp.br/ (C).

A estrutura horizontal do plâncton estuarino pode variar em escalas de tempo curtas, mesmo em sistemas estuarinos mistos sob condições relativamente homogêneas, destaca-se, assim, a importância de considerar tais escalas temporais para uma compreensão mais precisa da dinâmica dessas comunidades (NASCIMENTO *et al*., 2021).

Neste contexto, o principal mecanismo de transporte de zooplâncton é através da corrente de maré (Transporte Seletivo de Corrente de Maré), sendo que algumas larvas de Decapoda (Crustacea) podem selecionar uma velocidade de corrente ótima, evitando

os estratos de maior turbulência que implicariam em maiores gastos energéticos (GÓMEZ-PONCE *et al*., 2018).

Pode-se dizer que as diferentes combinações de fatores antrópicos (como a poluição marinha) com a variação da maré são determinantes na dinâmica do zooplâncton costeiro, influenciando sua distribuição espacial, composição taxonômica, interações tróficas e adaptações comportamentais. A compreensão dessas interações é essencial para o monitoramento e a conservação dos ecossistemas costeiros, especialmente em um contexto de crescentes impactos ambientais e mudanças climáticas. Espera-se que mais estudos investiguem como estes fatores podem afetar os processos ecológicos e a biodiversidade aquática, subsidiando a manutenção da funcionalidade desses sistemas.

Por estas razões o presente estudo se propõe a contribuir para a compreensão sobre as relações entre fatores ambientais e a composição da assembleia mesozooplanctônica costeira em ambientes tropicais impactados.

Na mesma área de estudo aqui tratada (Baia da Ribeira, RJ), de acordo com os poucos trabalhos realizados (DIAS *et al*., 1999; DIAS; BONECKER 2008), a alternância na dominância da comunidade zooplanctônica sofreu grande influência da sazonalidade, onde no período de seca (outono e inverno) houve uma maior observação de Copepoda. Em contrapartida, no período de chuvas (primavera e verão) foi observado a dominância de Cladócera. Entretanto, não foi encontrada informação para a variabilidade ao longo do ciclo de maré em relação a composição do zooplâncton, ocorrendo uma lacuna neste conhecimento para muitas regiões no mundo, assim como nessa área.

Em ambientes eutrofizados, é comum o favorecimento de consumidores de base e espécies oportunistas, inclusive de copépodes e/ou cladóceros (DIAS *et al*., 1999; DIAS; BONECKER, 2008; MACIEL; ALMEIDA, 2019). Desta forma, no presente estudo, foi testada a hipótese de que a maior abundância e biomassa desses táxons seria na vazante, devido ao transporte de uma água mais eutrofizada, vinda do interior da Baía da Ribeira, enquanto na enchente, ao contrário, poderia ter efeito de diluição da água mais poluída por águas com melhor qualidade, por terem maior influência oceânica, reduzindo a dominância das espécies oportunistas.

## 1.1. Objetivo geral

Avaliar a variabilidade da abundância e da biomassa dos principais táxons de mesozooplâncton ao longo de um ciclo de maré em um sistema costeiro impactado por múltiplas atividades humanas (Baía da Ribeira, Angra dos Reis – RJ).

## 1.2. Objetivos específicos

- Esclarecer como a estrutura da comunidade mesozooplanctônica se comporta ao longo do ciclo de maré, em relação à variabilidade teórica esperada para a região, em relação a dominância de espécies oportunistas.
- Avaliar quais fatores são mais relevantes na determinação da abundância e biomassa do mesozooplâncton, em relação à variação da qualidade da água da baía.
- Identificar possíveis bioindicadores de impactos humanos (em especial a eutrofização) dentro dos principais táxons encontrados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Zooplâncton como bioindicador

Bioindicadores são organismos usados para monitorar a saúde dos ecossistemas naturais (KHOIRUNNISAA; JUNIANTO, 2021). A capacidade de uma espécie (ou conjunto de espécies) de se adaptar a certas condições químicas, físicas e biológicas é um critério que pode ser usado para avaliar a qualidade do ambiente ao seu redor. A "saúde" de um sistema aquático pode ser inferida pela presença ou ausência de determinados táxons do plâncton, que serve como sinal de alerta precoce. A qualidade da água pode ser determinada por vários parâmetros, incluindo o uso de diferentes bioindicadores planctônicos (KHOIRUNNISAA; JUNIANTO, 2021; CHANDEL *et al*., 2024).

De acordo com Chandel *et al*. (2024), as populações de espécies indicadoras podem ser alteradas por variáveis que não sejam perturbações ou estresse (por exemplo, doenças, parasitismo, competição ou predação), o que complica o entendimento dos mecanismos que causam mudanças. Não há uma única espécie que possa identificar de forma clara todos os tipos diferentes de perturbações ou estresse em todos os cenários. É necessário escolher espécies ou grupos de espécies bioindicadoras adequados, levando em consideração o ecossistema específico, as espécies que já estão lá e as perturbações locais. Os bioindicadores fornecem informações sobre quais ações de gestão ambiental são biologicamente sustentáveis e quais não são.

As vantagens dos bioindicadores superaram inegavelmente quaisquer desvantagens potenciais associadas a eles. Com o propósito de determinar o estado geral da saúde de um determinado ecossistema, os bioindicadores podem ser aplicados em múltiplas escalas, variando do nível celular ao ecológico. Eles reúnem informações dos componentes biológicos, físicos e químicos que se manifestam como mudanças na aptidão individual, densidade populacional, composição da comunidade e processos ecossistêmicos (CHANDEL *et al*., 2024).

As comunidades zooplanctônicas são bioindicadores úteis que podem fornecer informações sobre as mudanças que ocorrem nos ecossistemas marinhos (KIM *et al*., 2020). Os efeitos de perturbações ambientais podem ser detectados por meio de mudanças na composição de espécies, abundância e distribuição do tamanho corporal do zooplâncton (YUSUF *et al*., 2025). De acordo com Ndah *et al*. (2022) o zooplâncton marinho é um componente central nas avaliações integradas de ecossistemas, devido ao

seu papel intermediário na cadeia alimentar, conectando os níveis tróficos inferiores aos superiores. Por essa razão, esses organismos refletem tanto as características inerentes quanto as alterações que ocorrem em diferentes níveis do ecossistema marinho, incorporando temporariamente as assinaturas de condições físicas e químicas. Dessa forma, indicadores baseados em zooplâncton são amplamente reconhecidos como ferramentas eficazes para avaliar e monitorar a saúde ecológica e a integridade dos sistemas aquáticos.

A abundância, biomassa e diversidade da comunidade zooplanctônica são fortemente influenciadas pelo padrão de circulação hidrológica e por impactos humanos diretos ou indiretos (MARQUES *et al*., 2007). Suas aplicações incluem indicações de qualidade ambiental, poluição, complexidade oceanográfica, bem como indicadores potenciais de massa de água, pois o plâncton possui taxa de crescimento rápida, de modo que pode mostrar indicadores de mudanças ecológicas significativas e pode ser medido em uma escala de tempo curta (KHOIRUNNISAA; JUNIANTO, 2021; YUSUF *et al*., 2025). É por estas razões citadas acima que é aconselhável que os indicadores planctônicos possam ser empregados como metodologias na avaliação do estado de saúde dos corpos d'água (CHANDEL *et al*., 2024).

### 2.2. Fatores de influência natural e impactos humanos

A dinâmica dos ecossistemas aquáticos é fortemente influenciada por variáveis ambientais, entre as quais a variação da maré desempenha um papel fundamental na distribuição e abundância do zooplâncton (SOARES; FIDELIS; PESSANHA, 2019). A maré pode ser classificada em dois tipos principais: maré de sizígia e maré de quadratura. Durante a maré de sizígia, que ocorre nos períodos de lua cheia e lua nova, há uma maior amplitude das marés, resultando em intensos fluxos de água e maior movimentação dos organismos planctônicos. Já na maré de quadratura, associada aos períodos de lua crescente e minguante, a amplitude é reduzida, ocasionando uma menor dispersão dos organismos (MEDEIROS; KJERFVE, 2005). Essas oscilações afetam diretamente a composição da comunidade zooplanctônica, pois interferem na disponibilidade de nutrientes, na salinidade e nas interações tróficas (KAMINSKI, 2009). Desta forma, a interação entre maré e zooplâncton apresenta implicações ecológicas significativas.

As densidades de táxons de plâncton podem mostrar uma variação geográfica significativa em pequena escala ao longo de um período de 24 horas, para o qual as

correntes de maré desempenharam um papel importante (OLLEVIER *et al*., 2024). Muitos organismos zooplanctônicos possuem comportamentos migratórios sincronizados com os ciclos de maré, buscando otimizar sua sobrevivência e eficiência alimentar. Alguns copépodes, por exemplo, demonstram padrões de migração vertical em resposta às variações de correnteza, posicionando-se em diferentes profundidades ao longo do ciclo de maré para minimizar a predação e maximizar a aquisição de alimento (DANTAS; SILVA; NOGUEIRA, 2023).

Variações de temperatura, salinidade e abundância de larvas de peixes são fortemente relacionadas à padrões sazonais, visto que altas abundâncias surgem com o aumento da temperatura e a baixa salinidade. As variações na abundância temporal e espacial são influenciadas pelas condições de maré, com concentrações mais altas durante o verão, relacionado à estação chuvosa, enquanto menores registros são, por consequência, registrados no período de seca (NAVARRO-RODRÍGUEZ *et al*., 2004).

Em períodos de maré enchente há uma maior entrada de água oceânica nos estuários promovendo o deslocamento de organismos marinhos para dentro dessas regiões, como copépodes e larvas de crustáceos. Esse processo favorece o aumento da diversidade, uma vez que muitas espécies de zooplâncton marinho conseguem adentrar ambientes de menor salinidade. Em contrapartida, em momentos de maré vazante, formas larvais e juvenis de peixes e outros organismos nectônicos podem se deslocar para áreas mais profundas. Dessa forma, a maré regula não apenas a densidade do zooplâncton, mas também sua estrutura etária e funcional nos ecossistemas costeiros (LOPES; BRANDINI; EVANGELISTA, 1997; BRANDINI; LOPES; VALE, 1998).

A distribuição irregular de presas em ambientes marinhos tem um grande efeito nas estratégias e distribuições de forrageamento de nível trófico superior. Embora as correntes possam dispersar ou concentrar plâncton de baixa motilidade em manchas que refletem os ambientes fluidos dinâmicos que eles habitam, ainda não está claro se os fluxos de superfície afetam o zooplâncton móvel (VEATCH *et al*, 2025).

A maré também influencia na disponibilidade de nutrientes e na produtividade primária. A variação da maré pode afetar a ressuspensão de sedimentos e a disponibilidade do fitoplâncton, principal fonte de alimento do zooplâncton. A maré enchente pode promover a entrada de água rica em nutrientes, o que favorece a proliferação do fitoplâncton e, consequentemente, promovendo um aumento na biomassa do zooplâncton. Em contrapartida, na maré vazante, há uma redução na disponibilidade de alimento, podendo ocasionar uma diminuição temporária das populações

zooplanctônicas (PEREIRA FILHO *et al*., 2002; FUENTES, 2013). Porém, quando ocorre eutrofização costeira, esta dinâmica poderá ser alterada (MACIEL; ALMEIDA, 2019).

A salinidade é considerada como um dos fatores mais influentes para a distribuição do zooplâncton, assim como o oxigênio dissolvido e a temperatura da água. No entanto, o aumento da poluição, os ciclones induzidos pelas mudanças climáticas, a salinização e as atividades humanas são ameaças para as comunidades zooplanctônicas (BHATTACHARJEE *et al.*, 2025).

Grande parte das atividades humanas globalmente significativas (como a urbanização) estão situadas perto da costa, expondo os ecossistemas marinhos a múltiplos estressores, como descarga de águas residuais contendo uma série de poluentes orgânicos e inorgânicos, assim como causando poluição do ar e sonora (SMYTH *et al.*, 2022).

Altos níveis de produção primária devido à eutrofização costeira tornam o zooplâncton estuarino muito abundante, no entanto, alguns outros fatores biológicos, bem como parâmetros ambientais, podem restringir a variedade das espécies de zooplâncton quando comparados às das áreas marinhas (STERZA; FERNANDES, 2006). Entender a recuperação de comunidades de zooplâncton é fundamental, pois muitas espécies de invertebrados planctônicos contribuem para o ciclo de nutrientes e a dinâmica da teia alimentar (RINEHART *et al*., 2023).

Cabe ressaltar que a crescente ameaça de diferentes impactos, como a poluição e assoreamento, representam desafios significativos para as comunidades de zooplâncton. A salinização induzida pelas mudanças climáticas, o aumento da temperatura da água e a acidificação também estão remodelando o equilíbrio natural do ecossistema marinho, levando a mais estresse nas populações de zooplâncton (BHATTACHARJEE *et al*, 2025).

### 2.3. Relevância ecológica e para os serviços ecossistêmicos

Como indicado por Ré (2005), os diferentes componentes da assembleia zooplânctonica constituem uma fração essencial da biodiversidade planctônica e desempenham funções ecológicas de extrema relevância nos ciclos biogeoquímicos e na produtividade primária dos oceanos e corpos d'água interiores. Por exemplo, dentre os crustáceos, destacam-se membros da Classe Copepoda e das ordens Ctenopoda & Onychopoda (aqui tratados como Cladocera), além de representantes do Filo Chaetognatha e da Classe Appendicularia (Filo Chordata), que possuem papéis

fundamentais na dinâmica trófica dos ecossistemas aquáticos, muitas vezes servindo como elo vital entre produtores primários e consumidores de níveis tróficos superiores.

Por outro lado, as larvas e ovos de peixes ósseos (Vertebrata: Osteichthyes), denominadas ictioplâncton, representando organismos que, ao completarem seu desenvolvimento, passam a integrar o nécton, caracterizado pela capacidade ativa de natação. Estuários são usados por muitos peixes como viveiros porque suas condições ambientais fornecem alimento abundante para larvas e peixes adultos. O ictioplâncton é importante para o recrutamento de espécies de peixes e para a biodiversidade do zooplâncton (ZHANG *et al*., 2022).

A presença destes grupos zooplanctônicos nos sistemas aquáticos exerce um impacto significativo sobre a biodiversidade local e estratégias ecológicas, mesmo que temporariamente (RÉ, 2005), o que inclui uma grande variabilidade de táxons classificados em diferentes tamanhos, como mostrado na Figura 2.

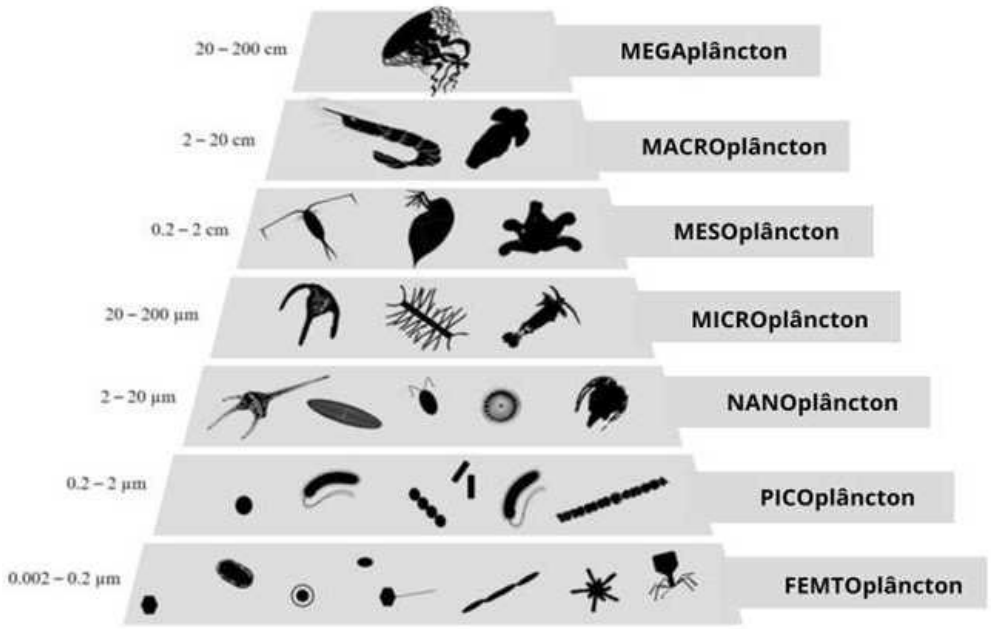


**Figura 2.** Representação esquemática do tamanho do zooplâncton vs. sua diversidade. Adaptado de Colombet *et al.* (2020).

Como também foi destacado por Ré (2005), muitos organismos das comunidades zooplanctônicas são originários de comunidades bentônicas, sua ocorrência é especialmente prevalente em regiões de águas rasas, próximas ao litoral, onde as interações e as trocas entre o fundo e a coluna d'água são intensas e frequentes. Nessas

áreas, a dinâmica da ressuspensão e da dispersão larval favorece a entrada constante de novos elementos meroplanctônicos (aqueles que possuem parte da vida como organismos planctônicos). Em contraste, em zonas oceânicas distantes dos continentes, caracterizadas por grandes profundidades, o predomínio absoluto do holoplâncton (aqueles que passam toda a vida como organismos planctônicos) é observado, uma vez que a escassez de habitats bentônicos e a distância das zonas de reprodução limitam severamente a contribuição meroplanctônica para a composição do plâncton.

Conforme indicado na revisão de literatura de Lomartire *et al*. (2021), a atividade pesqueira é o serviço ecossistêmico mais conhecido na atualidade, mas alguns efeitos colaterais são sentidos, gerando a necessidade do manejo pesqueiro a fim de evitar a sobre-exploração pesqueira e garantir o recrutamento por larvas de peixes. O zooplâncton e os peixes estão intimamente ligados, sendo que sua relação presa-predador é um fator importante para o recrutamento de peixes. Compreender a relação da dinâmica trófica entre diferentes grupos (fitoplâncton – zooplâncton – peixes) e os serviços ecossistêmicos que eles nos fornecem pode aumentar a conscientização sobre a importância da preservação dos ambientes marinhos.

Serviços ecossistêmicos são definidos pela ONU como os benefícios que os ecossistemas naturais ou cultivados proporcionam aos seres humanos, que são fundamentais para a subsistência, o bem-estar e o desenvolvimento econômico (*Millennium Ecosystem Assessmen*t, 2005), sendo classificados em quatro categorias:

- **Serviços de provisão:** Obtidos diretamente da natureza, como alimentos e água;
- **Serviços de regulação:** Processos que regulam condições ambientais, como o clima e a qualidade da água;
- **Serviços culturais:** Benefícios de natureza recreativa, religiosa e paisagística; e
- **Serviços de suporte:** Contribuem para outros serviços ecossistêmicos.

O zooplâncton apresenta forte efeito sobre a biomassa de outros grupos planctônicos, podendo alterar as populações de presas pelo seu consumo, assim como também afeta a biomassa de predadores que os consomem (VANNI, 2002). Somado a isto, outro papel crucial deste grupo é na eficiência da Bomba Biológica de Carbono, que atua na regulação dos níveis de dióxido de carbono atmosférico (KWON *et al*., 2009). Como o zooplâncton possui papel fundamental na cadeia alimentar, quaisquer disfunções por diferentes impactos podem afetar até mesmo a interação predador-presa, levando a uma degradação do ecossistema, evidenciando a importância de preservar o zooplâncton,

pois ele é fundamental para a existência de serviços ecossistêmicos (LOMARTIRE *et al*., 2021).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1. Área de estudo

A Baía da Ribeira, situada no município de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro, é parte da Baía da Ilha Grande. É um importante polo turístico e pesqueiro, abrigando diversas ilhas, praias e enseadas que contribuem para sua diversidade ecológica e socioeconômica (IKEDA; GODOI; CACCIARI, 1989). Entretanto, atividades humanas intensas têm gerado pressões ambientais significativas, tornando essencial a compreensão detalhada de suas características para promover estratégias de conservação eficazes (MARTINS; RANGEL, 2024).

A baía é delimitada por coordenadas aproximadas de 22°59'52" S de latitude e 44°23'19" W de longitude (MAPCARTA, 2025). A região é caracterizada por um clima tropical úmido, com temperaturas médias anuais em torno de 24°C e precipitações concentradas nos meses de verão. A baía possui três enseadas principais: Japuíba, Ariró e Bracuí, além de aproximadamente 50 ilhas e ilhotas, como a Ilha dos Porcos e a Ilha Comprida. O presente estudo foi realizado na comunicação das enseadas da Japuíba, do Ariró e Bracuí com a baía. Como disponibilizado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica da Baía da Ilha Grande (CBH BIG), as enseadas da Japuíba, Ariró e Bracuí sobrem ocupação humana, que vão impactar a baía (VIEIRA *et al*., 2020).

A Baia da Ribeira já foi considerada como áreas de referência natural para poluição por metais até algumas décadas atrás (CARDOSO et al., 2001). Mas, mais recentemente este sistema costeiro sofre com diversas formas de poluição, como metais (GOMES *et a*l., 2009; CHIAPPETTA *et al*., 2016), nutrientes (CHIAPPETTA *et al*., 2016; BACHA *et a*l., 2025), tintas anti-incrustantes (CUNHA *et al*., 2024), contaminação fecal (ANDRADE *et al*., 2025) e antibióticos (BACHA *et al*., 2025).

Veiga *et al*. (2022) destacam que é possível observar um cenário de poluição crescente nesta baía, principalmente por esgoto doméstico, resíduo de atividades náuticas (marinas de tamanhos variados, estaleiros de construção e reparo navais), gases de combustão, obras de engenharia (como dragagens, aterros, portos e terraplanagens), além de assoreamento acelerado devido à ocupação urbana desordenada, retificação de rios e desmatamento.

Poucos estudos foram encontrados sobre o zooplanâncton da Baía da Ribeira. Os estudos de Dias *et al*. (1999) e de Dias e Bonecker (2008) foram realizados para avaliar as alterações na comunidade zooplanctônica levando em consideração as alterações causadas pelo descarte de água quente utilizada no arrefecimento dos reatores da Usina Elétrico Nuclear Almirante Álvaro Alberto. Estes trabalhos estudaram a Praia de Itaorna, onde ocorre a tomada de água pela usina, e Enseada de Piraquara de Fora, onde ocorre o descarte da água quente.

Dias *et al*. (1999) apontam uma variação sazonal com predominância de organismos holoplanctônicos, sendo que os Copepoda apresentaram maior crescimento durante o período de estiagem (outono e inverno). Durante o período chuvoso (verão e a primavera), ocorreu uma diminuição progressiva dos Copepoda, enquanto os Cladocera passaram a ser os organismos mais numerosos, sem competição extraespecífica. No trabalho de Dias e Bonecker (2008) a assembleia zooplanctônica no local de descarga foi mais expressiva do que no local de captação, de 2001 a 2005. Copepoda constituíram aproximadamente 60% do zooplâncton total, seguido por Cladocera. A temperatura da superfície foi o fator que mais impactou na composição da comunidade zooplanctônica no local do descarte de água aquecida, mas nenhum efeito negativo permanente sobre as populações de plâncton pôde ser detectado.

### 3.2. Procedimentos de coleta

As coletas foram realizadas em 19 de abril de 2023, das 09h30 às 18h30, durante uma maré de sizígia. Foram elencados três pontos de coleta situados em um transecto indicado na Figura 3, conforme as coordenadas geográficas indicadas abaixo:

- Ponto de Início - 23°00'01"S / 044° 21' 23" O
- Ponto de Meio - 22° 59' 23"S / 044° 22'08" O
- Ponto de Fim - 22° 58' 26" S / 044° 23' 11" O

Para a coleta do mesozooplâncton, foram feitos arrastos oblíquos de até 4,0 m de profundidade, com uma rede de 200 µm de abertura de malha, com diâmetro de boca de 0,5 m e 2,0 m de comprimento. Lastro e boias foram usados para garantir a estabilidade da rede durante os arrastos, bem como para controlar a profundidade atingida. Um fluxômetro mecânico (General Oceanics, modelo 2030R), previamente calibrado, foi acoplado à boca da rede para estimar o volume de água filtrado. Os arrastos foram

realizados em uma embarcação motorizada, com duração de aproximadamente 3 minutos cada, a uma velocidade média entre 1,0 e 2,0 nós.

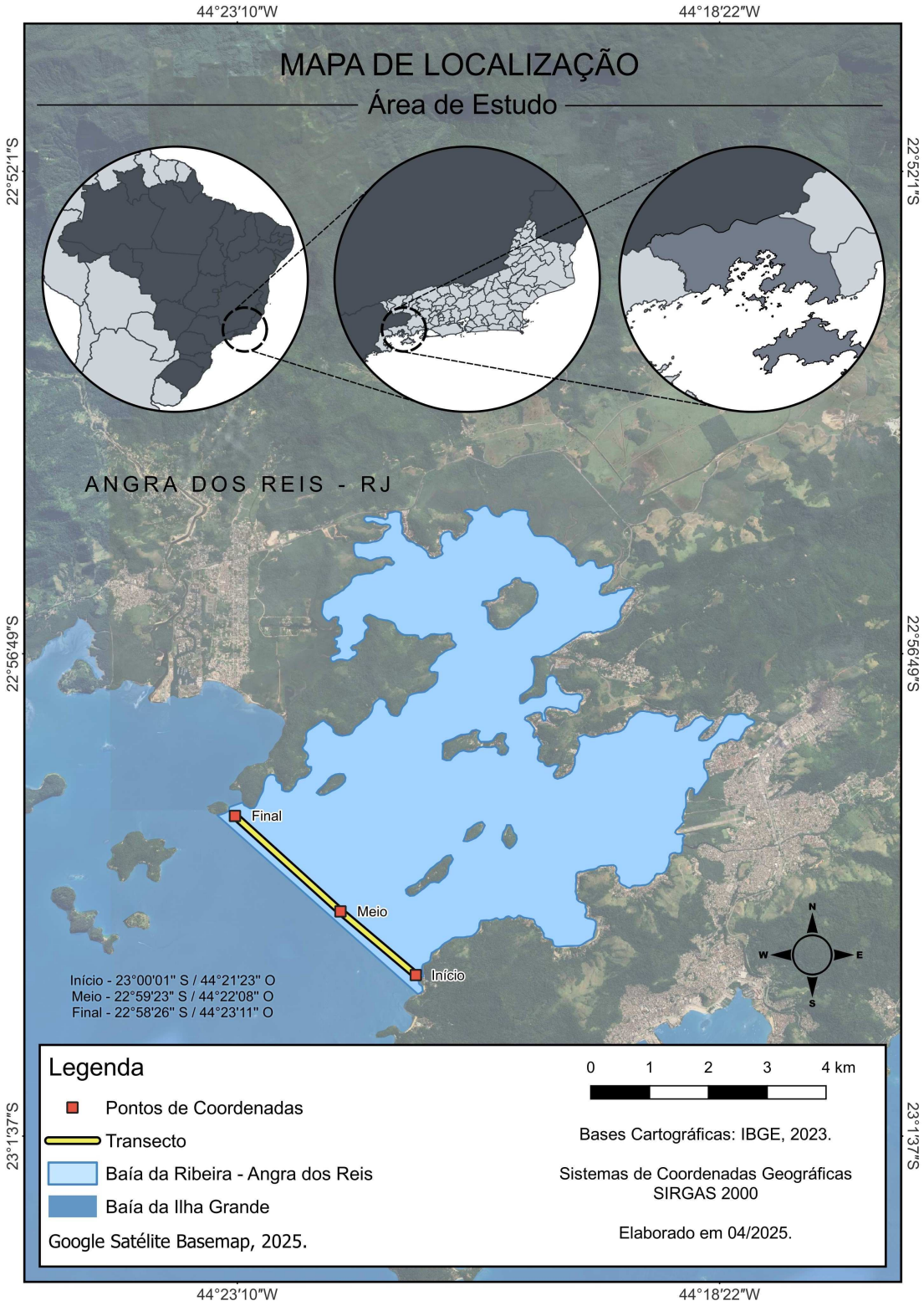


**Figura 3**. Mapa com a localização da Baía da Ribeira e do transect de amostragem, com os três pontos de amostragem indicados no texto.

Após coletados, os organismos foram fixados em formaldeído 5% para posterior triagem e identificação taxonômica no Laboratório de Carcinologia (DZ/IB/UFRJ). Os valores de oxigênio dissolvido (OD), temperatura, salinidade foram obtidos por meio de uma sonda multiparamétrica HANNA, em cada ponto de amostragem, na superfície e fundo da coluna d'água. Em função do método usado para as coletas de zooplâncton, são utilizados os dados dos parâmetros físico-químicos de superfície para as discussões. Como indicador de estratificação na coluna d'água na área de estudo, foi também utilizado um cálculo da diferença de salinidade (ΔS) entre fundo e superfície.

### 3.3. Nível da maré

Os resultados de doze tempos de coletas de água foram avaliados neste estudo em relação à comunidade zooplanctônica e condições físico-químicas das águas da baía. A Tabela 1 mostra as condições de maré e horários das coletas. O nível da água devido às marés foi medido a cada 5 minutos por meio de um marégrafo pertencente à Faculdade de Oceanografia da UERJ, instalado na Enseada de Japuíba e devidamente registrado com um marégrafo, equipado com sensor de pressão RBR-Virtuoso, instalado no píer da Pousada Aqua Master. Este marégrafo registrou o nível da água a cada 5 minutos. O nível de água medido foi plotado com as previsões de marés calculadas usando PacMaré (FRANCO, 1988).

Como as dimensões lineares da Baía da Ribeira são muito menores que o comprimento de onda da maré, é razoável assumir que o nível da água na enseada varie em fase, ou seja, ele varia de forma uniforme em toda a sua extensão a qualquer momento. A Figura 4 apresenta a variação de maré ao longo do ciclo estudado e os tempos aproximados (valor médio mostrado na Tabela 1) de cada uma das coletas.

**Tabela 1**. Identificação das amostras, condições de maré e horários das coletas.

| Código da amostra | Posição no transecto | Condição de maré | Hora inicial | Hora final | Hora média |
|---|---|---|---|---|---|
| #1 | final | enchente | 11:08 | 11:25 | 11:16 |
| #3 | meio | enchente | 11:52 | 12:13 | 12:02 |
| #4 | final | enchente | 12:20 | 12:36 | 12:28 |
| #5 | meio | estofa | 12:40 | 12:46 | 12:43 |
| #6 | início | estofa | 13:01 | 13:17 | 13:09 |
| #9 | final | estofa | 15:41 | 15:58 | 15:49 |
| #10 | início | vazante | 16:20 | 16:37 | 16:28 |
| #11 | meio | vazante | 16:40 | 16:55 | 16:47 |
| #12 | final | vazante | 17:00 | 17:18 | 17:09 |
| #13 | início | vazante | 17:40 | 17:56 | 17:48 |
| #14 | meio | vazante | 18:00 | 18:16 | 18:08 |
| #15 | final | vazante | 18:20 | 18:36 | 18:28 |

**Figura 4.** Nível do mar e indicação dos tempos das coletas (média do intervalo de início ao fim) por pontos em vermelho no dia 19/04/2023.

### 3.4. Composição e índices ecológicos do zooplâncton

A análise laboratorial do zooplâncton foi baseada em Boltovskoy (1981) e Almeida *et al*. (2017). As amostras foram passadas para água, com auxílio de um concentrador de 100µm. Logo após, o zooplâncton foi contado e triado com auxílio de microscópio estereoscópico com aumento de 45x. O procedimento contou com auxílio de placa de acrílico para contagem, bem como de pinças de aço flexível para triagem dos grupos principais (*live insect forceps*, FST). As densidades populacionais foram expressas em organismos por $m^3$ ($org.m^{-3}$). Para identificação dos grandes grupos zooplanctônicos foram utilizados Boltovskoy (1981, 1999) e Bonecker (2006). Os seguintes índices ecológicos foram avaliados (MAGURRAN, 2004):

- **Índice de Shannon-Wiener (H')**
  É utilizado para quantificar a diversidade de espécies em comunidades ecológicas e estima a incerteza associada à identificação da espécie de um indivíduo escolhido aleatoriamente, considerando tanto a riqueza (número de espécies) quanto a equitabilidade (distribuição das abundâncias) das espécies presentes. Valores mais altos de H′ indicam maior diversidade e mais baixos sugerem menor diversidade. O índice é sensível a espécies raras e é útil em estudos comparativos de diversidade entre diferentes comunidades ou habitats.
- **Índice de Simpson (D)**
  Este índice é uma medida de diversidade que avalia a probabilidade de que dois indivíduos selecionados aleatoriamente de uma comunidade pertençam à mesma espécie. Os valores de D variam entre 0 e 1, sendo que valores próximos a 0 indicam alta diversidade e valores próximos a 1 indicam baixa diversidade. O índice de Simpson é sensível à abundância das espécies dominantes, sendo útil para identificar comunidades dominadas por poucas espécies.
- **Índice de Equitabilidade de Pielou (J')**
  O índice é uma medida que quantifica a distribuição relativa das abundâncias das espécies em uma comunidade. Valores de J′ variam entre 0 e 1, onde 1 indica uma distribuição perfeitamente equitativa das abundâncias entre as espécies, enquanto valores próximos a 0 indicam forte dominância de uma ou poucas espécies. É útil para comparar a equitabilidade entre diferentes comunidades ou para avaliar mudanças na equitabilidade ao longo do tempo ou entre diferentes habitats.

Quanto mais homogêneo for o número de indivíduos por espécie, maior a equitabilidade.

### 3.5. Tratamento estatístico

O tratamento dos dados incluiu teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade. Como, em quase todas as séries, os dados foram não normais, optou-se pelo uso de testes não-paramétricos. O teste de Kruskal-Wallis foi então usado para a comparação de grupos de dados de condições de maré diferentes. Um valor de significância (p) menor do que 0,05 foi aceito. Além disto, uma Análise de Componentes Principais (ACP) foi também utilizada para a discussão das possíveis associações entre os resultados. Em seguida, foi realizada uma Análise de Ordenação Não Métrica (nMDS), para representar a variabilidade da estrutura da comunidade entre as 12 amostras, em função da dissimilaridade observada. Os programas Statistica 8.0 (Statsoft) e o ambiente R (RStudio Team, 2023; R Core Team, 2024) foram usados para o tratamento estatístico.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Dados Abióticos

A Tabela 2 apresenta uma comparação dos grupos de dados abióticos variando ao longo do tempo, influenciados pelo ciclo de maré (enchente, estofa e vazante), enquanto a Figura 5 mostra esta variabilidade para cada ponto de amostragem. O teste estatístico de Kruskal-Wallis mostrou que somente o parâmetro OD apresentou diferenças significativas durante o período amostral. Este parâmetro indicou valores significativamente mais altos na enchente. Entretanto, o período de estofa não apresentou diferença em relação aos momentos de enchente e vazante.

Segundo Bhattacharjee *et al. (*2025), alterações de fatores abióticos como salinidade, temperatura e OD podem afetar a distribuição do zooplâncton. O OD pode aumentar durante a enchente, devido à renovação das águas e atividade biológica local, como sugerido pelos resultados.

Destaca-se que parâmetros como pH e temperatura tiveram uma variabilidade muito baixa. Por outro lado, foi observado uma grande variação no ΔS, onde se destaca o valor mais baixo de 3,7 na enchente e o mais elevado de 7,9 na vazante, indicando que o sistema é suscetível a uma alta estratificação vertical da coluna d'água.

**Tabela 2.** Valores encontrados para os parâmetros abióticos nas três diferentes condições de maré e resultados dos testes de Kruskal-Wallis (KW) comparando estes grupos de dados. Os resultados significativos ($p < 0,05$) estão em negrito e letras diferentes junto às medianas indicam diferenças significativas.

| | Enchente | | | Estofa | | | Vazante | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mediana | Mín. | Máx. | Mediana | Mín. | Máx. | Mediana | Mín. | Máx. |
| S sup | 30,47 | 30,24 | 30,59 | 28,08 | 27,94 | 29,96 | 29,46 | 27,00 | 30,63 |
| S fundo | 34,90 | 34,35 | 34,98 | 34,74 | 34,64 | 34,84 | 34,75 | 34,16 | 34,99 |
| ΔS | 4,43 | 3,76 | 4,74 | 6,70 | 4,78 | 6,76 | 5,21 | 4,01 | 7,90 |
| T (°C) | 27,10 | 27,07 | 27,38 | 27,38 | 27,36 | 27,40 | 27,12 | 26,86 | 27,41 |
| pH | 8,24 | 8,23 | 8,25 | 8,25 | 8,23 | 8,26 | 8,24 | 8,23 | 8,25 |
| OD (mg/L) | **6,04a** | 6,01 | 6,30 | **4,98ab** | 4,56 | 5,98 | **4,02b** | 3,58 | 4,50 |

**Figura 5.** Variação dos dados físico-quimicos das águas da Baía da Ribeira durante um ciclo de maré, comparando condições de final de enchente, estofa e início da vazante.

Os resultados sugerem que baía não é bem misturada verticalmente no período de amostragem, o que afeta a comunidade zooplanctônica, dependendo das velocidades das correntes nestas camadas. Estudos anteriores têm evidenciado a importância de processos físicos, como a estratificação da coluna d'água, sobre a composição do zooplâncton (VILLATE, 1994; 1997; GUENTHER *et al*., 2008).

Deve ser considerado que o período de amostragem deste estudo foi numa época típica de chuvas moderadas no outono, na região. É possível que uma variabilidade sazonal seja importante nas condições que afetam o mesozooplâncton, como aconteceu em outros estudos na Baía da Ribeira e em outros lugares do Rio de Janeiro, além da possibilidade de também haver uma variabilidade significativa entre anos diferentes (DIAS; BONECKER, 2008; DIAS *et al*., 2018).

### 4.2. Densidade populacional

A Tabela 3 compara a densidade mediana dos principais táxons do mesozooplâncton ao longo do ciclo de maré (ind.m$^{-3}$), como está detalhado na Figura 6. O teste estatístico de Kruskal-Wallis mostrou que os grupos Copepoda, Cladocera e Total apresentaram diferenças significativas durante o período amostral. Estes grupos tiveram maiores valores na vazante do que na enchente. Porém, o período de estofa não apresentou diferença significativa em relação aos momentos de enchente e de vazante.

Copepoda e Cladocera foram os grupos dominantes, com picos de densidade de Copepoda na maré vazante e de Cladocera na estofa (Figura 6). Como mostrado na Figura 7, estas dominâncias corresponderam a percentuais em relação a densidade total de zooplâncton, variando de 36,6% até 80,1% para Cladocera e de 17,7% até 62,6% para Copepoda. Os dois grupos somados variaram de 83,4% a 98,3% do total.

**Tabela 3**. Valores de densidade absoluta (ind.m$^{-3}$) e abundância relativa (%) nas três diferentes condições de maré e resultados dos testes de Kruskal-Wallis (KW) comparando estes grupos de dados. Os resultados significativos ($p < 0,05$) estão em negrito e letras diferentes junto às medianas indicam diferenças significativas.

| | Enchente | | | Estofa | | | Vazante | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mediana | Mín. | Máx. | Mediana | Mín. | Máx. | Mediana | Mín. | Máx. |
| **Densidade (ind.m$^{-3}$)** | | | | | | | | | |
| Cladocera | **4485a** | 3151 | 8508 | **19934ab** | 18314 | 46785 | **31393b** | 12304 | 34378 |
| Copepoda | **2763a** | 1669 | 6025 | **11553ab** | 7259 | 23371 | **9393b** | 7560 | 59128 |
| Decapoda | 33,55 | 29,64 | 38,91 | 16,01 | 3,35 | 138,04 | 18,56 | 6,98 | 59,13 |
| Chaetognatha | 469 | 311 | 619 | 366 | 322 | 490 | 618 | 416 | 1414 |
| Appendicularia | 151 | 132 | 331 | 116 | 89 | 144 | 134 | 56 | 360 |
| Ictioplâncton | 22,25 | 21,82 | 78,01 | 36,85 | 33,17 | 43,05 | 26,26 | 13,98 | 44,35 |
| Outros | 251 | 210 | 849 | 313 | 127 | 556 | 263 | 105 | 564 |
| Total | **12005a** | 5781 | 12365 | **42932ab** | 27771 | 59306 | **44811b** | 20694 | 94415 |
| **Abd. Rel. (%)** | | | | | | | | | |
| Cladocera | 54,52 | 36,27 | 70,87 | 71,78 | 42,66 | 78,89 | 66,46 | 35,16 | 80,10 |
| Copepoda | 28,88 | 23,02 | 48,73 | 26,14 | 19,48 | 54,44 | 30,12 | 17,70 | 62,63 |
| Decapoda | 0,32 | 0,27 | 0,51 | 0,03 | 0,01 | 0,32 | 0,05 | 0,01 | 0,21 |
| Chaetognatha | **5,01a** | 2,59 | 8,12 | **0,85b** | 0,83 | 1,16 | **1,58ab** | 0,61 | 2,55 |
| Appendicularia | **2,29a** | 1,26 | 2,68 | **0,32b** | 0,19 | 0,33 | **0,43ab** | 0,06 | 0,52 |
| Ictioplâncton | **0,18a** | 0,18 | 1,35 | **0,10ab** | 0,06 | 0,13 | **0,05b** | 0,03 | 0,13 |
| Outros | **4,34a** | 1,75 | 6,86 | **0,53ab** | 0,46 | 1,29 | **0,53b** | 0,25 | 1,20 |

**Figura 6.** Variação dos dados de densidade do mesozooplâncton nas águas da Baía da Ribeira durante um ciclo de maré, comparando condições de final de enchente, estofa e início da vazante.

Foi observada uma alternância de dominância entre Copepoda e Cladocera durante o ciclo de maré (Figura 7). De modo geral, a literatura aponta a dominância de Copepoda como característica comum do mezooplâncton em ambientes costeiros eutrofizados ao longo da costa do Estado do Rio de Janeiro (SCHUTZE; RAMOS, 1999; GUENTHER et al., 2012; MACIEL; ALMEIDA, 2019). No entanto, em algumas regiões específicas, como a baía de Sepetiba e trechos do litoral sul fluminense, Cladocera pode assumir a dominância (COELHO-BOTELHO et al., 1999; DIAS & BONECKER, 2008), fenômeno que também foi observado na área de estudo deste trabalho.

Na Tabela 3, também está mostrado que houve diferença significativa na densidade relativa (%) ao longo do ciclo da maré, exceto para Cladocera, Copepoda e Decapoda. Os grupos Chaetognata e Appendicularia apresentaram diferenças significativas entre enchente e estofa. Já Ictioplâncton e a categoria "Outros" apresentaram diferenças significativas entre enchente e vazante. Os resultados indicam que as condições de maré influenciam significativamente a estrutura da comunidade aquática. Na figura 7 está representada a variação na abundância percentual dos principais grupos de mesozooplâncton. Copepoda e Cladocera são os grupos dominantes em ambas as marés, mas podem sofrer mudanças percentuais dependendo das condições hidrodinâmicas. Acredita-se que a maré vazante concentrou certos organismos devido ao transporte de águas costeiras para fora da baia. Já a maré enchente, carreou larvas e organismos do ambiente mais externo para a área de estudo.

A Tabela 4 apresenta uma comparação com estudos na Baía da Ribeira e com estudos de outras áreas do Estado do Rio de Janeiro em relação aos valores de densidade (em ind.$m^{-3}$). Os resultados deste estudo indicaram que o zooplancton coletados nos arrastos oblíquos obtiveram uma contagem dentro da faixa de variação obtida por estudos anteriores na Baia da Ribeira, embora a técnica de arrasto utilizada e a malha utilizada sejam diferentes. Em relação a outras localidades comparadas os resultados atingiram valores acima do máximo para todos os grupos estudados, mesmo em relação a Baia da Guanabara, que é um ambiente extremamente eutrofizado.

É importante observar que estes trabalhos comparados podem apresentar variações sazonais e interanuais, que são afetadas por fatores como mudanças no ambiente e por ciclos reprodutivos. Destaca-se como exemplo o trabalho de Dias *et al*. (2018), na Baía da Guanabara, que mostrou que as densidades de cladoceros, ovos de peixe e larvas de moluscos tiveram diferenças claras entre as estações e os anos (2012-2013). Uma maior densidade de copepodes foi registrada durante as estações chuvosas. Os ovos de peixe

(ictioplâncton) foram o grupo dominante na estação seca. As maiores densidades médias de cladoceros foram registradas em junho de 2012, fevereiro de 2013 (estação seca), setembro de 2012 e janeiro de 2013 (estação chuvosa).

**Figura 7.** Dados de densidade relativa (%) do mesozooplâncton na Baía da Ribeira durante um ciclo de maré, comparando condições de final de enchente, estofa e início da

vazante (A). Um detalhamento em melhor escala dos dados de grupos não dominantes é também apresentado (B).

**Tabela 4.** Comparação com resultados de outros estudos sobre a densidade (em ind.m$^{-3}$) do mesozooplâncton.

| | Baía da Ribeira<br>Presente estudo | Baía da Ribeira<br>Dias & Bonecker, 2008 | Rio Perequê-Açu<br>Araujo *et al*., 2019 | Rio Bracuí<br>Araujo *et al*., 2020 |
|---|---|---|---|---|
| Ano(s) | 2019 | 2001-2005 | 2013-2015 | 2013-2015 |
| Tipo de arrasto | Oblíquo | Vertical | Sub-sup | Sub-sup |
| Malha | 200µm | 150µm | 200µm | 200µm |
| Zooplâncton total | 5.780,8 - 94.415,1 | 532,0 - 1.331.422,0 | - | - |
| Copepoda | 1.669,3 - 59.128,3 | 1.400 - 260.000 | 5.244 ± 4.641 | 9.350 ± 13.358 |
| Cladocera | 3.151,4 - 46.785,2 | ≈ 0 - 700.000 | - | - |
| Chaetognatha | 311,2 - 1.413,7 | - | - | - |
| Appendicularia | 55,8 - 360,2 | - | - | - |
| | **Baía de Guanabara**<br>Maciel & Almeida, 2019 | **Baía de Guanabara**<br>Dias *et al*., 2018<br>Dias *et al*., 2023 | **Rio Macaé**<br>Araujo *et al*., 2017 | **Rio São João**<br>Araujo *et al*., 2018 |
| Ano(s) | 2010 | 2012-2013 | 2013-2015 | 2013-2015 |
| Tipo de arrasto | Sub-sup | Sub-sup | Sub-sup | Sub-sup |
| Malha | 200µm | 200µm | 200µm | 200µm |
| Zooplâncton total | 863,7 - 13.082,9 | 182,0 - 19.737,8 | - | - |
| Copepoda | 545,7 - 12.562,0 | 32,7 - 11.313,9 | 6.461 ± 8.325 | 5.536 ± 7.495 |
| Cladocera | 0,1 - 11,0 | ≈ 515,3 - 960,1 | - | - |
| Chaetognatha | 0,1 - 20,1 | ≈ 8,6 - 18,8 | - | - |
| Appendicularia | 2,8 - 228,2 | ≈ 16,6 - 144,6 | - | - |

a - Praia de Itaorna

b - Enseada de Piraquara de Fora

Uma variação sazonal e interanual é também esperada para a Baía da Ribeira, uma vez que a dinâmica do zooplâncton na região apresentou uma oscilação ao longo das estações do ano, relacionada ao período de aumento populacional, destacando-se a predominância de organismos holoplanctônicos, especialmente dos grupos Copepoda e Cladocera (DIAS *et al*., 1999, DIAS; BONECKER, 2008).

Por outro lado, a variação dentro de ciclos de maré pode ser relevante e é pouco entendida na região estudada. Por exemplo, estudos anteriores observaram a entrada do

ictioplâncton em sistemas costeiros com a maré enchente (BØRVE *et al*., 2015). Este processo é importante para o entendimento da variação da biodiversidade em contraponto com os grupos oportunistas mais dominantes em áreas impactadas. Também pode afetar a dinâmica de transporte de zooplâncton entre áreas costeiras, como indicado pelas variações na densidade relacionadas aos ciclos diurnos da Baía de Guanabara, que demonstraram um fluxo de larvas decápodes para águas costeiras adjacentes (FERNANDES *et al*., 2002).

Como mostrado na Tabela 4, os dados de zooplâncton total deste estudo mostraram Copepoda e Cladocera foram os grupos dominantes, com picos de densidade de Copepoda na maré vazante e de Cladocera na estofa. Além da grande dominância destes dois primeiros grupos, ainda podemos destacar uma notável e breve dominância de três grupos em momentos distintos: larvas de decápodes no início da estofa, Chaetognata no início da vazante e de Ictioplâncon no início da enchente.

Os grupos Chaetognatha e Appendicularia não foram encontrados em estudos anteriores na Baía da Ribeira, porém a comparação com os estudos de Dias *et al*., (2018), Maciel & Almeida (2019) e Dias *et al*.(2023) na Baía da Guanabara, mostrou que houve uma inversão das situações encontras nas duas Baias. Na Baia da Guanabara há uma dominância muito maior de Appendicularia, aproximadamente dez vezes maior do que Chaetognatha. Entretanto, na Baia da Ribeira, como cotado acima, a situação se apresenta de forma inversa. Há a dominância de Chaetognatha em um numero quatro vezes maior do que Appendicularia.

### 4.3. Biomassa total

A biomassa zooplanctônica também pode sofrer forte efeito da sazonalidade das condições ambientais (SUCHY *et al*., 2023). Os resultados de biomassa (peso úmido) variaram entre 0,45 e 3,11 $g.m^{-3}$ (Tabela 4), geralmente sendo abaixo de 1,0 $g.m^{-3}$ ao longo do ciclo de maré (Figura 8). São raros os estudos que apresentem valores de biomassa para a região, mas o encontrado no presente estudo está na mesma ordem de grandeza do observado na baía de Sepetiba (0,01 a 5,32 $g.m^{-3}$) (COELHO-BOTELHO *et al*., 1999). O resultado do teste de Kruskal-Wallis (KW) comparando os grupos de dados de enchente, estofa e vazante foi não significativo ($p > 0,05$).

**Figura 8.** Variação dos dados de biomassa do mesozooplâncton na Baía da Ribeira, comparando condições de final de enchente, estofa e início da vazante.

**Tabela 5**. Valores encontrados para biomassa zooplanctônica total ($g.m^{-3}$ peso úmido) nas diferentes condições de maré.

| | Enchente | | | Estofa | | | Vazante | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mediana | Mín. | Máx. | Mediana | Mín. | Máx. | Mediana | Mín. | Máx. |
| Biomassa | 0,63 | 0,45 | 0,88 | 0,79 | 0,62 | 1,08 | 0,88 | 0,66 | 3,11 |

### 4.4. Índices ecológicos

A Tabela 6 apresenta a variabilidade dos índices de Shannon, Simpson e Pielou nas condições de maré diferentes. Os índices três índices ecológicos estudados, apesar de terem valores mais altos nos dois tempos mais iniciais amostrados na maré enchente (Figura 9), também tiveram resultados não significativos em relação ao teste de Kruskal-Wallis, comparando os dados de maré enchente, estofa e vazante ($p > 0,05$).

**Tabela 6**. Valores dos índices ecológicos nas diferentes condições de maré.

| | Enchente | | | Estofa | | | Vazante | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mediana | Mín. | Máx. | Mediana | Mín. | Máx. | Mediana | Mín. | Máx. |
| Shannon | 1,78 | 1,23 | 1,81 | 1,01 | 0,86 | 1,23 | 1,07 | 0,85 | 1,24 |
| Simpson | 0,61 | 0,44 | 0,63 | 0,40 | 0,34 | 0,52 | 0,45 | 0,33 | 0,51 |
| Pielou | 0,66 | 0,48 | 0,71 | 0,41 | 0,35 | 0,46 | 0,40 | 0,34 | 0,52 |

**Figura 9.** Variação dos índices ecológicos do mesozooplâncton nas águas da Baía da Ribeira durante um ciclo de maré, comparando condições de final de enchente, estofa e início da vazante.

### 4.5. Associações dos dados

A Figura 10 mostra os resultados da análise de nMDS. O modelo convergiu para um valor de stress = 0,0179, indicando uma excelente representação bidimensional das distâncias na matriz de dissimilaridade (stress < 0,05 é considerado excelente). Esta análise indica uma clara separação entre os dados de enchente e os dados de estofa e vazante, sendo que esta diferença foi devida à enchente apresentar maiores contagens de Chaetognata, Appendicularia, Ictioplâncton e Outros. A presença destes grupos na composição da assembleia zooplanctonica na enchente, ocorre por conta da entra de águas externas à Baia da Ribeira, que são de melhor qualidade.

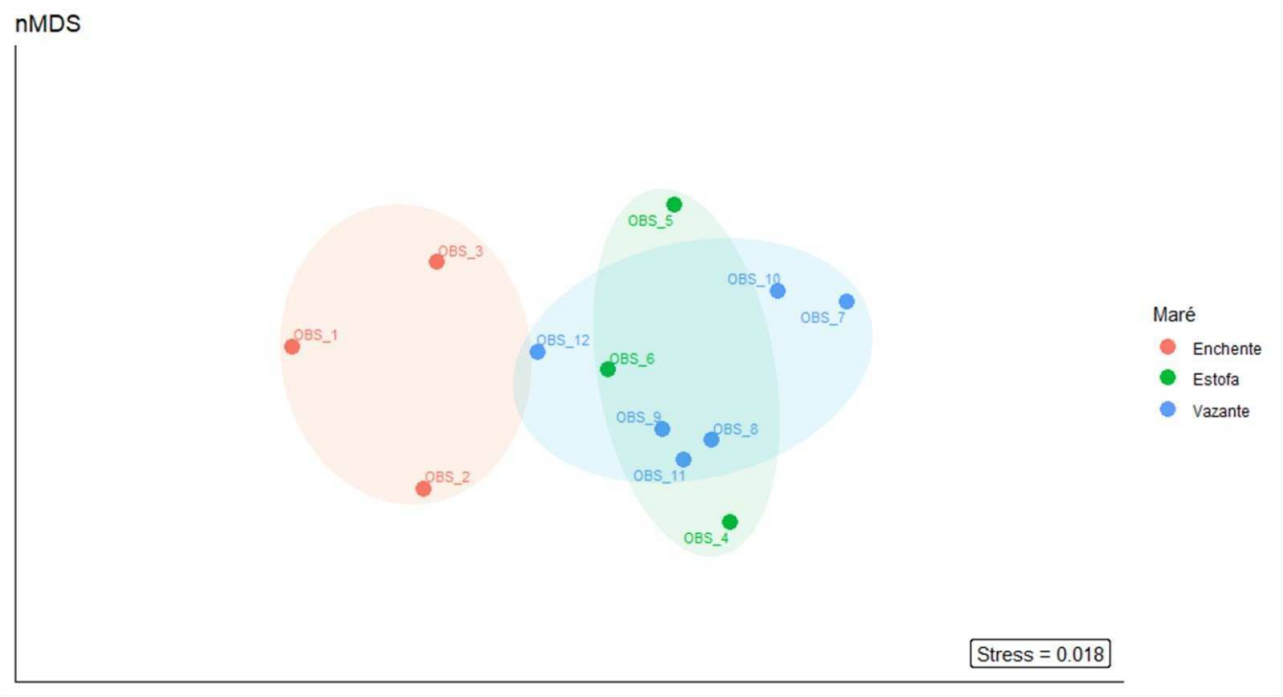


**Figura 10.** Ordenação não-métrica por escalonamento multidimensional (nMDS) em relação aos parâmetros de densidade de organismos por grupo e parâmetros físico-químicos.

A Figura 11 apresenta a ordenação bidimensional encontrada pela ACP, com base nos dois primeiros componentes principais que explicam 35,9% (Componente 1) e 23,95% (Componente 2) da variabilidade dos dados, totalizando 59,8% de explicação desta variabilidade por estes dois componentes. Os índices ecológicos foram positivamente associados com OD e S, que estão relacionados com a renovação e

melhora da qualidade da água pela entrada de águas de fora da baía. Ictioplâncton e Appendicularia também seguem esta tendência. Por outro lado, a biomassa e os grupos Cladocera, Copepoda, Chaetognata e "Total" estão mais associados positivamente com ΔS, T e pH, mas negativamente com o OD e a S. Cladocera e copepoda seguem a tendência de serem favorecidos por condições piores da qualidade da água (NDAH *et al.*, 2022, CHANDEL *et al*., 2024). Chaetognata preda os outros dois grupos (BOLTOVSKOY, 1999), podendo seguir a maior ocorrência deles. É conhecido que a composição e abundância do zooplâncton podem variar em função da temperatura ao longo do ano, sendo as classes de tamanho dos Copepoda variam sazonalmente (NDAH *et al.*, 2022) de acordo com eventos como ressurgência, subsidência e *bloom* de fitoplâncton (ROSA, 2022). Os grupos Decapoda e Outros não seguiram os outros grupos, mas também tiveram uma tendência de variação inversa com a salinidade.

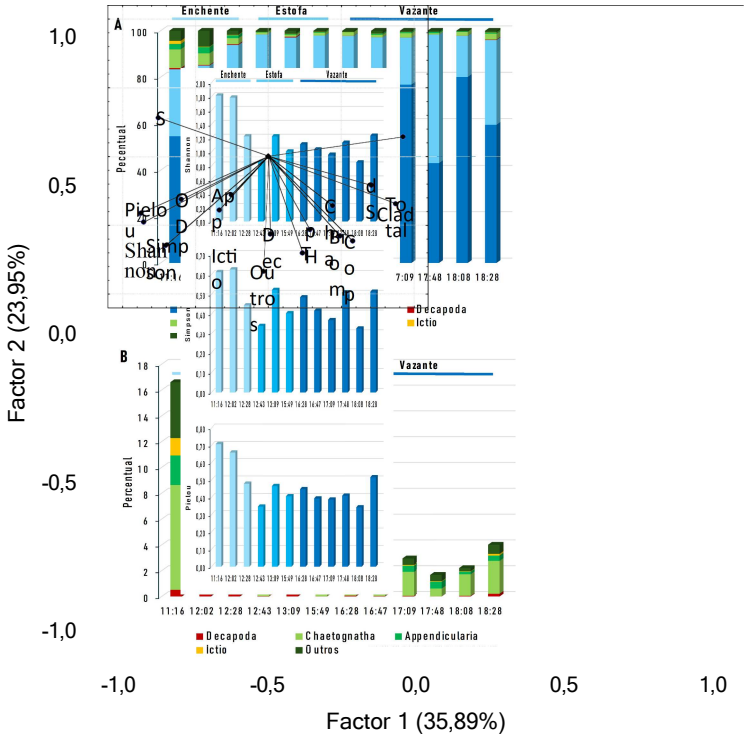


**Figura 11.** Ordenação bidimensional encontrada pela Análise de Componentes Principais (ACP) em relação aos parâmetros de densidade de organismos por grupo, índices ecológicos e parâmetros físico-químicos da Baía da Ribeira.

## 5. CONCLUSÕES

Durante o ciclo de maré, foi observada uma alternância de dominância entre Copepoda e Cladocera, com maiores densidades de Copepoda durante a maré vazante e picos de Cladocera na estofa. Embora Copepoda seja frequentemente dominante em sistemas eutrofizados da costa do Rio de Janeiro, Cladocera mostrou-se expressivo na área estudada, o que pode indicar uma maior resistência a variação de fatores abióticos, com salinidade e temperatura. Outros grupos, como Chaetognata e Appendicularia, também apresentaram variações significativas entre marés.

A estrutura horizontal do plâncton estuarino demonstrou-se sensível a escalas temporais curtas, mesmo em sistemas sob condições aparentemente homogêneas. Essa sensibilidade ressalta a importância de se considerar ciclos de maré e variações hidrodinâmicas na análise da estrutura comunitária. A maré vazante concentrou organismos devido ao transporte de águas da baía para áreas costeiras, enquanto a maré enchente promoveu o ingresso de larvas e outros organismos do mar aberto.

A presença de espécies oportunistas, especialmente entre Copepoda e Cladocera, reflete uma resposta típica à eutrofização e degradação da qualidade ambiental, com possível comprometimento da biodiversidade nativa e da estabilidade ecológica local.

A abundância e biomassa zooplanctônica foram fortemente influenciadas por fatores abióticos como salinidade, temperatura e OD, todos estes afetados pela variação da maré. Observou-se uma ampla variação na salinidade (ΔS), com valores entre 3,7 (enchente) e 7,9 (vazante), sugerindo uma suscetibilidade à estratificação e variações hidrodinâmicas que influencia diretamente a composição e distribuição do zooplâncton.

O oxigênio dissolvido apresentou tendência de aumento durante a enchente, possivelmente associado à renovação da água. Essas flutuações afetam não apenas a densidade, mas também a biomassa dos organismos planctônicos. Os valores de biomassa (peso úmido) oscilaram entre 0,45 e 3,11 $g.m^{-3}$, com a maioria das amostras registrando valores abaixo de 1,0 $g.m^{-3}$ ao longo do ciclo de maré, demonstrando sensibilidade às condições ambientais sazonais e marinhas.

Desta forma, a combinação de fatores antrópicos com variabilidade natural mostrou-se determinante para a dinâmica do zooplâncton, afetando sua distribuição espacial, composição taxonômica e interações tróficas.

A ocorrência de espécies oportunistas, como Copepoda e Cladocera, pode ser considerada como um indicativo dos impactos antrópicos, especialmente da eutrofização,

sendo esses táxons potenciais bioindicadores ambientais. O favorecimento desses organismos em detrimento da diversidade nativa está associado à poluição orgânica e à alteração da qualidade da água, especialmente em regiões com intensa atividade antrópica.

O monitoramento contínuo desses grupos, aliado à análise das variações abióticas e dos ciclos de maré, é essencial para a detecção precoce de impactos e para a gestão ambiental eficaz da Baía da Ribeira. A inclusão de Copepoda, Cladocera e Chaetognata em programas de biomonitoramento do mesozooplâncton, seria de grande interesse, considerando sua sensibilidade às mudanças de salinidade, OD e poluição.

Por fim, é fundamental que estudos futuros aprofundem as interações entre impactos humanos, variabilidade ambiental e comunidades zooplanctônicas, de modo a subsidiar estratégias de conservação, manejo e mitigação dos efeitos da degradação costeira.

## 6. REFERENCIAS


ANDRADE, A. F. O. *et al*. Large polluted river plumes threats sustainable mariculture in the Baía da Ilha Grande. Regional Studies in Marine Science, v. 83, p. 104049, 2025.

ARAUJO, A. V.; DIAS, C. O.; BONECKER, S. L. C. Differences in the structure of copepod assemblages in four tropical estuaries: importance of pollution and the estuary hydrodynamics. Marine Pollution Bulletin, Oxford, v. 115, p. 412–420, 2017.

BACHA, L. F. *et al*. Antibiotic-resistance genes and metals increase in polluted tropical rivers of the Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil. Science of The Total Environment, v. 968, p. 178778, 2025.

BHATTACHARJEE, S. *et al*. Zooplankton distribution and its associated hydrology across Indian Sundarbans over the last decade: insights from current trends and future directions. Environmental Monitoring and Assessment, v. 197, n. 217, 2025.

BONECKER, S. L. C. Atlas de zooplâncton da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2006. (Série Livros; Documentos REVIZEE: Score Central).

BOLTOVSKOY, D. South Atlantic Zooplankton. California: Backhuys, 1999. 1705 p.

BRANDINI, F. P.; LOPES, R. M.; VALE, R. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. Revista Brasileira de Oceanografia, v. 46, n. 2, p. 115-130, 1998.

BØRVE, E. *et al*. Tidal effects on transport and dispersion of particles, cod eggs and larvae in the Lofoten and Vesterålen region, Norway. Frontiers in Marine Science, v. 12, 2025.

CHANDEL, P.; MAHAJAN, D.; THAKUR, K.; KUMAR, R.; KUMAR, S.; BRAR, B.; SHARMA, D.; SHARMA, A. K. A review on plankton as a bioindicator: a promising tool for monitoring water quality. World Water Policy, v. 10, p. 213–232, 2024.

CHIAPPETTA, J. M. M.; MACHADO, W.; SANTOS, J. M.; LESSA, J. A. Trace metal bioavailability in sediments from a reference site, Ribeira Bay, Brazil. Marine Pollution Bulletin, v. 106, p. 395–399, 2016.

COELHO-BOTELHO, M. J.; MAURO, J. B. N.; OLIVEIRA DIAS, C. de; KURTZ, F. W.; TRUZZI, A. C.; NOGUEIRA, C. R. Aspectos do zooplâncton da Baía de Sepetiba (RJ, Brasil). Oecologia Brasiliensis, v. 7, n. 1, p. 1, 1999.

COLOMBET, J.; FUSTER, M.; BILLARD, H.; SIME-NGANDO, T. Femtoplankton: what's new? Viruses, v. 12, n. 8, p. 881, 2020.

CUNHA, B. *et al*. Metal record of copper-based antifouling paints in sediment core following marina construction and operation. Marine Pollution Bulletin, v. 204, p. 116534, 2024.

DANTAS, J. L.; SILVA, T. A.; NOGUEIRA, E. M. S. Uso do zooplâncton como ferramenta para estudo da qualidade de água em ecossistemas do semiárido do nordeste brasileiro: uma revisão bibliométrica. Revista Ouricuri, 2023.

DIAS, C. O.; BONECKER, S. L. C.; NOGUEIRA, C. R. Variações na estrutura da comunidade zooplanctônica próxima à Usina I da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)—(Angra dos Reis-RJ-Brasil)—Ciclo 1980/81 e 1991/93. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 42, p. 223–232, 1999.

DIAS, C. de O.; BONECKER, S. L. C. Long-term study of zooplankton in the estuarine system of Ribeira Bay, near a power plant (Rio de Janeiro, Brazil). Hydrobiologia, Dordrecht, v. 614, p. 65–81, 2008.

DIAS, C. de O.; CARVALHO, P. F. de; BONECKER, A. C. T.; BONECKER, S. L. C. Biomonitoring of the mesoplanktonic community in a polluted tropical bay as a basis for

coastal management. Ocean and Coastal Management, v. 161, p. 189–200, 2018.

DIAS, C. de O.; MENEZES, B. S.; ARAUJO, A. V.; BONECKER, S. L. C. Copepod assemblage structure in a tropical eutrophic estuarine system in the Southwestern Atlantic Ocean: ecological indicators and functional groups. Regional Studies in Marine Science, v. 63, e103010, 2023.

EIANE, K.; TANDE, K. Meso and macrozooplankton. In: SAKSHAUG, E. (ed.). Ecosystem Barents Sea. Trondheim: Tapir Academic Press, 2009. p. 209–234.

FERNANDES, L. D. A.; BONECKER, S. L. C.; VALENTIN, J. L. Dynamic of decapod crustacean larvae on the entrance of Guanabara Bay. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 491–498, 2002.

FRANCO, A. S. Tides: fundamentals, analysis and prediction. 2. ed. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), 1988. 249 p.

FUENTES, E. V. Ecologia do fitoplâncton na Lagoa do Peri: influência da variabilidade climática interanual sobre a limnologia e a dinâmica da comunidade de cianobactérias. 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

GÓMEZ-PONCE, M. A.; FLORES-COTO, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; CRUZ-SÁNCHEZ, J. L.; SANVICENTE-AÑORVE, L. Evaluation of the entry of white shrimp postlarvae (Decapoda: Penaeidae) to a nursery area in the southern Gulf of Mexico. Latin American Journal of Aquatic Research, v. 46, n. 1, p. 166–175, 2018.

IKEDA, Y.; GODOI, S. S.; CACCIARI, P. L. Um estudo de séries temporais de corrente na Baía da Ilha Grande, RJ. Relatórios Internos do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, n. 28, p. 1–24, 1989.

KAMINSKI, S. M. Mesozooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos e zona costeira adjacente com ênfase para os copépodes Acartia tonsa, Pseudodiaptomus richardi e

Notodiaptomus incompositus. 2009. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2009.

KHOIRUNNISAA, S. J.; JUNIANTO. A review: The existence of plankton as a bioindicator of fresh and seawater. GSJ: Global Scientific Journal, v. 9, n. 4, abr. 2021. ISSN 2320-9186.

KIM, Heesoo *et al*. Biodiversity and community structure of mesozooplankton in the marine and coastal national park areas of Korea. Diversity, v. 12, p. 233, 2020.

KWON, E. Y.; PRIMEAU, F.; SARMIENTO, J. L. The impact of remineralization depth on the air-sea carbon balance. Nature Geoscience, v. 2, n. 9, p. 630-635, 2009.

LOMARTIRE, Silvia; MARQUES, João C.; GONÇALVES, Ana M. M. The key role of zooplankton in ecosystem services: a perspective of interaction between zooplankton and fish recruitment. Ecological Indicators, v. 129, p. 107867, 2021.

LOPES, R. M.; BRANDINI, F. P.; EVANGELISTA, H. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. Revista Brasileira de Oceanografia, São Paulo, v. 45, n. 1-2, p. 203-215, 1997.

MACIEL, O. L. C.; ALMEIDA, E. V. Mesozooplankton characterization surrounding anthropogenic sewage inputs in the southeastern eutrophic Brazilian estuary of Guanabara Bay. Marine Pollution Bulletin, Oxford, v. 138, p. 511-519, 2019.

MARQUES, S. C. *et al*. Zooplankton distribution and dynamics in a temperate shallow estuary. Hydrobiologia, v. 587, p. 213-223, 2007.

MAGURRAN, A. E. Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. 256 p.

MAPCARTA. Baía da Ribeira – Mapa – Rio de Janeiro, Brasil. Mapcarta, 2025.

MARTINS, G.; RANGEL, C. M. A. Processos de poluição ambiental nas enseadas de Angra dos Reis e da Ribeira, Baía da Ilha Grande – RJ, sob a percepção dos pescadores artesanais do cais do porto de Santa Luzia. Caderno de Estudos Geoambientais, v. 14, n. 1, 2024.

MEDEIROS, C.; KJERFVE, B. Longitudinal salt and sediment fluxes in a tropical estuary: Itamaracá, Brazil. Journal of Coastal Research, v. 21, n. 4, p. 751-758, 2005.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis Report. United Nations, Island Press, 2005.

MORIARTY, R.; O'BRIEN, T. D. Distribution of mesozooplankton biomass in the global ocean. Earth System Science Data, v. 5, p. 45–55, 2013.

NASCIMENTO, L. S.; BRANDINI, F.; SIMIÃO, M. S.; NOGUEIRA JÚNIOR, M. Short-term variation of plankton spatial distribution at a subtropical mixed estuarine system. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 93, p. e20200219, 2021.

NAVARRO-RODRÍGUEZ, M. C.; FLORES-VARGAS, R.; GONZÁLEZ GUEVARA, L. F.; GONZÁLEZ RUELAS, M. E. Distribution and abundance of Dormitator latifroms (Richardson) larvae (Pisces: Eliotridae) in the natural protected area "Estero El Salado" in Jalisco, Mexico. Revista de Biología Marina y Oceanografía, v. 39, n. 1, p. 31–36, jul. 2004.

NDAH, A. B. *et al*. A systematic study of zooplankton-based indices of marine ecological change and water quality: application to the European marine strategy framework directive (MSFD). Ecological Indicators, v. 135, p. 108587, 2022.

OLLEVIER, A. *et al*. Diel vertical migration and tidal influences on plankton densities in dynamic coastal systems. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 300, p. 108701, 2024.

PEREIRA FILHO, J.; SPILLERE, L. C.; SCHETTINI, C. A. F.; SILVA, L. F. Estuário do Rio Camboriú-SC: variação intramareal e transporte residual de nutrientes, COP e clorofila-a em condições de quadratura e sizígia. Notas Técnicas Facimar, v. 6, p. 137-151, 2002.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology, v. 13, p. 131–144, 1966.

RÉ, P. Características fundamentais do plâncton marinho e histórico de estudo. In: RÉ, P.; AZEITEIRO, U. M.; MORGADO, F. (Org.). Ecologia do plâncton marinho e estuarino. Porto: Edições Afrontamento, 2005. p. 17–30.

RINEHART, S. *et al*. Recovery of planktonic invertebrate communities in restored and created tidal marshes along the northern Gulf of Mexico. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 291, p. 108417, 2023.

ROSA, J. da C. L. da. Efeitos da ressurgência e subsidência sobre a comunidade zooplanctônica (mero e holoplâncton) em Arraial do Cabo, RJ, Brasil. 2022. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Conservação) – Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2022.

SMYTH, T. J. *et al*. Disruption of marine habitats by artificial light at night from global coastal megacities. Elementa: Science of the Anthropocene, v. 10, n. 1, p. 00042, 2022.

SOARES, L. E. B.; FIDELIS, M. N.; PESSANHA, A. L. M. Influência das variáveis ambientais na distribuição zooplâncton em um estuário tropical, 2019.

STEINBERG, D. K.; LANDRY, M. R. Zooplankton and the ocean carbon cycle. Annual Review of Marine Science, v. 9, p. 413-444, jan. 2017.

STERZA, J. M.; FERNANDES, L. L. Zooplankton community of the Vitória Bay estuarine system (Southeastern Brazil): characterization during a three-year study. Brazilian Journal of Oceanography, v. 54, n. 2/3, p. 95-105, 2006.

SUCHY, K. D. *et al*. Seasonal and regional variability of model-based zooplankton biomass in the Salish Sea and evaluation against observations. Progress in Oceanography, v. 219, p. 103171, 2023.

VANNI, M. J. Nutrient cycling by animals in freshwater ecosystems. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 33, n. 1, p. 341-370, 2002.

VEATCH, J. M. *et al*. Lagrangian coherent structures influence the spatial structure of marine food webs. Communications Earth & Environment, v. 6, p. 127, 2025.

VEIGA, T. R. *et al*. Geoquímica dos sedimentos de fundo da Enseada de Ribeira – Rio de Janeiro, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 15, p. 1994-2024, 2022.

YUSUF, Z. H.; HARIS, H.; SAH, A. S. R. M.; OBINNA, G. A. Environmental assessment of Sungai Perai, Penang, by using zooplankton as a bio-indicator. Journal of Biological Studies, v. 8, n. 1, p. 48-66, 2025.

ZHANG, H.; WANG, Y.; LIANG, C.; LIU, S.; XIAN, W. Estuarine ichthyoplankton studies – a review. Frontiers in Marine Science, v. 9, p. 794433, 2022.