



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RAFAEL FIDÉLIS BRILHANTE DA NÓBREGA

**ESTRUTURA E PERCENTUAL DE CARÇAÇAS DO MICROZOOPLÂNCTON DO
CANAL DO SANTA CRUZ (PE, BRASIL)**

Recife, PE

RAFAEL FIDÉLIS BRILHANTE DA NÓBREGA

2025

**ESTRUTURA E PERCENTUAL DE CARÇAÇAS DO MICROZOOPLÂNCTON DO
CANAL DO SANTA CRUZ (PE, BRASIL)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Ciências Biológicas da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas

Orientador (a): Mauro de Melo Júnior

Recife, PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Sistema
Integrado de Bibliotecas da UFRPE Bibliotecário(a): Ana Catarina
Macêdo - CRB-4 1781

N754e Nobrega, Rafael Fidelis Brilhante da.
Estrutura e percentual de carcaças do
microzooplâncton do Canal Santa Cruz (PE, Brasil) / Rafael
Fidelis Brilhante da Nobrega. – Recife, 2025.
39 f.; il.

Orientador(a): Mauro de Melo Júnior.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado
em Ciências Biológicas, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Plâncton. 2. Estuários. 3. Mortalidade. 4.
Biodiversidade I. Melo Júnior, Mauro de, orient. II. Título

CDD 574

RAFAEL FIDÉLIS BRILHANTE DA NÓBREGA

**ESTRUTURA E PERCENTUAL DE CARÇAÇAS DO MICROZOOPLÂNCTON DO
CANAL DO SANTA CRUZ (PE, BRASIL)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 11/03/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Texto Texto Texto (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dra. Renata... (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho a meus avós, José Fidélis (*in memoriam*) e Maria Madalena (*in memoriam*), que sempre nutriram meu amor pela Biologia.

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo o amor e dedicação que deram à minha formação. Se hoje cheguei até aqui, é única e exclusivamente por seguir os passos do meu pai, que é um exemplo como homem e ser humano; da minha mãe, que me moldou como uma boa pessoa e me ensinou a lidar com as perdas e desavenças da vida; e da minha irmã mais velha, por entender meus problemas, me guiar nos desafios acadêmicos e pessoais e também por ser uma ótima companheira de filmes, séries, livros e músicas.

Aos meus tios Gileno e Simone e aos meus primos Mariana e Miguel, por serem segundos pais e irmãos, sempre apoiarem meu interesse na biologia e fazerem de sua casa minha segunda casa, onde coleciono memórias de muitos momentos de alegria.

Ao professor Mauro, por mostrar que a biologia é muito mais do que eu acreditava quando me matriculei no curso, revelando que a vida é diversa, abundante e linda nas mais diferentes formas e tamanhos. Agradeço especialmente pela imensa paciência e compreensão como orientador, por entender minhas limitações e inseguranças.

À UFRPE e a todos os professores que fizeram parte da minha jornada acadêmica, especialmente aos professores Martin Alejandro, Clélia Rocha, Caroline Biondi, Pabyton Gonçalves, Paula Braga e José Vitor, por despertarem meu amor e interesse em diferentes áreas da biologia.

Ao Laboratório de Ecologia do Plâncton (LEPLANC), pelo acolhimento e por ser o lugar que despertou meu amor pela ciência.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro por meio da bolsa PIBIC no trabalho “Zooplâncton como indicador da qualidade da água de três sistemas estuarinos de Pernambuco”.

Aos meus amigos Rodrigo, Saulo, Peralta e Fernando, e a todos que fazem parte do nosso grupo, por proporcionarem as melhores risadas que alguém poderia dar e por contribuírem com momentos de leveza e descontração.

Aos membros dos “Leplankers” – Mariana, Sandriel, Gabi, Bruna, Edu, Naara, Camila e Duda – por tornarem o ambiente de trabalho mais leve, pelo espírito de equipe e por serem companheiros em quem sei que poderei confiar em toda a nova jornada que virá. Tenho certeza de que todos serão grandes biólogos e colegas de profissão.

Aos alunos de pós graduação do LEPLANC por sempre ajudarem nas dúvidas metodológicas e científicas, especialmente a Marcelinha pelo apoio na escrita e dissertação dos meus trabalhos e a Mylena por ser a melhor companheira de coleta e arrasto de zooplâncton.

A todos os amigos que fiz na minha turma SB-1 do curso de Biologia, pelo companheirismo nos momentos de provas, atividades, trabalhos, seminários, aulas de campo, apresentações, almoços e jantares no RU e sextas-feiras após as aulas. Um agradecimento especial a Gabriel, Saulo, Lívia, Emanuel, Evellyn, Malaura, Malu, Melissa, Renata, Sara e a Kelvin, que infelizmente não está mais entre nós, mas jamais será esquecido.

“...Eu arrastei, muitas vezes, uma rede confeccionada com retalhos e, deste modo, coletei muitos animais curiosos” (Darwin, 1833).

RESUMO

Os estuários são ecossistemas de transição entre as águas continentais e marinhas e são caracterizados pela alta variação de seus fatores abióticos como salinidade, pH, temperatura e condutividade elétrica, afetando diretamente as características das comunidades biológicas que usufruem de seus recursos. A comunidade zooplanctônica é composta, principalmente, por copépodes, e desempenha um papel crucial na dinâmica ecológica do estuário, atuando como elo trófico entre os produtores primários e os demais níveis tróficos, além de contribuir para a ciclagem de nutrientes. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a comunidade zooplanctônica do Canal de Santa Cruz, PE e estimar o percentual de carcaças derivadas da mortalidade não-predatória. Para isto, foram realizadas coletas ao longo do complexo estuarino do Canal de Santa Cruz, foram identificadas 33 táxons, incluindo 17 espécies, com destaque para os copépodes *Euterpina acutifrons*, *Parvocalanus crassirostris* e *Apocyclops procerus*, que apresentaram alta frequência de ocorrência e densidade, reforçando sua importância como bioindicadores da saúde ambiental. A temperatura estável e com média de 29°C e o pH com média de 7.50 mostraram que esses fatores não foram limitantes para a diversidade zooplanctônica. A taxa de mortalidade não-predatória observada, especialmente entre as formas naupliares, sugere que esses organismos são mais suscetíveis a estresses ambientais, como a presença de sedimentos em suspensão e a poluição. A técnica de coloração com vermelho neutro mostrou-se eficaz para a avaliação da mortalidade zooplanctônica, fornecendo dados importantes para a compreensão dos impactos antrópicos no ecossistema. Concluiu-se que a comunidade zooplanctônica é um indicador valioso da qualidade ambiental, destacando a necessidade de políticas de manejo e conservação para mitigar os efeitos da poluição e da urbanização sobre esses ecossistemas. A continuidade de estudos sobre a interação entre microplásticos e a biota aquática, bem como o desenvolvimento de métodos mais eficientes de monitoramento, são essenciais para a preservação dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos estuários.

Palavras-chave: Diversidade, Estuários, Mortalidade, Plâncton.

ABSTRACT

Estuaries are transitional ecosystems between continental and marine waters and are characterized by high variation in their abiotic factors such as salinity, pH, temperature and electrical conductivity, directly affecting the characteristics of the biological communities that benefit from their resources. The zooplankton community is composed mainly of copepods and plays a crucial role in the ecological dynamics of the estuary, acting as a trophic link between primary producers and other trophic levels, in addition to contributing to nutrient cycling. The present study aimed to characterize the zooplankton community of the Santa Cruz Channel, PE, and estimate the percentage of carcasses derived from non-predatory mortality. For this purpose, collections were carried out along the estuarine complex of the Santa Cruz Channel, and 33 taxa were identified, including 17 species, with emphasis on the copepods *Euterpina acutifrons*, *Parvocalanus crassirostris* and *Apocyclops procerus*, which presented high frequency of occurrence and density, reinforcing their importance as bioindicators of environmental health. The stable temperature with an average of 29°C and the pH with an average of 7.50 showed that these factors were not limiting for zooplankton diversity. The non-predatory mortality rate observed, especially among naupliar forms, suggests that these organisms are more susceptible to environmental stresses, such as the presence of suspended sediments and pollution. The neutral red staining technique proved to be effective for the evaluation of zooplankton mortality, providing important data for the understanding of anthropogenic impacts on the ecosystem. It was concluded that the zooplankton community is a valuable indicator of environmental quality, highlighting the need for management and conservation policies to mitigate the effects of pollution and urbanization on these ecosystems. Continued studies on the interaction between microplastics and aquatic biota, as well as the development of more efficient monitoring methods, are essential for the preservation of ecosystem services provided by estuaries.

Keywords: Estuaries, Mortality, Plankton, Zooplankton.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Canal de Santa Cruz – PE, Fonte: Acervo pessoal. 16
- Figura 2** – Representação das diferentes formas de microplásticos dispersos no Plâncton. **A** – Emaranhado de fibras (considerado um único plástico). **B** – Fibra preta. **C** – Pallet transparente (padrão de cor mais comum). **D** – Filme. 18
- Figura 3** – Mapa do Canal de Santa Cruz – PE, com os pontos de coletas dos organismos zooplancctônicos, Fonte: Google Earth 20
- Figura 4** – Arrasto horizontal de zooplâncton com rede de malha 64 µm. Fonte: Acervo pessoal 21
- Figura 5** – Espécies de copépodes encontradas durante as coletas. **A** – Indivíduos do gênero *Oithona*. **B** – Copépode da espécie *Paracalanus quasimodo*. **C** – Copépode da espécie *Acartia lilljeborgi*. 23
- Figura 6** – Outros exemplares da fauna planctônica. **A** – Larva de molusco da Classe Gastropoda. **B** – Larva de anelídeo da Classe Polychaeta. **C** – Appendicularia pertencente ao subfilo Urochordata. 26
- Figura 7.** Aplicação do método Elliot e Tang, 2009 **A, B, C** – Organismos coletados vivos. **D, E** – Carcaças de copépodes planctônicos **F** – Carcaça de copépode em alto nível de decomposição. 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Espectros de tamanho dos organismos do Plâncton e seus representantes. Adaptado de Sieburth, 1979.	15
Tabela 2 –	Ocorrência de copépodes adultos nos pontos de coleta do complexo estuarino Canal de Santa Cruz – PE.	25
Tabela 3 –	Ocorrência de formas naupliares de copépodes no Canal de Santa Cruz – PE.	26
Tabela 4 –	Ocorrência de outros organismos planctônicos e formas larvais no Canal de Santa Cruz – PE.	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Zooplâncton.....	15
2.2 Estuários.....	16
2.3 Indicadores da qualidade ambiental	16
2.4 Mortalidade não predatória.....	17
3 OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo Geral.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Local de realização	19
4.2 Coleta e Variáveis ambientais	20
4.3 Atividades de laboratório.....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 Variáveis ambientais.....	22
5.2 Caracterização do zooplâncton	23
5.3 Diversidade	28
5.4 Mortalidade não-predatória e potenciais indicadores ambientais	29
6 CONCLUSÃO	31
7 REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros são responsáveis por grande parte da manutenção da atividade pesqueira, sendo responsáveis por gerar diversos tipos de atividades humanas diretas e indiretas (Correia e Sovierzoski, 2005). Portanto, a saúde de ecossistemas como os costeiros e seus associados está diretamente associada com o bem-estar e o sucesso das populações humanas (Camargo, 2019), bem como para os organismos que utilizam os recursos fornecidos por estes ecossistemas.

Dentre os ecossistemas costeiros, destacam-se os estuários que são ambientes caracterizados por marcarem o encontro das águas continentais com as águas oceânicas, gerando assim um alto dinamismo das variáveis ambientais (Lam-Hoai *et al.*, 2006). Tais ecossistemas são a principal rota de nutrientes provenientes da drenagem continental para o ambiente costeiro. Essas características fornecem uma elevada quantidade de nutrientes concentrados em estuários que são originados do intemperismo natural da crosta terrestre ou da ação antrópica (Eschrique, 2011). Por estarem suscetíveis aos efeitos de maré, os nutrientes presentes nesses ambientes alternam entre enchente, quando o nível da água do mar aumenta e conseqüentemente o nível da salinidade e a concentração de nutrientes tende a reduzir, e vazante, quando o nível da água do mar reduz e o estuário fica sob a maior influência das águas fluviais (Alves *et al.*, 2025), ricas em nutrientes.

Dentre os organismos que utilizam os recursos fornecidos pelos ecossistemas estuarinos destaca-se a comunidade zooplanctônica, composta por um grupo de táxons que dominam a coluna d'água e que representam o principal elo trófico entre os produtores e os demais níveis tróficos e também atuam na ciclagem de nutrientes de um ambiente para o outro (Gross e Gross, 1996). Além da importância ecológica derivada das relações entre os grupos zooplanctônicos com os demais organismos distribuídos nas cadeias tróficas marinhas, esses animais apresentam também grande relevância como indicadores da qualidade ambiental dos estuários como destacam (Martins *et al.*, 2006; Chazarreta, 2015).

Diante disso, o presente trabalho investigou a diversidade planctônica e as taxas de mortalidade não predatória do zooplâncton estuarino ao longo do Canal de Santa Cruz, PE e como o percentual de carcaças está presente na coluna d'água influenciando na biomassa e na quantidade de carbono particulado presente na comunidade planctônica estuarina.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Zooplâncton

O zooplâncton é composto por uma comunidade de organismos dominada principalmente por invertebrados (Nogueira Júnior e Costa, 2019), que não possuem locomoção suficiente para vencer o movimento das águas (Codina, 2010). Os organismos que compõem o Plâncton são classificados por seu grupo taxonômico e por seu tamanho como demonstrado por Fernandez, 2017 e indicado pela Tabela 1.

Classe	Espectro de tamanho	Principais representantes
Fentoplâncton	0,02 – 0,2 μm	Vírus e algumas bactérias
Picoplâncton	0,2 – 2 μm	Bactérias, alguns fungos, algas e alguns protozoários*
Nanoplâncton	2 – 20 μm	Algumas bactérias, fungos, algas e protozoários*
Microplâncton	20 – 200 μm	Algumas algas, protozoários* e alguns metazoários
Mesoplâncton	0,2 – 20 mm	Algumas algas, protozoários* e metazoários
Macroplâncton	2 – 20 cm	Metazoários e alguns animais do micronécton**
Megaplâncton	20 – 200 cm	Metazoários do micronécton**

Tabela 1. Espectros de tamanho dos organismos do plâncton e seus representantes. Adaptado de Sieburth, 1979.

Dentre os grupos presentes no zooplâncton estão: filos Mollusca (Teh, 2016) e Chaetognatha, formas larvais de peixes (ictioplâncton), incluindo alguns de grande relevância econômica (Giraldo, 2024), larvas de caranguejo, camarões, lagostas e outras formas juvenis de grupos do bentos (Magris e Fernandes, 2005), assim como organismos que passam todo o ciclo de vida no plâncton, denominados holoplâncton (Piontkosvki e Castellani, 2009). Dentre os grupos do holoplâncton, copépodes são o grupo mais abundante, apresentando organismos com diferentes características fenotípicas, o que os permite ocupar diferentes grupos funcionais dentro da dinâmica do plâncton (Lolaia, 2023). Essas características tornam o zooplâncton possíveis ferramentas para o biomonitoramento dos ecossistemas estuarinos, como demonstrado por Freitas *et al.* (2016), os quais utilizaram espécies de organismos do grupo holoplanctônico Appendicularia como possível ferramenta de biomonitoramento.

2.2 Estuários

Os estuários constituem sistemas transicionais costeiros entre as águas continentais e as águas marinhas (Miguel Neto, 2019), formando ecossistemas dinâmicos com intensa quantidade de matéria orgânica particulada que, associado aos elevados gradientes físicos e químicos, os tornam ambientes com intensa atividade de comunidades biológicas (Elliot e McLusky, 2002), dentre elas o plâncton e os animais presentes nele (Medeiros *et al.*, 2001; Sabry *et al.*, 2017). Os estuários nordestinos são essencialmente caracterizados por sofrerem pressões antrópicas por estarem ligados a grandes centros urbanos e seus despejos (Rodrigues, 2022) ou por pressão exploratória como desmatamento, pesca predatória, queimadas, construção de barragens, loteamentos, portos e marinas, aquacultura, agricultura, extração mineral, turismo, recreação e lazer (Santana *et al.*, 2015), esses impactos podem gerar efeitos diretos na biota.

O Estado de Pernambuco possui muitos estuários protegidos por Lei. Por exemplo, a APA (Área de Proteção Ambiental) Estuarina do Canal de Santa Cruz, localizada nos municípios de Itamaracá, Itapissuma, Igarassu e Goiana, possui uma área total de 5.292 hectares e foi titulada em 1986, através da Lei nº 9.931/86. Na extensão dos 22 km do canal deságuam os rios Catuama, Carrapicho, Botafogo, Igarassu, Arataca e Maniquara. Às suas margens, desponta a vegetação de mangue, tendo como característica uma grande diversidade da fauna estuarina. O Canal de Santa Cruz enfrentou graves problemas ambientais decorrentes da poluição industrial e ainda convive com grandes cargas de dejetos lançadas pelas indústrias da região (“CPRH» APA Estuarina do Canal de Santa Cruz”, 2021). Os impactos antrópicos gerados nos ecossistemas estuarinos podem ser mensurados pelos impactos ecológicos, fenotípicos e comportamentais dos organismos que dependem dos recursos estuarinos (Zaroni, 2020).

2.3 Indicadores da qualidade ambiental

A análise sistêmica de parâmetros físicos, químicos e biológicos em corpos hídricos tem sido amplamente utilizada como uma das principais formas de verificar os impactos ambientais de atividades humanas, como carcinicultura (Bezerra *et al.*,

2016). De acordo com Barbosa (2024), múltiplas pressões antrópicas exercidas nos ecossistemas estuarinos afetam diretamente a distribuição e diversidade de organismos planctônicos, onde a temperatura se mantém como o fator mais importante. Impactos mais bruscos, como derramamentos de óleos e pesticidas, podem induzir, atrasar, diminuir a dispersão e gerar malformações em larvas planctônicas (Almeda *et al.*, 2023).

Dentre os grandes contaminantes dos ecossistemas marinhos, estão os microplásticos. A grande produção de plástico e seu descarte inapropriado acabam por causar a sua degradação, gerando partículas que variam entre 1 μm a 5 mm denominados microplásticos (MP) (Montagner *et al.*, 2021) e, quando associadas a dinâmica estuarina, concentram-se tanto no substrato quanto na coluna d'água (Mengatto e Nagai, 2022), tornando todos os organismos aquáticos vulneráveis a interação com a natureza de sua partículas (Botterell *et al.*, 2022).

Os efeitos a longo prazo do microplástico ainda são, em grande parte, incertos para organismos vivos, mas já tem seus efeitos ambientais bem documentados (Zhao, 2022), porém estudos sobre a mortalidade não-predatória podem fornecer informações mais amplas sobre efeitos dessas partículas para o zooplâncton (Gross & Gross, 1996; Tang, 2014; Cruz *et al.*, 2023). As análises que consideram as variabilidades morfológicas e ecológicas dos organismos, denominadas diversidade funcional fomentadas por Williams (1994), auxiliam no modo como a biologia e as interações das partículas com os indivíduos podem ser avaliadas e como essas interações podem afetar na composição da comunidade planctônica (Danny *et al.*, 2020; Basu *et al.*, 2022).

2.4 Mortalidade não predatória

Todos organismos vivos estão sujeitos a mortalidade, esta que pode ser gerada por diversas causas e impactar diretamente na dinâmica populacional de diversos ecossistemas, incluindo os marinhos (Lins Silva, 2019). Dentre a dinâmica do plâncton, a mortalidade pode ser causada por diversos fatores, incluindo senescência, variações bruscas de fatores abióticos e até poluição marinha (Cunha, 2017). Os resultados da mortalidade não-predatória da comunidade planctônica se

decompõem na coluna d'água ou afundam, contribuindo assim para o fluxo vertical de material particulado e fluxo do carbono que se acumula no solo e entra em teias tróficas bentônicas (Botero, 2013). Dados sobre mortalidade não-predatória podem fornecer informações sobre a função dos copépodes, principal grupo do zooplâncton estuarino, na estruturação de teias pelágicas detritívoras e ajudar na compreensão de como diferentes condições ambientais influenciam o desenvolvimento populacional (Carlotti *et al.*, 2000; Martínez *et al.*, 2013; Tang e Elliott, 2014).

Dada a importância dos copépodes para a dinâmica ecológica dos estuários, são necessários métodos de amostragem eficientes, já que métodos tradicionais podem negligenciar os organismos coletados mortos e superestimar os dados (Diniz *et al.*, 2021). Para a amostragem da taxa de mortalidade não predatória de maneira eficiente, Elliot e Tang (2009) descreveram um método para distinguir os organismos vivos e mortos de maneira rápida e econômica ainda em campo, que consiste na coloração pelo vermelho neutro que torna os organismos vivos vermelho brilhante ou parcialmente vermelho e os organismos mortos esbranquiçados ou com tons fracos e pontuais em rosa.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Caracterizar a comunidade microzooplânctônica e o percentual de carcaças dos copépodes planctônicos do Canal de Santa Cruz.

3.2 Objetivos específicos

- Inventariar a comunidade microzooplânctônica, com ênfase nos Copepoda, do Canal de Santa Cruz, durante o período seco de 2023.
- Caracterizar a distribuição de carcaças de copépodes do microzooplâncton ao longo do Canal de Santa Cruz.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de realização

O presente trabalho foi realizado no complexo estuarino do Canal de Santa Cruz localizado no litoral norte do estado de Pernambuco e a cerca de 50km da cidade de Recife, PE. É composto por praias, estuários e manguezais (Figura 1) e apresenta importância fundamental para a fauna marinho - estuarina do estado.



Figura 1. Canal de Santa Cruz – PE. Fonte: Acervo pessoal.

O monitoramento e a caracterização do plâncton e dos microplásticos foram realizados a partir de amostras de água dos trechos selecionados no presente projeto, em 24/10/2024 (período seco). Para a área do estudo, foram realizados 7 pontos de amostragem, localizados nas áreas de grande conectividade ecossistêmica ao longo do Canal de Santa Cruz (Figura 2). As amostras foram provenientes de coletas diurnas superficiais, na maré vazante (para caracterizar

melhor o impacto dos estuários das bacias hídricas mais próximas), durante a maré de sizígia.

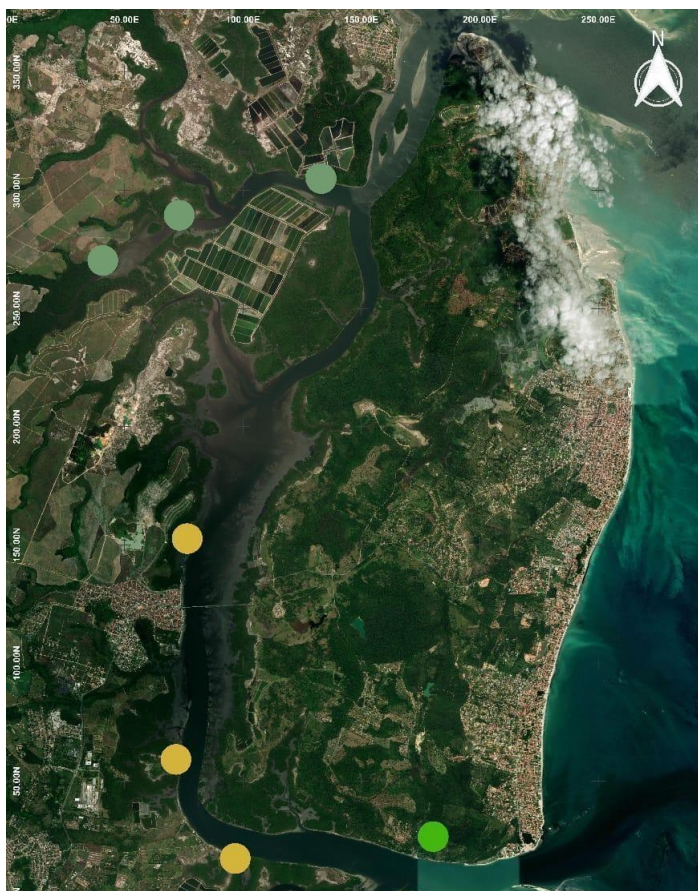


Figura 2. Mapa do Canal de Santa Cruz – PE, com os pontos de coleta dos organismos zooplancônicos e demais variáveis ambientais. Fonte: Google Earth

4.2 Coleta e Variáveis ambientais

As amostras quantitativas do plâncton foram provenientes de arrastos horizontais a partir de redes com malha de 65 μm (microzooplâncton; Fig. 3), imediatamente fixadas em solução de formol neutralizado com bórax (4%). Como controle de qualidade, os frascos de vidro foram previamente lavados com água destilada e filtrada, garantindo que estejam livres de partículas plásticas (das tampas, por exemplo). As redes de plâncton foram novas e também foram lavadas entre os pontos de coleta para evitar contaminação cruzada.



Figura 3. Registro de um arrasto horizontal de zooplâncton, com rede de malha 64 μm , no Canal de Santa Cruz, PE. Fonte: Acervo pessoal

Para o experimento de mortalidade, um arrasto adicional foi realizado em cada estação, com rede de plâncton e por menor tempo (3 minutos), com uso de copo cego, para evitar possível mortalidade na amostragem do zooplâncton, a uma velocidade de 1-2 nós. A amostra foi acondicionada em um recipiente de vidro escuro e foi adicionado 1,5 mL da solução estoque de vermelho neutro a 1% em água deionizada, para cada 1000 mL de amostra. Em seguida, o recipiente foi mantido durante 15 min em banho-maria, com água do ambiente, para manter a temperatura e evitar a mortalidade de animais durante essa etapa. As amostras foram concentradas em malha de nylon (45 μm) e acondicionadas em placas de Petri cobertas por papel alumínio, em gelo, com o intuito de evitar a fotodegradação do corante, e mantidas em laboratório no freezer até o processamento das mesmas. A técnica de coloração com Vermelho Neutro, desenvolvida por Dressel et al. (1972) e adaptada por Elliott e Tang (2009), possibilita a diferenciação de organismos que estavam vivos e mortos do zooplâncton.

4.3 Atividades de laboratório

As amostras de zooplâncton foram analisadas quali-quantitativamente, sob estereomicroscópio e/ou microscópio óptico, a partir de três subamostras obtidas da

amostra diluída em um volume conhecido, em câmara de Sedgewick-Rafter adaptada para 2 mL, utilizando literatura específica. Foi considerado o mínimo de 100 indivíduos por subamostra. A identificação foi baseada em grandes grupos zoológicos, com exceção para o grupo Copepoda, que foi identificado em nível de espécie.

Para a análise da mortalidade natural do zooplâncton, após o descongelamento em laboratório, as amostras foram acidificadas pela adição de 1 mL de HCl 1M por amostra de 10 mL, para enaltecer a coloração do vermelho neutro (Elliott e Tang, 2009). Os organismos foram classificados, com base nesses autores, em (i) corados (vivos no momento da coleta) e (ii) não corados (organismos mortos). A identificação dos grupos do zooplâncton e a contagem dos organismos vivos e mortos para cada grupo foram realizadas sob estereomicroscópio.

4.4 Análise de dados

Foram calculados a riqueza de espécies de copépodes adultos, estimada a partir do número de táxons, diversidade (Shannon, 1948) e equitabilidade (Pielou, 1977), além da frequência de ocorrência e abundância relativa. Os parâmetros biológicos (abundância, diversidade e mortalidade) foram medidos para os organismos identificados a nível de espécie (copépodes) e os demais táxons foram contabilizados para a caracterização da fauna zooplanctônica. Comparações entre as estações de coleta foram realizadas a partir da análise de variância paramétrica (ANOVA) ou não-paramétrica (Kruskal-Wallis).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis ambientais

A temperatura se manteve entre 28 e 29°C, onde no mês de outubro se passa a primavera da região e se equipara a outros trabalhos realizados no Canal de Santa Cruz – PE, como o demonstrado por Paiva *et al.* (2005) não sendo fator condicionante para a diversidade ambiental.

A condutividade dos pontos abordados se manteve entre 55 e 49 mS/cm e o pH variou de 7,50 a 8,02, onde seu ponto mais básico foi sob baixa influência de água marinha ao norte do complexo estuarino.

O disco de Secchi obteve luminosidade que variou de 1,10 a 1,60 m entre os pontos onde as coletas foram realizadas, considerando a profundidade média do ambiente do presente estudo de 2,5 m, com máxima de 4 m (Silva, 2004).

5.2 Caracterização do zooplâncton

No total, foram encontradas 19 espécies de copépodes, distribuídas em 13 gêneros diferentes e em 3 ordens. As espécies *Paracalanus quasimodo*, *Euterpina acutifrons* e *Euterpina acutifrons* estavam presentes em 100% das amostras coletadas. As espécies de maior abundância foram a *Acartia lilljeborgii* (173ind.m³), espécie que é bem adaptada a ambientes estuarinos e com alta capacidade reprodutiva diante de parâmetros abióticos estáveis do ambiente (Ara, 2001) e *Parvocalanus crassirostris* (155ind.m³), espécie altamente consumida por larvas de peixe e , portanto, de potencial uso para a aquicultura (Kline e Laidley, 2014).

Os copépodes da família Oithonidae foram os mais abundantes nos pontos de coleta Botafogo 1 e Botafogo 2 (estações mais internas do estuário) optando por ambientes com forte influência de água doce como demonstrado também por Nascimento *et al*, 2021, a espécie *Oithona hebes* (106,7 ind.m³) foi a mais representativa do grupo. Os representantes da família Oithonidae (Fig. 5A) apresentaram densidade elevada e, por serem onívoros-carnívoros, desempenham função essencial na transição da dinâmica trófica planctônica e no aumento da biomassa marinha (Brandão *et al.*, 2021), presente no estuário.

Não houve diferença significativa nos outros grupos nos pontos amostrados em diferentes áreas do Canal de Santa Cruz – PE (ANOVA bifatorial; $p < 0,05$). A diversidade de táxons dos gêneros *Paracalanus* e *Parvocalanus* indicam a presença de organismos filtradores e por consequência a presença de partículas presentes na coluna d'água (Menezes, 2019).



Figura 4. Espécies de copépodes encontradas durante as coletas. **A** – Indivíduos do gênero *Oithona*. **B** – Copépode da espécie *Paracalanus quasimodo*. **C** – Copépode da espécie *Acartia lilljeborgi*.

A temperatura pode agir diretamente sobre a periodicidade e a distribuição dos organismos aquáticos, assumindo grande importância na produtividade biológica da água, como também ser limitante na distribuição geográfica de muitas espécies de vegetais e animais (Sipaúba-Tavares, 1998). No presente trabalho, a temperatura da água se manteve estável nos 29,5°C, bem como a distribuição dos táxons encontrados foi semelhante em todos os pontos de coleta. De forma geral, os estuários são caracterizados pela intensa variação de suas características ambientais, tornando-os seletivos para a fauna, que apresenta alta abundância de poucas espécies (Kimmerer e Mckinnon, 1987; Magalhães *et al*, 2009).

Ainda nas amostras zooplanctônicas, foram registrados indivíduos do gênero *Caligus*, normalmente parasitas de peixes (Boxshall e Bravo, 2000; Baily *et al.*, 2011; Hemmingsen *et al.*, 2020), presentes na coluna d'água. Fatores naturais como a dinâmica estuarina podem ser os causadores da presença desses organismos isolados de suas presas (Montory *et al.*, 2020) ou um dos muitos fatores antrópicos que afetam toda a região costeira que abrange o sistema estuarino do Canal de Santa Cruz – PE, como a crescente atividade de piscicultura realizada no local e que pode afetar a diversidade planctônica do ambiente (Lira e Teixeira, 2008).

Copepoda	Frequência de ocorrência (%)	Abundância média (\pm desvio padrão)	Abundância relativa (%)
<i>Euterpina acutifrons</i>	100	89,8 \pm 57,6	7,1
<i>Paracalanus aculeatus</i>	90	126,9 \pm 69	10,0
<i>Paracalanus quasimodo</i>	100	86,5 \pm 73,7	6,8
<i>Parvocalanus crassirostris</i>	70	155 \pm 163,6	12,2
<i>Corycaeus sp.</i>	10	5,6 \pm 11,8	0,4
<i>Oithona simplex</i>	10	11,2 \pm 29,7	0,9
<i>Oithona hebes</i>	90	106,7 \pm 98,2	8,4
<i>Oithona oswaldocruzi</i>	30	6,7 \pm 12,4	0,5
<i>Oithona nana</i>	60	56,2 \pm 68,9	4,4
<i>Centropages velificatus</i>	90	62,9 \pm 63,4	5,0
<i>Temora turbinata</i>	60	11,2 \pm 11	0,9
<i>Temora stylifera</i>	40	10,1 \pm 13,4	0,8
<i>Acartia lilljeborgii</i>	100	173 \pm 172,8	13,7
<i>Apocyclops procerus</i>	40	14,6 \pm 18,4	1,2
<i>Caligus sp.</i>	30	4,5 \pm 7,7	0,4
<i>Labidocera fluviatilis</i>	30	7,9 \pm 13,6	0,6
<i>Labidocera acutifrons</i>	10	18 \pm 47,5	1,4
<i>Microsetella rosea</i>	30	3,4 \pm 6,2	0,3
<i>Sapphirina angusta</i>	30	4,5 \pm 8,9	0,4

Tabela 2. Composição, frequência de ocorrência, abundância média, desvio padrão e abundância relativa das espécies de copépodes identificadas no Canal de Santa Cruz, PE em outubro de 2023.

Para as amostras fixadas foram encontradas formas naupliares distribuídas em 4 famílias, sendo elas as famílias Oithonidae, Centropagidae, Cyclopidae e Paracalanidae, cujos exemplares das famílias Oithonidae e Cyclopidae estavam presentes em 100% das amostras.

Os náuplios são representantes do microzooplâncton que, por sua vez, são os principais consumidores primários de ecossistemas marinhos, superando o meso/macrozooplâncton, como os copépodes adultos (Schmoker, 2013).

Por apresentarem menor tamanho, menor mobilidade natatória e maior sensibilidade a estresses, os náuplios estão sujeitos a predação por carnívoros ativos do Plâncton ou por organismos bentônicos filtradores (Montory *et al*, 2020).

Náuplios	Frequência de ocorrência (%)	Abundância média (\pm desvio padrão)	Abundância relativa (%)
Oithonidae	60	18 \pm 20,7	1,4
Centropagidae	10	5,6 \pm 14,9	0,4
Cyclopidae	40	16,8 \pm 28,9	1,3
Paracalanidae	30	12,4 \pm 24	1,0

Tabela 3. Frequência de ocorrência, Abundância média, desvio padrão e abundância relativa de náuplios de Copepoda do Canal de Santa Cruz, PE.

Para outros representantes da comunidade zooplanctônica (Fig. 5), foram encontradas formas larvais de organismos bentônicos e pelágicos, com maior abundância das formas larvais de bivalves (Mollusca) e apendiculários.

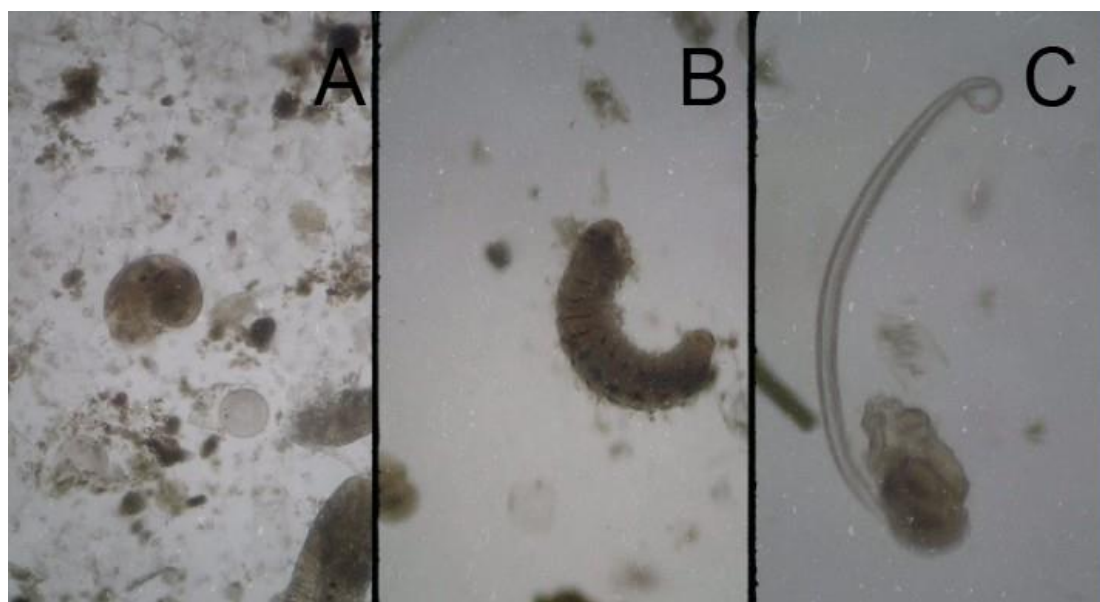


Figura 5. Outros exemplares da fauna planctônica. **A** – Larva de molusco da Classe Gastropoda. **B** – Larva de anelídeo da Classe Polychaeta. **C** – Apendicularia pertencente ao subfilo Urochordata.

Polychaeta apresentaram a maior abundância dentre os organismos não-copépodes com 76,4 ind.m⁻³ que pode indicar um bloom de fitoplâncton no ambiente já que a maioria das formas larvais destes organismos se alimentam de diatomáceas(Abe *et al*, 2011).

Em sistemas estuarinos, as formas larvais podem superar os organismos holoplanctônicos dependendo da fase da maré, concentração de nutrientes via escoamento e época do ano (Schwamborn,1997). Trabalhos anteriores em ecossistemas semelhantes podem apresentar desde números de densidade do meroplâncton superiores a 1.600 ind.m⁻³, como o demonstrado por Leite *et al.* 2009, ou a densidades menores de 7,8 ind. m⁻³, como o apresentado por Figueiredo (2017).

Durante o dia, as concentrações de larvas planctônicas podem variar, havendo picos diferentes ao longo do dia para as concentrações de larvas de animais bentônicos e costeiros como caranguejos, cracas e camarões (Moreira, 2006). Geralmente, estes picos ocorrem em períodos de maré vazante noturna, quando as larvas podem se dirigir a ambientes favoráveis a seu desenvolvimento e diminuir as possibilidades de encontros com predadores (Garcia *et al.*, 2020).

Outros organismos	Frequência de ocorrência (%)	Abundância média (\pm desvio padrão)	Abundância relativa (%)
Foraminifera	10	2,2 \pm 5,9	0,2
Medusa	10	1,1 \pm 3	0,1
Bryozoa	10	1,1 \pm 3	0,1
Polychaeta	90	76,4 \pm 109,5	6,0
Bivalvia	30	5,6 \pm 9,9	0,4
Larva de Gastropoda	40	9 \pm 17,2	0,7
Ostracoda	30	6,7 \pm 11,5	0,5
<i>Diaphanosoma brevireme</i>	10	2,2 \pm 5,9	0,2
Larva de Lagosta	10	2,2 \pm 5,9	0,2
Cirripedia	90	14,6 \pm 12,4	1,2
Zoea	100	24,7 \pm 13,2	2,0
Camarão	90	18 \pm 13,4	1,4
<i>Belzebu faxoni</i>	10	1,1 \pm 3	0,1
L. holoturoidea	10	1,1 \pm 3	0,1

Chaetognatha	60	24,7 ± 33,8	2,0
Appendicularia	90	43,8 ± 67,5	3,5
Larva de Peixe	10	1,1 ± 3	0,1

Tabela 4. Outros organismos planctônicos e formas larvais no Canal de Santa Cruz – PE.

Os animais do grupo Appendicularia presentes em grande quantidade são capazes de criar um revestimento gelatinoso capazes de filtrar partículas presentes na coluna d'água contribuindo para a fixação do carbono nos ecossistemas estuarinos (Mendes, 2019). A maior abundância de appendicularia foi registrada nos pontos de coleta: Ponte e Vila Velha, que são de maior influência marinha, indicando características estenoalinas e baixa tolerância à alta quantidade de partículas do alto estuário já registrado também por (Carvalho *et al*, 2016).

5.3 Diversidade

Os valores de diversidade de Shannon indicam uma diversidade moderada e semelhante a outros trabalhos realizados no canal de Santa Cruz, PE com índices levemente menores que 2,5 no médio estuário (Silva, 2007).

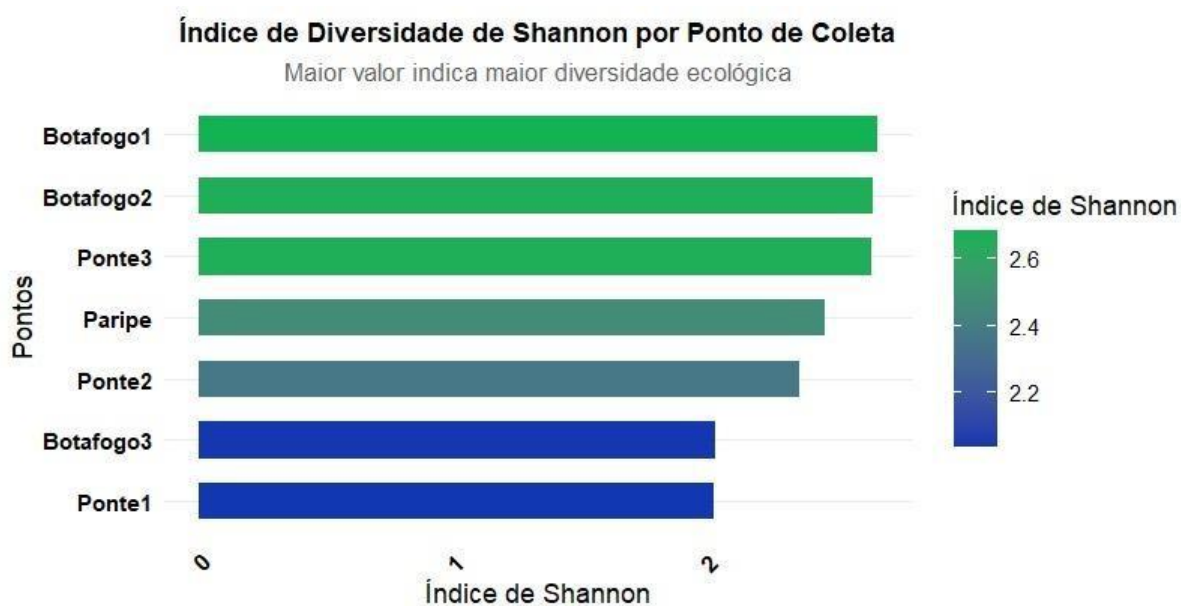


Gráfico 1: Diversidade do zooplâncton nos pontos de coleta distribuídos no Canal de Santa Cruz, PE.

Os baixos índices de diversidade em estuários nordestinos podem representar períodos de reprodução de determinado táxon (Neumann-Leitão, 1994) ou eutrofização derivada de ações antrópicas que atingem os estuários (Pardal, 1999).

A equitabilidade se manteve maior do que 0,5 em todas as amostras coletadas, com média de 0,8 entre os pontos coletados. Vale salientar que Augusto *et al.* (2009) apontam diferenças de equitabilidade na comunidade zooplancônica em períodos noturnos, evidenciando o predomínio de poucas espécies.

5.4 Mortalidade não-predatória e potenciais indicadores ambientais

A porcentagem média de carcaças para os copépodes adultos foi de 17,45% (Figura 7), considerado baixo quando comparado a trabalhos como Cruz *et al.* (2023) em ambientes mais urbanizados. O percentual de carcaças das fases naupliares apresentou um número um pouco maior, já que o maior índice de mortalidade não predatória observado nos náuplios em relação aos adultos se deve a sua fragilidade e suscetibilidade a estresses ambientais (Ohman, 2012).

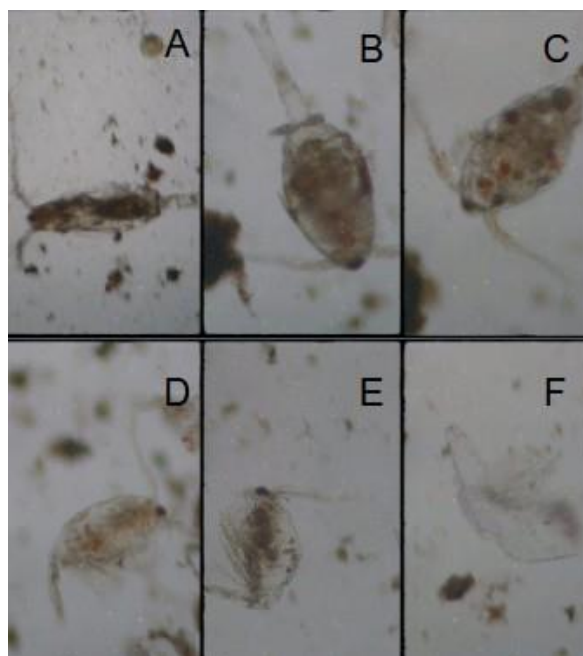


Figura 7. Aplicação do método Elliot e Tang, 2009 **A, B, C** – Organismos coletados vivos. **D, E** – Carcaças de copépodes planctônicos **F** – Carcaça de copépode em alto nível de decomposição.

A temperatura da água manteve-se na média de 29 graus e o pH na média de 7,80 em todas os pontos de coleta e, levando em conta a sua composição e

estrutura, o zooplâncton, enriquecido através de intercâmbios com comunidades costeiras e apoiado pelas exportações dos lodaçais, parece estar num nível trófico muito semelhante aos aspectos observados por outros autores (Lam-Hoai *et al.*, 2006). A mortalidade apresentada pode ser associada a grande taxa de sedimentos naturais e não naturais em suspensão na água (Arendt *et al.*, 2011) e que são carregados pelos efeitos das marés.

As famílias de náuplios que apresentaram o maior percentual de carcaças foram as famílias Pseudodiaptomidae, Paracalanidae, Cyclopidae, Pontellidae, Temeridade e Oithonidae(Gráfico 2). Enquanto os copépodes adultos tiveram as espécies *Parvocalanus crassirostris*, *Paracalanus quasimodo* e *Corycaeus* sp como os grupos mais representativos nos índices de carcaças de copépodes.

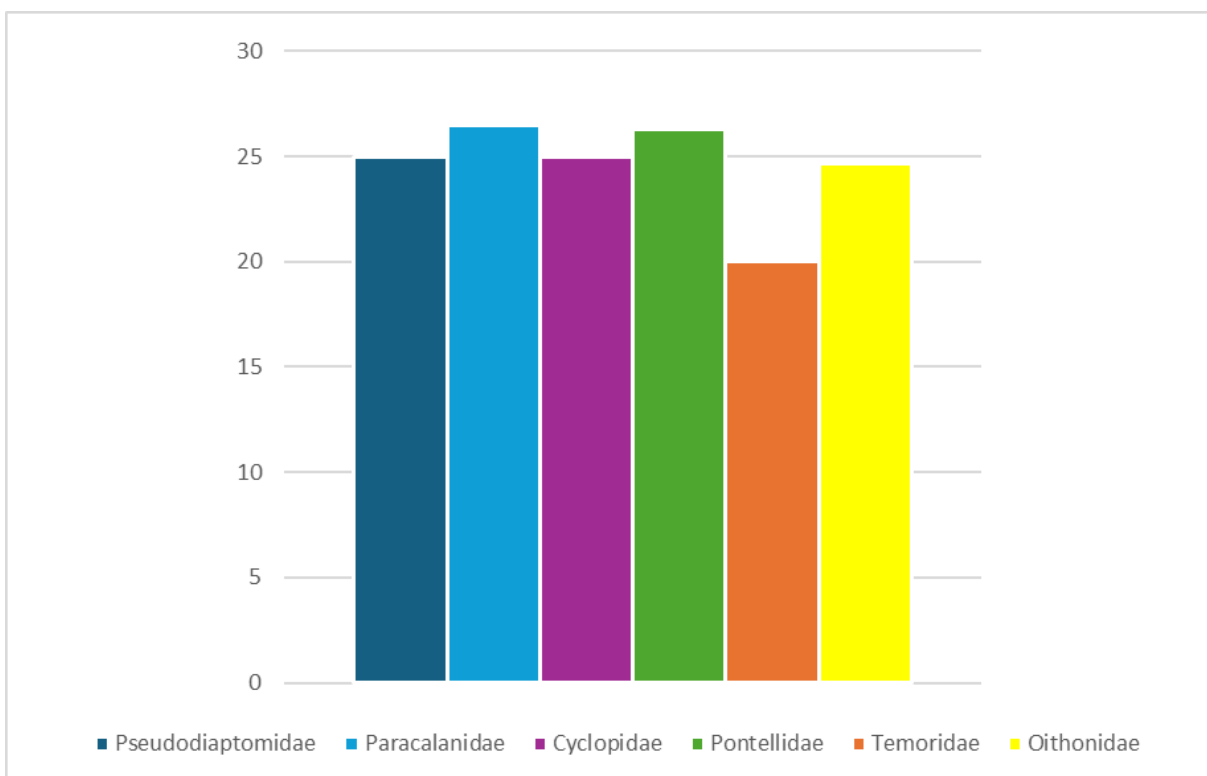


Gráfico 2. Percentual das famílias de náuplios com maior porcentagem de carcaças no Plâncton do Canal de Santa Cruz.

A mortalidade não predatória do zooplâncton é causada de forma natural por fatores ambientais como temperatura, salinidade e disponibilidade de alimento(Rodríguez, 2024), e pode ser influenciada também por partículas não naturais derivadas da ação antrópica(Li *et al.*, 2023) onde Kvale *et al.*, 2021 já registraram pastoreio de partículas de microplásticos e outros componentes que

afetam a mortalidade e, por sua vez a quantidade de carbono particulado em ecossistemas marinhos.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que a comunidade zooplanctônica é composta por uma diversidade significativa de organismos, com destaque para os copépodes, que representaram o grupo mais abundante e frequente nas amostras coletadas. Espécies como *Euterpina acutifrons*, *Paracalanus quasimodo* e *Acartia lilljeborgii* foram identificadas como dominantes, reforçando sua importância na dinâmica trófica e contribuição para o carbono particulado.

A análise das variáveis ambientais, como temperatura, pH e condutividade, mostrou que esses fatores não foram limitantes para a diversidade zooplanctônica, com valores estáveis ao longo do período de estudo. No entanto, a presença de microplásticos e outros contaminantes na região, deve ser investigada com maior precisão diante dos recentes resultados negativos das interações dessas partículas e suas consequências na mortalidade não-predatória e biologia dos organismos planctônicos.

A taxa de mortalidade não-predatória observada, principalmente entre as formas naupliares, foi significativa, indicando que esses organismos são mais suscetíveis a estresses ambientais, como a presença de sedimentos em suspensão e a poluição. A técnica de coloração com vermelho neutro mostrou-se eficaz para a avaliação da mortalidade zooplanctônica, permitindo a distinção entre organismos vivos e mortos e fornecendo dados importantes para a compreensão dos impactos antrópicos no ecossistema.

A distribuição espacial dos organismos zooplanctônicos ao longo do Canal de Santa Cruz refletiu a influência de diferentes condições ambientais, com maior abundância de copépodes em áreas de maior influência de água doce e maior presença de apendiculárias em áreas de maior influência marinha. Esses padrões de distribuição destacam a complexidade e a dinâmica do ecossistema estuarino, que é altamente influenciado por fatores abióticos e antrópicos.

Em conclusão, a comunidade zooplanctônica do Canal de Santa Cruz mostrou uma diversidade e composição semelhantes a outros estuários nordestinos, indicando que apesar da crescente urbanização nos arredores do ecossistema, a fauna zooplanctônica não foi amplamente afetada. A continuidade de estudos sobre a composição da fauna aquática e sua mortalidade não-predatória, bem como o desenvolvimento de métodos mais eficientes de monitoramento, são essenciais para a preservação dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos estuários. Além disso, políticas de manejo e conservação devem ser implementadas para mitigar os efeitos da poluição e da urbanização, garantindo a sustentabilidade desses ecossistemas.

7 REFERÊNCIAS

- ALEMANY-RODRÍGUEZ, E. A.; HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S. Non-predatory mortality assessment of zooplankton in Magdalena Bay, Mexico, during El Niño 2015. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 32, n. 6, p. 3227–3237, 11 jun. 2024.
- ALMEDA, R. et al. A protocol for lixiviation of micronized plastics for aquatic toxicity testing. **Chemosphere**, v. 333, p. 138894, ago. 2023.
- ALVES, Ravena Santiago et al. How does the tidal cycle influence the estuarine dynamics of microplastics?. **Marine Pollution Bulletin**, v. 211, p. 117471, 2025.
- ARENDRT, Kristine Engel et al. Effects of suspended sediments on copepods feeding in a glacial influenced sub-Arctic fjord. **Journal of Plankton Research**, v. 33, n. 10, p. 1526-1537, 2011.
- BAILY, J. E. et al. The fate of *Lernaeocera branchialis* (L.) (Crustacea; Copepoda) in Atlantic cod, *Gadus morhua* L. **Journal of Fish Diseases**, v. 34, n. 2, p. 139–147, 17 jan. 2011.
- BARBOSA, Francisco das Chagas Silva. Variação espaço-temporal de microplásticos nas águas superficiais de um estuário urbano no nordeste do Brasil. 2024.
- BEZERRA, M. A.; LUSTOSA, D. C. P.; NETO, M. A. A. F. Padrões hidrobiológicos como indicadores ambientais em águas afluentes e efluentes de viveiros de carcinicultura marinha no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 41, p. 75–85, set. 2016.
- BOTERO M. F. A. **Fluxo de carbono de zooplâncton e pelotas fecais coletados com armadilhas de sedimentação no sistema de ressurgência de Cabo Frio (RJ)**. Dissertação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.
- BOTTERELL, Z. L. R. et al. Microplastic ingestion in zooplankton from the Fram Strait in the Arctic. **Science of the Total Environment**, v. 831, p. 154886, 2022.
- BOXSHALL, G. A.; BRAVO, S. On the identity of the common *Caligus* (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae) from salmonid netpen systems in southern Chile. **Contributions to Zoology**, v. 69, n. 1-2, p. 137–146, 1 jan. 2000.
- BRANDÃO, M. C. et al. Macroscale patterns of oceanic zooplankton composition and size structure. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 3 ago. 2021.
- CAMARGO, Y. R. R. **Avaliação dos impactos ambientais de Projetos de pontes Rodoviárias no estuário do Rio Tramandaí, Sul do Brasil**. 2019.
- CARLOTTI F. Modelagem da dinâmica do zooplâncton. In: Manual de metodologia do zooplâncton do ICES. **Imprensa Acadêmica**, 2000, 571-667.

CARLOTTI, F.; SCIANDRA, A. Population dynamics model of *Euterpina acutifrons* (Copepoda, Harpacticoida) coupling individual growth and larval development. **Marine Ecology Progress Series**, v. 56, p. 225–242, 1989.

CHAZARRETA, J. et al. Tidal effects on short-term mesozooplankton distribution in small channels of a temperate-turbid estuary, Southwestern Atlantic. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 63, n. 2, p. 83-92, 2015.

CODINA, J. C. U. **O Zooplâncton associado aos máximos subsuperficiais de clorofila na Plataforma Continental sudeste do Brasil**. 2010. Tese de Doutorado. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. Ecossistemas marinhos: recifes, praias e manguezais. **Maceió: Edufal**, 2005.

CPRH» APA Estuarina do Canal de Santa Cruz. Disponível em: <[https://www2.cprh.pe.gov.br/uc/apa-estuarina-do-canal-de-santa-cruz/#:~:text=A%20APA%20\(%C3%81rea%20de%20Prote%C3%A7%C3%A3o,da%20Lei%20n%C2%BA%209.931%2F86.>](https://www2.cprh.pe.gov.br/uc/apa-estuarina-do-canal-de-santa-cruz/#:~:text=A%20APA%20(%C3%81rea%20de%20Prote%C3%A7%C3%A3o,da%20Lei%20n%C2%BA%209.931%2F86.>)>. Acesso em: 21 fev. 2025.

CRUZ, M. M. O.; LIRA, S. M. A.; MELO JÚNIOR, M. Zooplankton community and copepod carcasses and non-predatory mortality in six tropical estuarine systems (Northeast of Brazil). **Marine Ecology**, v. 44, n. 5, out. 2023.

DANNY et al. Lowered nutritional quality of plankton caused by global environmental changes. **Global Change Biology**, v. 27, n. 23, p. 6294–6306, 14 set. 2021.

DINIZ, L. P. et al. Environmental filter drives the taxonomic and functional β -diversity of zooplankton in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 848, n. 8, p. 1881–1895, 20 mar. 2021

DRESSEL, D. M.; HEINLE, D. R.; GROTE, M. C. Vital Staining to Sort Dead and Live Copepods. **Chesapeake Science**, v. 13, n. 2, p. 156–156, 1 jun. 1972.

ELLIOTT, D.; TANG, K. Simple staining method for differentiating live and dead marine zooplankton in field samples. **Limnology And Oceanography-Methods**, 2009.

ELLIOTT, M.; D.S. MCLUSKY. The Need for Definitions in Understanding Estuaries. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 55, n. 6, p. 815–827, 1 dez. 2002.

ESCHRIQUE, S. A. **Estudo do balanço biogeoquímico dos nutrientes dissolvidos principais como indicador da influência antrópica em sistemas estuarinos do Nordeste e Sudeste do Brasil**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERNANDEZ, M. A. **Classificação de imagens de plâncton usando múltiplas segmentações**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FIGUEIREDO, G. M.; VIANNA, T. M. P. Suspended microplastics in a highly polluted bay: Abundance, size, and availability for mesozooplankton. **Marine Pollution Bulletin**, v. 135, p. 256–265, out. 2018.

FREITAS, P.; LUIZ, S.; APARECIDA, C. Analysis of the Appendicularia class (subphylum Urochordata) as a possible tool for biomonitoring four estuaries of the tropical region. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, n. 11, 6 out. 2016.

GARCIA, T. M. et al. Plankton net mesh size influences the resultant diversity and abundance estimates of copepods in tropical oligotrophic ecosystems. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 249, p. 107083–107083, 10 nov. 2020.

GIRALDO, C. et al. Insights into planktonic food-web dynamics through the lens of size and season. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 1684, 2024.

GROSS MG, GROSS ER (1996) Oceanography, a View of Earth. Prentice Hall, 472 p. Hirst AG, Bunker AJ (2003) Growth of marine planktonic copepods: Global rates and patterns in relation to chlorophyll a, temperature, and body weight. **Limnol. Oceanogr.** 48(5): 1988-2010.

HEMMINGSSEN, W. et al. Caligus elongatus and other sea lice of the genus Caligus as parasites of farmed salmonids: A review. **Aquaculture**, v. 522, p. 735160–735160, 24 fev. 2020.

KIMMERER, W. J.; MCKINNON, A. D. Growth, mortality, and secondary production of the copepod *Acartia tranteri* in Westport Bay, Australia. **Limnology and Oceanography**, v. 32, n. 1, p. 14–28, jan. 1987.

LAM-HOAI, T.; GUIRAL, D.; ROUGIER, C. Seasonal change of community structure and size spectra of zooplankton in the Kaw River estuary (French Guiana). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 68, n. 1-2, p. 47-61, 2006.

LEITE, N. R; CAJUEIRO, L.; MARINHO, R. Distribuição temporal do mesozooplâncton no furo Muriá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 4, n. 2, p. 149–164, 24 ago. 2009.

LI, J.; XU, J.; JIANG, X. Urban runoff mortality syndrome in zooplankton caused by tire wear particles. **Environmental Pollution**, v. 329, p. 121721–121721, 26 abr. 2023.

LIRA, A. K; TEIXEIRA, S. F. Ictiofauna da praia de Jaguaribe, Itamaracá, Pernambuco. **Iheringia Série Zoologia**, v. 98, n. 4, p. 475–780, 1 dez. 2008.

LOLAIA, M. B. **Diversidade funcional e isotópica do microzooplâncton de uma região costeira tropical (Baía de Tamandaré, Pernambuco, Brasil), de 2013 a 2019.** 2023.

MAGALHÃES, A. et al. Variação temporal da composição, ocorrência e distribuição dos Copepoda (Crustacea) do estuário do Taperaçu, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 4, n. 2, p. 133–148, 2009.

MAGRIS, R. A.; FERNANDES, L. Loureiro. Levantamento preliminar das larvas de Porcellanidae (Decapoda, Anomura) do sistema estuarino dos rios Piraquê-açú e Piraquê-mirim, Aracruz, Espírito Santo. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 9, n. 1, p. 49-54, 2005.

MARTINELLI, E. **Variação temporal e crescimento do zooplâncton no litoral norte de São Paulo, com ênfase em estágios imaturos de copépodes**. Tese de Doutorado em Ciências – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2 dez. 2013.

MARTÍNEZ, S. Differential response of microbial plankton to nutrient inputs in oligotrophic versus mesotrophic waters of the North Atlantic. **Marine Biology Research**, 2025.

MARTINS, A. A. V.; COSTA, R. A. M.; PEREIRA, L. C. C. Distribuição espaço-temporal da comunidade zooplanctônica de uma lagoa costeira artificial na região amazônica, Bragança, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 1, n. 3, p. 103-111, 2006.

MEDEIROS, C. et al. **The Itamaracá estuarine ecosystem, Brazil. In: Coastal marine ecosystems of Latin America**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001. p. 71-81.

MENDES, H. E. P. S. **Avaliação da biomassa e produção secundária das apendiculárias (UROCHORDATA:APPENDICULARIA) na plataforma continental amazônica**. Monografia de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 2019.

MENEZES, B. S.; CARLOS, L.; FREIRE, A. S. Changes in the plankton community according to oceanographic variability in a shallow subtropical shelf: SW Atlantic. **Hydrobiologia**, v. 835, n. 1, p. 165–178, 20 mar. 2019.

MENGATTO, M. F.; NAGAI, R. H. A first assessment of microplastic abundance in sandy beach sediments of the Paranaguá Estuarine Complex, South Brazil (RAMSAR site). **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, p. 113530, 2022.

MONTAGNER, C. et al. MICROPLÁSTICOS: OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS. **Química Nova**, 2021.

MONTORY, J. A. et al. Early development and metabolic rate of the sea louse *Caligus rogercresseyi* under different scenarios of temperature and pCO₂. **Marine Environmental Research**, v. 162, p. 105154–105154, 24 set. 2020.

MOREIRA, F. T. **Subsídios para o zoneamento marinho do litoral norte do Estado de São Paulo: um estudo do sucesso do assentamento larval de**

decápodes costeiros. Dissertação de mestrado em Ciências Ambientais – Universidade de São Paulo, 2006. Universidade de São Paulo, 2006

NETO, J. et al. **Estuários. Rios de Portugal: comunidades, processos e alterações**, p. 381-421, 2019.

NOGUEIRA, M. et al. Diversity of gelatinous zooplankton (Cnidaria, Ctenophora, Chaetognatha and Tunicata) from a subtropical estuarine system, southeast Brazil. **Marine Biodiversity**, v. 49, p. 1283-1298, 2019.

PAIVA A.C.G ; COELHO, P. A.; FERNANDA, M. **Influência dos fatores abióticos sobre a macrofauna de substratos inconsolidados da zona entre-marés no Canal de Santa Cruz, Pernambuco, Brasil.** Repositorio.ufc.br, 2005.

PIELOU, E. C. The Latitudinal Spans of Seaweed Species and Their Patterns of Overlap. **Journal of Biogeography**, v. 4, n. 4, p. 299, dez. 1977.

PIONTKOVSKI, S. A.; CASTELLANI, C. Long-term declining trend of zooplankton biomass in the Tropical Atlantic. **Hydrobiologia**, v. 632, n. 1, p. 365–370, 7 jul. 2009.

SABRY, R. C. et al. **Monitoramento do Status Sanitário da Ostra Nativa Crassostrea gasar (Bivalvia: Ostreidae) do Estuário do Rio Jaguaribe, Ceará.** Conexões - Ciência e Tecnologia, v. 11, n. 6, p. 100–106, 29 dez. 2017.

SCHMOKER, C.; HERNÁNDEZ-LEÓN, S.; CALBET, A. Microzooplankton grazing in the oceans: impacts, data variability, knowledge gaps and future directions. **Journal of Plankton Research**, v. 35, n. 4, p. 691–706, 29 mar. 2013.

Schwamborn, R. The influence of mangroves on community structure and nutrition of macrozooplankton in northeast Brazil. **ZMT Contribution**, 4 , pp. 1-77. 1997.

SHANNON, C. E. A Mathematical Theory of Communication. **Bell System Technical Journal**, v. 27, n. 3, p. 379–423, 1 jul. 1948.

SILVA, L. **Sedimentologia do Canal de Santa Cruz - Ilha de Itamaracá - PE.** 2004. Dissertação de mestrado em Geociências – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, Pernambuco. 2004.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia dos sistemas de cultivo. Carcinicultura de Água Doce: Tecnologia para produção de camarões.** Brasília, IBAMA/FAPESP, p. 47-75, 1998.

TANG, K. W. et al. Zooplankton carcasses and non-predatory mortality in freshwater and inland sea environments. **Journal of Plankton Research**, v. 36, n. 3, p. 597–612, 28 fev. 2014.

TANG, K. W.; ELLIOTT, D. T. **Carcaças de copépodes: ocorrência, destino e importância ecológica. Copépodes: diversidade, habitat e comportamento**, p. 255-278, 2014.

TEH, N.; NONE, T. V.; TAN, A. Assessment of Temperature Effects on Early Larval Development Survival of Hatchery-reared Tropical Oyster, *Crassostrea iredalei*. **Tropical Life Sciences Research**, v. 27, n. Supp. 1, p. 111–116, 1 nov. 2016.

WILLIAMS, T. A. The Nauplius Larva of Crustaceans: Functional Diversity and the Phylotypic Stage. **American Zoologist**, v. 34, n. 4, p. 562–569, ago. 1994.

ZARONI, M. **Zooplâncton Como Bioindicador da Qualidade Ambiental em Dois Estuários Brasileiros: Um Levantamento Bibliográfico**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto (Portugal).

ZHAO, S. et al. Review on migration, transformation and ecological impacts of microplastics in soil. **Applied Soil Ecology**, v. 176, p. 104486–104486, 7 abr. 2022.