



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Biologia Marinha, Aquática e Costeira

Culminação de Estudos II

Relatório do Trabalho de Investigação

**CARACTERIZAÇÃO SAZONAL DO ZOOPLÂNCTON AO LONGO DO  
GRADIENTE SALINO NO ESTUÁRIO DE INCOMÁTI**

**Autora:**

Yolanda Marta António Mata



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Biologia Marinha, Aquática e Costeira

Culminação de Estudos II

Relatório do Trabalho de Investigação

**CARACTERIZAÇÃO SAZONAL DO ZOOPLÂNCTON AO LONGO DO  
GRADIENTE SALINO NO ESTUÁRIO DE INCOMÁTI**

**Autora:** Mata, Yolanda Marta António

**Supervisor:** Prof. Doutor Adriano Macia

**Co-Supervisor:** Lic. Torres Taimo

Maputo, Setembro 2024

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradecer a Deus pelo dom da vida, pelas infinitas bênçãos e misericórdia que tem tido por mim.

A minha mãe, Isilda Chiau, pelas orações, amor, suporte e força que me dá e transmite.

Agradecer aos meus irmãos, Nikita Chiau e Raimundo Mata, meus companheiros de vida, meus mentores por toda a dedicação e amor.

A Universidade Eduardo Mondlane pela oportunidade e Apoio.

Ao projecto Environmental Flows for enhanced Biodiversity and Poverty alleviation in the Incomati delta, Mozambique (EFlows-Moz), financiador responsável pela realização deste trabalho.

Ao meu supervisor Prof. Doutor Adriano Macia pela paciência, dedicação, envolvimento e ensinamentos, que foram cruciais para chegar ao nível em que me encontro hoje.

Agradecer igualmente ao meu Co-supervisor Lic. Torres Taimo pelas longas horas dedicadas ao acompanhamento e monitoramento nos trabalhos de campo, orientação nos processos laboratoriais e dicas para a elaboração deste relatório de pesquisa.

Aos Lic. Maurício Lipassula e Sabina Manhique, responsáveis pelo Laboratório de Ecologia Marinha e Aquática do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Eduardo Mondlane, pelo apoio que me foi dado durante a fase laboratorial.

Aos meus colegas e amigos Lic. Silvio Caetano e Anária Nhangumbe, pelo companheirismo, risos e apoio laboratorial.

A Mestre Mariamo Parruque, Lic Arlindo Massingue, Auria Hermes Tivane, Lic. Shirley Bosco, Francisca Dique, Neidy Leonel e Gercia Gonçalves, vocês fizeram o meu DCB.

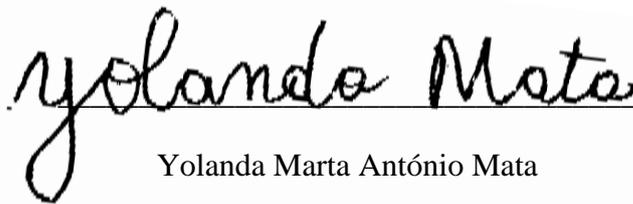
E por fim, porém não menos importante, as minhas amigas Ângela Dos Santos, Anatercia Macuacua e Lia Macamo pela amizade incondicional.

Muito obrigado.

## **Declaração de honra**

Declaro por minha honra que este trabalho final de curso de Licenciatura em Biologia Marinha Aquática e Costeira, nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer nível, ele é fruto da minha investigação. Não se recorreu a quaisquer outras fontes, para além das indicadas neste trabalho.

Maputo, Setembro 2024



Yolanda Marta António Mata

## **Dedicatória**

Ao meu pai, António Mata, que em vida fez de tudo e mais um pouco para que nada nos faltasse e ao meu avô, Júlio Chiau, dedico este trabalho.

## **Resumo**

O zooplâncton é uma comunidade de organismos na sua maioria de seres invertebrados com tamanho microscópico e que desempenham um importante papel nos diversos sistemas aquáticos, dentre eles, os estuários, que são ambientes dinâmicos com grandes flutuações em suas condições ambientais. Este trabalho teve como objectivo analisar sazonalmente a composição específica, abundância e distribuição do zooplâncton no Estuário de Incomáti, considerando as variações nas marés (alta e baixa) ao longo do gradiente salino.

As amostragens foram realizadas em Setembro de 2021 (época seca) e Fevereiro de 2022 (época chuvosa), em 10 pontos da boca do estuário a montante. Em cada ponto foram colhidas três réplicas, através de uma rede de plâncton de 68 µm de abertura de malha, a salinidade foi medida no local de amostragem com o auxílio de um refractómetro. Para a identificação de espécies e determinação da densidade de zooplâncton, a análise quantitativa foi feita através do método de contagem, após a amostra ter sido deixada em repouso em câmaras de sedimentação de 40 ml por 24 horas e foram observados os indivíduos em microscópio invertido. Os resultados indicaram que, na época seca, a salinidade variou de 36 ppm na boca do estuário a 3 ppm a montante, enquanto na época chuvosa, a salinidade foi mais irregular, com variação de 35 a 2 ppm. Foram identificadas cerca de 110 espécies de zooplâncton, sendo 50% copépodes. A distribuição de espécies não apresentou diferenças significativas entre as épocas, embora algumas espécies fossem exclusivas de cada período. Os crustáceos dominaram totalmente o estuário de Incomáti, representando cerca de 90% de organismos amostrados em ambas épocas, enquanto outros grupos, como Cilióforos e Rotíferos representaram ambos abaixo de 5% de indivíduos. A abundância média foi maior na época chuvosa, com 7111 indivíduos, subdivididos em 10 grupos sendo os Platelmines e os Tunicados grupos exclusivos, enquanto que a época seca contou com 2930 indivíduos dos quais os foraminíferos os Equinodermes foram exclusivos. Variações sazonais foram claramente verificadas na abundância relativa, reduzindo o número de indivíduos de cada grupo de uma época para outra. Sazonalmente, o índice de diversidade de Shannon-Wiener foi maior na época seca, com uma distribuição mais equilibradas espécies, enquanto que na época chuvosa a diversidade reduziu, reflectindo uma comunidade zooplanctonica menos diversa.

**Palavras-chave: Estuário do Incomáti, Salinidade, variação sazonal, Zooplâncton.**

## Lista de abreviaturas e acrónimos

UEM	Universidade Eduardo Mondlane
DCB	Departamento de ciências Biológicas
BMAC	Biologia Marinha Aquática e Costeira
H0	Hipótese nula
H1	Hipótese alternativa
M	Metro
ml	Mililitros
mm	Milímetro
m <sup>2</sup> /s	Metros quadrados por segundo
Ppm	Partes por milhões
Km	Quilómetro
Mg	Miligramma
L	Litros
P	Ponto amostral
WORMS	World Register of Marine Species
E'	Índice de equitabilidade de jacard
H'	Índice de Shannon
P	Nível de significância estatístico
(ind/l)	Indivíduos por litro
ln.pi	Logaritmo natural de

## Lista de figuras

Figura 1: Localização geográfica do estuário do rio Incomáti. ....	13
Figura 2: Variação da Salinidade de (ppm) nos pontos amostrados ao longo do estuário de Incomati na época seca .....	18
Figura 3: Variação da Salinidade de (ppm) nos pontos amostrados ao longo do estuário de Incomati na época Chuvosa.....	19
Figura 4: Variação da abundância média (N) do zooplâncton o longo dos pontos amostrados no estuário de Incomati na época seca .....	31
Figura 5: Variação da abundância média (N) do zooplâncton o longo dos pontos amostrados no estuário de Incomati na época chuvosa .....	31
Figura 6: Variação média da densidade (ind/ml-l) do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem do estuário de Incomáti, nas duas marés da época seca.....	31
Figura 7: Variação média da densidade (ind/ml-l) do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem do estuário de Incomáti, nas duas marés da época Chuvosa.....	31
Figura 8: Gráfico de comparação estatística do Índice de diversidade de Shannon entre marés usando o teste T no estuário do Incomáti nas épocas seca e chuvosa.....	31
Figura 9: Abundância percentual do zooplâncton por grupo taxonómico no estuário do Incomáti na época chuvosa.....	46
Figura 10: Abundância percentual do zooplâncton por grupo taxonómico no estuário do Incomáti na época seca.....	46

## Lista de tabelas

Tabela 1: Abundância média dos maiores grupos taxonômicos de zooplâncton no estuário de Incomáti na época seca. ....	22
Tabela 2: Abundância média dos maiores grupos taxonômicos de zooplâncton no estuário de Incomáti na época chuvosa.....	23
Tabela 3: Índices de diversidade de shannon-wiener e equitabilidade de Jacard no estuário de Incomti durante maré alta da época seca. ....	26
Tabela 4: Índices de diversidade de shannon-wiener e equitabilidade de Jacard no estuário de Incomti durante a maré baixa da época seca. ....	296
Tabela 5: Índices de diversidade de shannon-wiener e equitabilidade de Jacard no estuário de Incomti durante a maré alta da época chuvosa. ....	297
Tabela 6: Índices de diversidade de shannon-wiener e equitabilidade de Jacard no estuário de Incomti durante maré baixa da época chuvosa. ....	307
Tabela 7: Espécies zooplactonicas do estuário de Incomáti durante a época seca e chuvosa ao longo de um gradiente salino dos pontos amostrados. ....	42
Tabela 8: resultado do teste T para a abundância media total na época seca e chuvosa.	47
Tabela 9: Correlação estatística da densidade (ind/l) e salinidade entre marés usando o Teste de Spearman no estuário do Incomáti na época seca.....	47
Tabela 10: Correlação estatística da densidade (ind/l) e salinidade entre marés usando o Teste de Spearman no estuário do Incomáti na época chuvos.....	47
Tabela 11: resultado do teste T para o Índice de Shannon na época seca e chuvosa. ....	48

## Índice

Agradecimentos .....	i
Declaração de honra.....	ii
Dedicatória.....	iii
Lista de abreviaturas e acrónimos.....	v
Lista de figuras.....	vi
1. Introdução.....	4
1.1. Problema.....	5
1.2. Justificativa.....	6
2. Objectivos.....	7
2.1. Objectivo Geral .....	7
2.2. Específicos .....	7
3. Hipóteses .....	8
4. Revisão bibliográfica.....	9
4.1. Ecossistema estuarino .....	9
4.2. Classificação do Estuário .....	10
4.3. Limites de um estuário .....	11
4.4. Limite a Montante .....	11
4.5. Limite a Jusante.....	11
4.6. Pressões Antropogénicas.....	11
4.7. Plâncton.....	12
4.7.1. Comunidade zooplactónica.....	12
5. Área de estudo .....	15
6. Material e Metodologia .....	17
6.1. Materiais de campo .....	17
6.2. Materiais Laboratorial .....	17

6.3. Metodologia .....	17
6.3.1. Amostragem.....	18
6.3.2. Salinidade e Temperatura .....	18
6.3.3. Identificação de zooplâncton .....	18
7. Análise de dados .....	19
7.1. Abundância média do zooplâncton em cada ponto de amostragem ao longo do estuário do Incomáti .....	19
7.2. Abundância do zooplâncton por grupo taxonómico no estuário do Incomáti..	19
7.3. Densidade média de zooplâncton em função do gradiente de salinidade. ....	19
7.4. Índices de diversidade e equitabilidade de espécies na maré alta e baixa nas épocas secas e chuvosa.....	19
7.5. Análise estatística dos dados .....	20
8. Resultados.....	21
8.1. Variação da salinidade ao longo do gradiente salino no estuário de Incomáti	21
8.2. Composição específica do zooplâncton no estuário do rio Incomáti .....	22
8.3. Abundância média do zooplâncton em cada ponto de amostragem ao longo do estuário do Incomáti .....	22
8.4. Abundância do zooplâncton por grupo taxonómico no estuário do Incomáti..	24
8.5. Densidade média do zooplâncton em função do gradiente de salinidade. ....	26
8.6. Índices de diversidade de diversidade e de equitabilidade de espécies na maré alta e baixa das épocas secas e chuvosa.....	28
8.7. Variação sazonal dos índices de diversidade no estuário do Incomáti. ....	30
9. Discussão .....	32
9.1. Variação Da Salinidade Ao Longo Do Gradiente Salino No Estuário De Incomáti	32
9.2. Composição Específica .....	33
9.3. Abundância média (N) do zooplâncton em cada ponto de amostragem ao longo do estuário do Incomáti .....	34

9.4. Densidade média do zooplâncton em função do gradiente de salinidade .....	35
9.5. Índices de diversidade e de equitabilidade de espécies na maré alta e baixa das épocas secas e chuvosa.....	36
10. Conclusão .....	37
11. Limitações .....	38
12. Recomendação.....	38
13. Referências bibliográficas .....	39
14. Apêndices .....	45

## 1. Introdução

Os estuários são corpos de água costeiros que se encontram na zona de confluência do rio com o mar, onde a salinidade se dilui gradualmente, as oscilações ambientais diárias e sazonais podem variar de forma bastante drástica, influenciando na produtividade destes ecossistemas (Neto *et al.*, 2019). Por serem ambientes de transição aquática, apenas um número restrito de espécies bem-adaptadas se consegue apresentar de forma numerosa (James *et al.*, 2007). A interação entre a maré e os caudais fluviais que ocorrem particularmente no estuário, resulta em gradientes espaciais de salinidade que afectam a distribuição das diferentes comunidades biológicas, dentre elas a comunidade zooplânctonica. (Rodrigues *et al.*, 2011).

Em Moçambique, os estuários são as principais vias de transferência de água doce, sedimento, nutrientes e poluentes da região continental para o Oceano Índico (Bowers *et al.*, 2004). Sendo um país a jusante, Moçambique é vulnerável a esses efeitos caracterizados principalmente pela redução dos caudais do rio e pela entrada de poluentes nos estuários (Hoguane, 2002). Moçambique compartilha a maior parte das suas bacias hidrográficas com países vizinhos e um dos exemplos das bacias compartilhadas é rio Incomáti, que está entre Moçambique, Suazilândia e África do Sul (Vassale, 2004).

O rio Incomáti possui uma confluência com a baía de Maputo, criando dessa forma o estuário de Incomáti que se estende a 20 Km a montante do rio, como resultado da interação entre o rio e o mar. Nesta interação, uma parte das águas do mar sobe ao rio durante a enchente da maré e durante a vazante ocorre o contrário, criando assim um gradiente de salinidade no meio estuarino (Halo, 2004).

Assim como nos demais ambientes aquáticos, no estuário de Incomati, encontra-se uma comunidade diversificada de zooplâncton, que é um dos grupos chave na compreensão da estrutura dos ecossistemas por responder rapidamente às alterações abióticas, especialmente em ambientes impactados e também por adquirir a energia dos produtores primários e transferi-la para os níveis tróficos subsequentes. A comunidade zooplânctónica é definida como o conjunto de protistas e animais (metazoários) não fotossintéticos, geralmente microscópicos, que variam desde formas unicelulares até pequenos vertebrados (Bonecker *et al.*, 2002).

A comunidade zooplânctónica é caracterizada por possuir baixa capacidade de natação e preferir ambientes lênticos, sendo esses ambientes mais favoráveis ao desenvolvimento e crescimento das populações da maioria das espécies (Aoyagui e Bonecker, 2004). A sua

estrutura é altamente diversa em termos de tamanho dos organismos, sua dieta, seu modo de alimentação e seu comportamento. Cada organismo tem um diferente efeito sobre fluxo de matéria (Raybaud *et al.*, 2008).

O padrão de variação sazonal de salinidade define a variação sazonal da comunidade zooplânctônica (Pereira e Camargo, 2004), assim como a diversidade funcional e estrutural, podem ser alterados mediante a influência dos pulsos de inundação, onde a comunidade pode passar por flutuações temporais e espaciais, se tornando assim indicadores das alterações naturais ou antrópicas nos ecossistemas aquáticos (José *et al.*, 2002). Desta forma, poderão ocorrer deslocamentos longitudinais dos grupos de organismos, associadas às variações das condições sazonais (Attrill e Rundle, 2003).

O presente trabalho tem como principal objectivo analisar sazonalmente a composição específica, abundância e distribuição do zooplâncton no Estuário de Incomáti, considerando as variações nas marés (alta e baixa) ao longo do gradiente salino.

### **1.1. Problema**

Pouco se sabe sobre o plâncton das águas moçambicanas e não há nenhum estudo sobre o plâncton no estuário de Incomáti. Os estudos mais remotos realizados na Baía de Maputo focam principalmente sobre aspectos gerais de taxonomia de microplâncton marinho (microalgas e foraminíferos) como é o caso do estudo de Silva (1956; 1960) e Braga (1960), que apresentam uma contribuição importante para o conhecimento deste grupo em Moçambique.

Gove e Cuamba (1989), fizeram observações preliminares sobre a variação sazonal do plâncton na Ilha do Inhaca. Este estudo foi baseado em colheitas de zooplâncton e de fitoplâncton, usando rede de 10 $\mu$ m, uma abertura de malha mais fina em relação aos organismos zooplânctônicos, capaz de reter organismos maiores que o tamanho da malha e obstruir o fluxo de água resultando em amostras não representativas, pode ainda danificar os organismos afectando a precisão dos dados. Questões estas que vieram a ser ultrapassadas no estudo sazonal do zooplâncton feito por Paula *et al.* (1998), onde usou-se 60  $\mu$ m de malha, tamanho mais adequado para capturar a maioria dos organismos zooplânctônicos sem causar danos significativos.

Apesar desta informação existente, ainda não se fez qualquer estudo sobre a composição e abundância do zooplâncton ao longo de um gradiente salino no Estuário de Incomáti. Daí que surge a necessidade de responder a seguinte pergunta: haverá alguma diferença sazonal na

composição específica, distribuição espacial e abundância do zooplâncton ao longo do gradiente de salinidade da boca do estuário de Incomati a montante?

## **1.2. Justificativa**

O estudo da variação sazonal da composição e abundância da comunidade zooplanctônica ao longo do gradiente salino em um ambiente estuarino (como é o caso do estuário de Incomati), revela-se necessário, porque fornece informações valiosas sobre a saúde e a dinâmica do ecossistema estuarino, sobre a caracterização e previsão de alterações ambientais, sejam elas induzidas ou naturais, e também porque as mudanças nas comunidades zooplanctônicas ocasionam modificações significativas estruturais em todos os níveis tróficos do ecossistema aquático (Brandini *et al.*, 1997).

Indirectamente, a densidade zooplanctônica pode fornecer informações fundamentais da produção pesqueira e dos ciclos biogeoquímicos, sendo um indicativo da disponibilidade de alimento para peixes e a saúde do ecossistema pesqueiro e podendo afectar o ciclo de nutrientes e o transporte de carbono pela influência do equilíbrio ambiental e o clima global (Sato *et al.*, 2015). Além disso, estudos dessa natureza contribuem para um melhor entendimento das inter-relações do zooplâncton com o meio, servindo também como base para estimativa da produtividade dos ambientes estuarinos. (Santanna e Tundisi, 1996).

No entanto, poucos trabalhos foram até então desenvolvidos nestes ecossistemas, podendo citar-se os trabalhos realizados por alguns autores na ilha do Inhaca e na Baía de Maputo, dentre os quais Gove e Cuamba (1989), Paula *et.al.* (1998); Sardinha, (2019); e Araújo, (2020).

Nessa perspectiva, o presente estudo pretende contribuir para o aumento do conhecimento científico sobre a comunidade zooplanctónica no estuário de Incomati e em Moçambique no geral, com o principal enfoque para a variação sazonal, a sua composição específica, diversidade e abundância ao longo de um gradiente salino.

## **2. Objectivos**

### **2.1. Objectivo Geral**

- Analisar sazonalmente a composição específica, abundância e distribuição do zooplâncton no Estuário de Incomáti., considerando as variações nas marés (alta e baixa) ao longo do gradiente salino.

### **2.2. Específicos**

- Determinar as variações da salinidade ao longo do gradiente salino no estuário de Incomáti nas épocas seca e chuvosa;
- Identificar a composição específica do zooplâncton presente no estuário de Incomáti;
- Estimar a abundância e a densidade do zooplâncton ao longo do gradiente salino no estuário;
- Comparar a abundância e distribuição espacial do zooplâncton em diferentes gradientes de salinidade;
- Determinar os índices de diversidade específica em diferentes gradientes de salinidade em ambas épocas.

### 3. Hipóteses

Os padrões de variabilidade identificados por Leandro (2008), em estudo com zooplâncton sugerem uma resposta rápida do zooplâncton à variação das condições ambientais, nomeadamente, as condições de circulação e termo-halinas. Deste modo, é expectável uma variação sazonal da distribuição das populações de zooplâncton ao longo do rio em resposta às alterações das condições ambientais.

**H0:** A composição específica, distribuição espacial e abundância do zooplâncton é similar ao longo de todo o gradiente salino do estuário de Incomáti nas duas épocas do ano.

**H1:** A sazonalidade e a salinidade constituem factores determinantes na composição específica distribuição, abundância e densidade do zooplâncton por isso será diferente ao longo de todo o gradiente salino do estuário de Incomáti nas duas épocas do ano.

## **4. Revisão bibliográfica**

### **4.1. Ecossistema estuarino**

Os estuários são corpos de água costeira, semi-fechados, que possuem livre conexão com o mar aberto, dentro dos quais a água do mar é diluída com a água doce originária da drenagem continental. São ambientes de transição física e biológica entre o continente, água dos rios e do oceano (Chowdhury *et al.*, 2009).

Ambientes estuarinos são dinâmicos, apresentam grandes flutuações em suas condições ambientais (James *et al.*, 2007). Trata-se de ecossistemas susceptíveis a influências da salinidade da geomorfologia do corpo estuarino e também dos padrões de circulação regional, além da amplitude, ciclo e correntes de maré (Miranda *et al.*, 2004).

Apresentam uma grande variedade de habitats como mangais, pântanos de água doce e salgada, praias estuarinas e planícies de maré, o que permite que diversos organismos utilizem os estuários em diferentes estágios de seus ciclos de vida. Estes organismos estuarinos apresentam em seus ciclos de vida, padrões sazonais de crescimento, reprodução e abundância (Miranda *et al.*, 2002; Maes *et al.*, 2004).

Em condições naturais, os estuários são biologicamente mais produtivos que os rios e os oceanos adjacentes por apresentarem elevadas concentrações de nutrientes que estimulam a produção primária, secundária e alta complexidade ecológica, (Miranda *et al.*, 2002). A sua abundante e diversificada comunidade e capacidade de renovação periódica de suas águas, faz destes ecossistemas locais onde ocorrem intensas transformações da matéria orgânica, representando um importante elo entre os ecossistemas fluviais e marinhos (Braga *et al.*, 2000).

O confronto das massas de água fluvial e marinha dentro do estuário, dita a salinidade devido aos fenômenos de difusão, mistura mecânica das substâncias que carregam e permite a ocorrência no processo de agregação de outras partículas que transportam. Os gradientes físicos e químicos dos estuários dependem em grande parte do caudal de água doce descarregada pelo leito do rio, da própria morfologia do leito junto a foz da bacia hidrográfica e da evaporação da superfície (Cunha, 2008). A circulação hidráulica gerada pelos dois primeiros factores são determinantes para a dispersão horizontal das partículas transportadas em suspensão (incluindo a salinidade) gerando estuários homogêneos ou parcialmente misturados, quando a descarga da água doce é consideravelmente superior a maré (Neto *et al.*, 2019).

A salinidade está entre os mais importantes factores ambientais com potencial para influenciar significativamente as comunidades de organismos estuarinos (Gonçalves, 2011). Assim as flutuações da salinidade, sobretudo devido a sazonalidade desempenham um importante papel ecológico no controle da composição e distribuição das espécies estuarinas, assim sendo, apenas algumas espécies tem o potencial de tolerar variações ambientais bruscas (Savenije, 2006).

Muitos factores como no caso da topografia, fluxo dos rios e a acção das marés, influenciam na proporção da extensão da mistura do sal e da água fresca proveniente dos rios, o que permite que os estuários sejam classificados de acordo com os parâmetros a usar (George, 1967).

#### **4.2. Classificação do Estuário**

O estuário é caracterizado como uma reentrância da linha de costa para o continente, onde a água doce de um rio se mistura à água salgada do oceano. Nesse ambiente há uma fusão estuarina: a água salgada entra no estuário por baixo da água fluvial, isto é, a água proveniente dos rios; esta, por sua vez, sai em direcção ao mar. No movimento ocasionado pelas marés, essas águas revelam a "fusão" estuarina.

As características de mistura dessas duas águas, a fluvial e a marinha, podem definir os tipos de estuários:

- Cunha salina: o estuário apresenta altos níveis de estratificação, ou seja, águas com diferentes níveis de salinidade, por exemplo, uma massa de água mais salina em baixo de outra menos salina, estabelecendo assim os diferentes estratos. Esse tipo de estuário também possui baixíssimo nível de mistura. É perceptível uma camada de água doce em cima e uma camada de água salgada em baixo.
- Parcialmente misturado: há mistura de água salgada com a água doce, mas ainda há um pouco de estratificação no sistema.
- Bem misturado: a água doce é completamente misturada à água salgada. O estuário apresenta um gradiente de água menos salina para mais salina conforme se aproxima do oceano.

### **4.3. Limites de um estuário**

Atendendo a distribuição média da salinidade ao longo do percurso descendente, temos mais a montante a zona fluvial (rio, conhecida por alguns autores como zona limnética), com uma salinidade característica inferior a 0.5, a zona holigohalina (topo do estuário), onde os valores das salinidade oscilam entre 0.5 a 5, zona mesohalina (secção superior do estuário), com salinidades a variarem entre os 5 e os 18, a zona polihalina (secções medias e inferiores do estuário), com variações entre 18 e os 25 na secção média e os 25 aos 30 na secção inferior, e mais a jusante na zona euhalina (barra) com a salinidade a registrar valores superiores a 30 (Neto, 2019).

### **4.4. Limite a Montante**

O limite de montante de um estuário é pouco importante em uma vez que, de qualquer modo, o estuário é o destino final da generalidade dos produtos transportados pelo rio. Em estuários sujeitos a maré, esta é normalmente sentida alguns quilómetros a montante da penetração salina gerando um escoamento alternado nesta zona, com tempos de residência que dependem do caudal do rio e da morfologia do canal (Gomes *et al.*, 2000).

### **4.5. Limite a Jusante**

O limite de jusante do estuário deverá incluir a zona da mistura cuja água tem grande probabilidade de voltar a entrar no estuário durante a enchente. Estas regiões são facilmente identificáveis através da circulação, mas dificilmente através das propriedades da água. Admitindo o tempo de residência como um factor importante para a definição dos limites do estuário, espera-se que o limite a jusante se localize entre o limite de propagação da maré dinâmica e o limite de propagação da maré salina (Macedo *et al.*, 2000). No entanto, em termos de acumulação de poluentes, o limite a jusante poderia ser o limite da penetração da água salgada (Gomes *et al.*, 2000).

### **4.6. Pressões Antropogénicas**

Nos estuários, como referido anteriormente, as condições ambientais são muito peculiares e adversas, o que torna este ecossistema altamente vulnerável em casos de alterações abruptas em alguns dos seus compartimentos (Patrício *et al.*, 2007).

As áreas estuarinas vêm sofrendo uma forte agressão ambiental, devido a uma exploração não racionalizada, seja por exploração pesqueira, derruba de mangais, poluição por detritos agroindústrias ou domésticos, aterros, turismo ou especulação imobiliária. Em muitos casos,

os estuários são locais próximos das actividades humanas, devida as grandes concentrações dos centros urbanos (Macedo *et al.*, 2000).

#### **4.7. Plâncton**

O plâncton é grupo de organismos microscópicos cujo poder de deslocamento é insuficiente para vencer a dinâmica das massas de água e correntes em ambientes aquáticos (Raybaud *et al.*, 2008). Fazem parte desse grupo fitoplâncton (algas microscópicas e os protistas fotossintetizantes formados por uma única célula ou organizados em colônia) e o zooplâncton (animais e protistas não fotossintetizantes), (Bonecker *et al.*, 2002).

##### **4.7.1. Comunidade zooplactônica**

O Zooplâncton é a comunidade de organismos, exclusivamente heterotróficos, e de diferentes categorias taxonómicas, que tem capacidade muito baixa ou quase nula de locomoção, de tal forma que a sua distribuição está relacionada com o movimento das águas que habitam e não por sua própria motilidade (Ruppert *et al.*, 2005).

Entretanto, apesar de muitas vezes definidos como organismos de pouca mobilidade, diversos organismos do zooplâncton, como microcrustáceos, podem se mover extensivamente (Rohner *et al.*, 2015). Sendo assim, estes organismos possuem uma heterogeneidade tanto espacial quanto temporal em função das condições do ambiente, e não são aleatoriamente distribuídos como poderia se pensar devido ao significado do termo plâncton (Tavares, 2001).

O Zooplâncton é composto por organismos microscópicos que desempenham um importante papel nos diversos sistemas aquáticos, representando o principal elo de transferência de energia na cadeia alimentar (Araújo e Lucas, 2003). É constituído, no geral, por vários tipos de organismos com ciclo de vida curto e rápida reposta as mudanças climáticas (temperatura, vento), concentrações de nutrientes, salinidade, pH, entre outros (Ruppert *et al.*, 2005).

O zooplâncton divide-se em dois grandes grupos: o microplâncton, quando assume a forma de plâncton apenas na sua fase larval e o holoplâncton, quando assume a forma de plâncton em todo o seu ciclo de vida (Ruppert *et al.*, 2005). A fauna holoplânctônica é dominada por pequenos copépodes embora a maioria dos grupos taxonómicos presentes na região nerítica possam ser encontradas nos estuários, especialmente se toleram as salinidades elevadas (Tavares, 2001). Quanto ao seu habitat podem ser haliplâncton quando habitam nos mais diversificados ambientes marinhos ou limnoplâncton quando habitam apenas na água doce (Morales, 2007).

O zooplâncton de águas estuarinas é constituído, basicamente, de copépodes da ordem calanoida e ciclopoida (hwang *et al.*, 2010), sendo as famílias Arcatidae, Paracalinidae e Oithonidae as dominantes (Chong, 2010). Porém, os ovos e as larvas, representadas principalmente por crustácea, molusca e poliqueta, também são componentes importantes, especialmente na primavera e no verão (Youn e Choi, 2008).

Vários géneros de copépodes são característicos de estuários de diferentes partes do mundo. *Acartia* e *Oithona* estão entre os géneros mais importantes nos estuários tropicais e subtropicais, enquanto a área da boca dos estuários é usualmente ocupada por espécies marinhas eurahalinas de *paracalanus*, *Centropages*, *Oithona*, *Temora*, *pseudocalanus* e muitos *Harpacticoida*, incluindo *Ruterpuna* e *Harpacticus* (Magalhães, 2014).

A fauna plactónica de estuários é composta, principalmente por espécies pertencentes aos grupos protozoa, cnidarioia, ascheleminthes, mollusca, anelidae, crustacea (copepoda, perracarida e decapoda, principalmente), echinodeermata, chaetognatha e chordata (hwang *et al.*, 2010) Decapoda cuja soma pode, por exemplo, representar mais de 70 por cento de organismos macrozooplactónicos no estuário (Melo, 2005).

O Zooplâncton nos estuários, ao contrário do que ocorre nos oceanos é limitado por 2 factores, a turbidez, que pode limitar a produção do fitoplâncton (Gianesella *et al.*, 2000) com consequências para o zooplâncton devido ao comprometimento na disponibilidade de alimento e as correntes, especialmente em estuários de pouca profundidade (Hsieh *et al.*, 2010).

Alterações na estrutura e composição do zooplâncton podem causar grandes modificações em todos os níveis tróficos (Miller, 2004). Devido ao seu carácter bastante dinâmico, com taxas elevadas de reprodução, os organismos zooplactónicos respondem rapidamente as alterações físicas e químicas do meio aquático, estabelecendo assim complexas relações intra e interespecíficas na competição e na utilização do espaço e dos recursos (Anacleto e Gomes, 2006). Além disso actuam na ciclagem de matéria e de energia de um ambiente para o outro (Longhurst e Pauly, 2007). Desta forma, as alterações na comunidade zooplactónica têm consequências na distribuição e abundância, repercutindo directamente na produção (Miller, 2004). Associações zooplactónicas têm um papel central nos ecossistemas estuarinos. O zooplâncton consome proporções variáveis de fitoplâncton, podendo controlar o crescimento das populações de algas durante certos períodos do ano (Rohner *et al.*, 2015).

A actividade alimentar do zooplâncton é importante para a ciclagem de nutrientes inorgânicos em águas salobras, através da excreção de diversas formas de nitrogénio e fósforo (Lindley *et al.*, 2010). Além disto, os organismos zooplanctónicos constituem os principais itens da dieta de muitos carnívoros estuarinos, incluindo uma série de espécies de peixes de interesse económico (Rohner *et al.*, 2015).

Entretanto, o zooplâncton pode também contribuir de forma directa para a ala microbiana com a produção de matéria orgânica a partir da alimentação supérflua (vargas *et al.*, 2007), excreção (Roman *et al.*, 1988), produção de pelotas fecais (Moller *et al.*, 2003) organismos mortos (Tang *et al.*, 2002), neve marinha e enxovias (Simon *et al.*, 2002).

## 5. Área de estudo

A pesquisa foi conduzida no Estuário de Incomáti, situado no sudeste da África, ao norte da Baía de Maputo, entre as latitudes 24°00' S e 26°30' S e longitudes 29 300 E e 33 150 E, abrangendo aproximadamente 30 km de extensão, 1.5 km de largura e uma profundidade média de 10 m (Figura 1). A bacia do rio Incomáti, com uma área total de 46.426 km<sup>2</sup>, dos quais 28.745 km<sup>2</sup> está em Moçambique, contribui para o estabelecimento do estuário de Incomati (Hoguane e António, 2016).

A descarga do rio varia de 200-400 m<sup>3</sup>/s, totalizando cerca de 700-1000 m<sup>3</sup>/s durante a estação chuvosa (Novembro a Março) e a estação seca ou inverno (junho a agosto) respectivamente (Tauacale *et al.*, 2007).

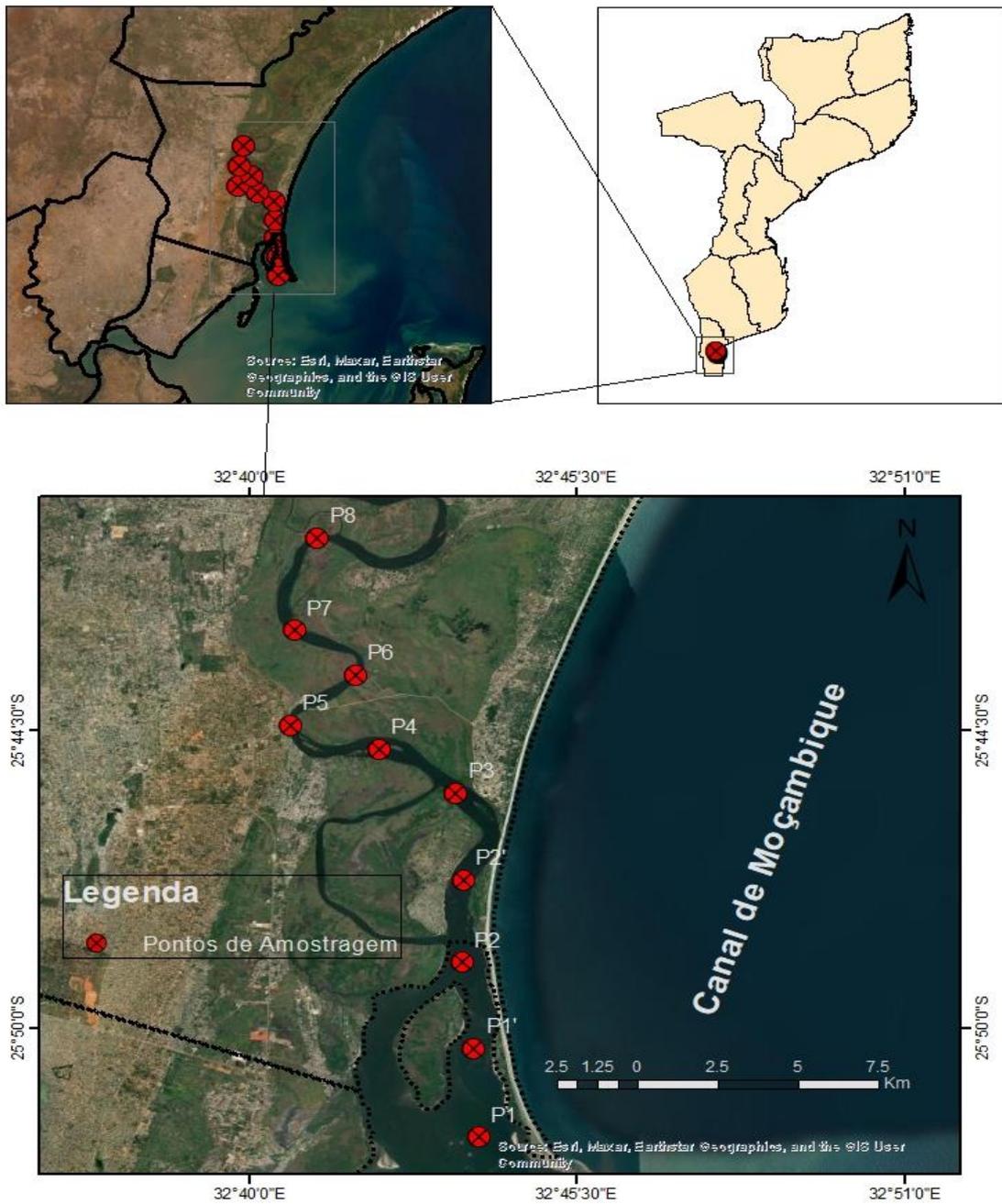
A morfologia do estuário do Incomáti é caracterizada por meandros, ilhas e bancos de areia, todos circundados por mangais. As marés são semidiurnas, com amplitudes de 0.5 a 3.5 m durante as marés vivas e mortas respectivamente (Huguane *et al.*, 2002).

A profundidade do estuário de Incomáti é geralmente baixa, atingindo aproximadamente 6 m como profundidade média. A conformação geométrica assume uma diminuição exponencial na largura e área de secção transversal da boca para a montante, sendo modelada geometricamente como um triângulo (Cossa, 2001).

O rio Incomáti, compartilhado por Moçambique, República Essuatíni e a África do Sul, é vital para a drenagem na Baía de Maputo. A presença de várias barragens do lado sul-africano que retêm água para irrigação, contribui para a ameaça de intrusão salina no estuário (Espada, 2014). O caudal médio do rio varia de 200-400 mm<sup>3</sup>, correspondendo a um escoamento anual de cerca de 700-1000 mm<sup>3</sup> (Hoguane *et al.*, 2002).

Os pontos de amostragem foram distribuídos em 10 locais distintos ao longo do estuário, cobrindo aproximadamente 30km da jusante a montante, o mapa abaixo (Figura 1) ilustra a localização desses pontos de amostragem, os quais permitiram a análise de variação sazonal e espacial das condições ambientais no estuário de Incomáti.

## Localização Geográfica do Estuário do Rio Incomáti



**Figura 1:** Localização geográfica do estuário do rio Incomáti. Fonte: ArcGis, adaptado por Yolanda Mata, 2023.

## **6. Material e Metodologia**

Este estudo foi conduzido no estuário do rio Incomáti, onde foram realizadas amostragens de zooplâncton e dos parâmetros ambientais como salinidade, durante as épocas seca e chuvosa.

### **6.1. Materiais de campo**

- Coletes salva-vida;
- Barco a motor;
- GPS (Global System Position)
- Rede de plâncton de 68  $\mu\text{m}$ ;
- Colector de água de 10 litros;
- Frascos de 500 ml;
- Formol 4%;
- Etiquetas de papel adesivo;
- Esferográficas;
- Caixa térmica
- Salinómetro 211;
- Bloco de notas.

### **6.2. Materiais Laboratorial**

- Máscaras
- Luvas de latex
- Conta-gotas
- Câmaras de sedimentação
- Microscópio invertido Nikon TMS
- Manuais de identificação taxonómicas físicos e eletrónicos (citados nas referências)
- Esferográficas; e
- Bloco de anotações.

### **6.3. Metodologia**

Este estudo foi conduzido no estuário do rio Incomáti, onde foram realizadas amostragens de zooplâncton e dos parâmetros ambientais como salinidade, durante as épocas seca e chuvosa.

### **6.3.1. Amostragem**

A amostragem realizou-se nas estações seca, no mês de Setembro de 2021 e chuvosa, no mês de Fevereiro de 2022, durante a maré alta e baixa. Os pontos de amostragem foram definidos seguindo um gradiente salino horizontal, desde a jusante até a montante do estuário de Incomati (Figura 1). A colecta de amostras foi feita em 10 pontos que distavam 3 km um do outro, perfazendo um total de 30 km. Com o barco em repouso, foram colectadas amostras de água em três pontos distintos, cada uma com um volume de 10 litros. Para cada amostra, foram utilizadas três replicas de 10 litros cada. A água de cada replica foi então filtrada através de uma rede de plâncton com malha de 68  $\mu\text{m}$ . Todas amostras foram depois fixadas e preservadas em formaldeído tamponado a 4% e conservadas em uma caixa térmica.

### **6.3.2. Salinidade e Temperatura**

Para a medição da salinidade, foi colectada em cada ponto de amostragem, água da subsuperfície (0,1 m) com auxílio de um colector de água de 10L e preservadas em garrafas de 2 litros. Usando um salinómetro (refractómetro), mediu-se a salinidade das amostras colectadas e anotou-se em um bloco de notas. A temperatura foi medida através de uma sonda multiparamétrica (Hanna) mergulhando o sensor na água e a leitura gravada a partir do aparelho.

### **6.3.3. Identificação de zooplâncton**

As amostras foram transportadas para o Laboratório de Ecologia do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Eduardo Mondlane, onde foi feito o processo de identificação e contagem do zooplâncton.

Em laboratório, para o processo de contagem, as amostras foram sedimentadas em duas câmaras de 40 ml (para cada réplica) durante um período de 24hrs, de seguida, as câmaras foram colocadas em um microscópio invertido com ampliação de 400x para a identificação e contagem do zooplâncton. A identificação e classificação ao menor nível taxonómico foi possível através do uso das referências bibliográficas taxonómicas disponíveis em formato físico e electrónico. Para a contagem, foi aplicado o método de campos aleatórios, descrito por Uehlinger (1964), que consiste em definir campos aleatoriamente para alcançar o maior número de indivíduos da espécie mais abundantes.

## **7. Análise de dados**

Os dados colectados foram organizados e tratados por meio de estatística descritiva no Microsoft Excel 2013, para obter as médias, erro-padrão e desvio padrão da salinidade e da biomassa do zooplâncton, em cada ponto ao longo do gradiente de salinidade.

### **7.1. Abundância média do zooplâncton em cada ponto de amostragem ao longo do estuário do Incomáti**

Para a estimação da abundância relativa, foi utilizado o método de contagem de indivíduos em cada transecto das câmaras de sedimentação de cada réplica. De seguida, foram calculados as médias e o erro-padrão no Microsoft excel 2013.

Segundo Lund *et al.* (1958), o método de contagem adoptado para a contagem de zooplâncton no estuário de Incomáti permite trabalhar com intervalos de confiança de +/- 20% da média, a um nível de significância de 95%.

Para a frequência de ocorrência das espécies foi utilizado o seguinte critério de classificação: ausente, presente e presente em ambos.

### **7.2. Abundância do zooplâncton por grupo taxonómico no estuário do Incomáti**

Abundância de cada grupo foi calculada através do somatório do número de espécies pertencentes ao mesmo grupo taxonómico, considerando as replicas em coletadas em cada ponto de amostragem.

### **7.3. Densidade média de zooplâncton em função do gradiente de salinidade.**

O cálculo da densidade de zooplâncton, expresso em número de indivíduos por mililitros (ind.ml), foi feita a partir do cálculo de indivíduos existentes em toda a câmara de sedimentação, utilizando-se a fórmula de Lopes *et al.* (1998):  $p = \frac{N.in}{v}$ .

Onde: p=densidade, N.in=número total de indivíduos, V= volume filtrado

### **7.4. Índices de diversidade e equitabilidade de espécies na maré alta e baixa nas épocas secas e chuvosa**

Foi calculado o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e a equitabilidade de Pielou (J) (Zar, 1984), utilizando-se a matriz de dados brutos de abundância de cada táxon, e introduzidos nos softwares Ecological Methodology 7.4 e Graphpad prism 10. Os valores considerados para esse índice estão compreendidos entre 0 e 1, e > 0,5 indica boa distribuição dos indivíduos entre as espécies. (Braz *et al.*,2017).

**Índice de diversidade Shannon:**  $H' = -\sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$

Onde:

$p_i$  = número de indivíduos de cada espécie dividida pelo número total da amostra

$\ln$  = logaritmo natural

### **7.5. Análise estatística dos dados**

Para avaliar a relação entre a densidade média do zooplâncton e o gradiente salino no estuário de Incomáti, realizou-se o teste de correlação de Spearman a partir do Microsoft Excel 2013.

Usando o programa estatístico Graphpad prism 10, fez-se o teste-t para comparar a abundância e a diversidade da comunidade zooplanctónica em diferentes marés de cada época no estuário de Incomáti.

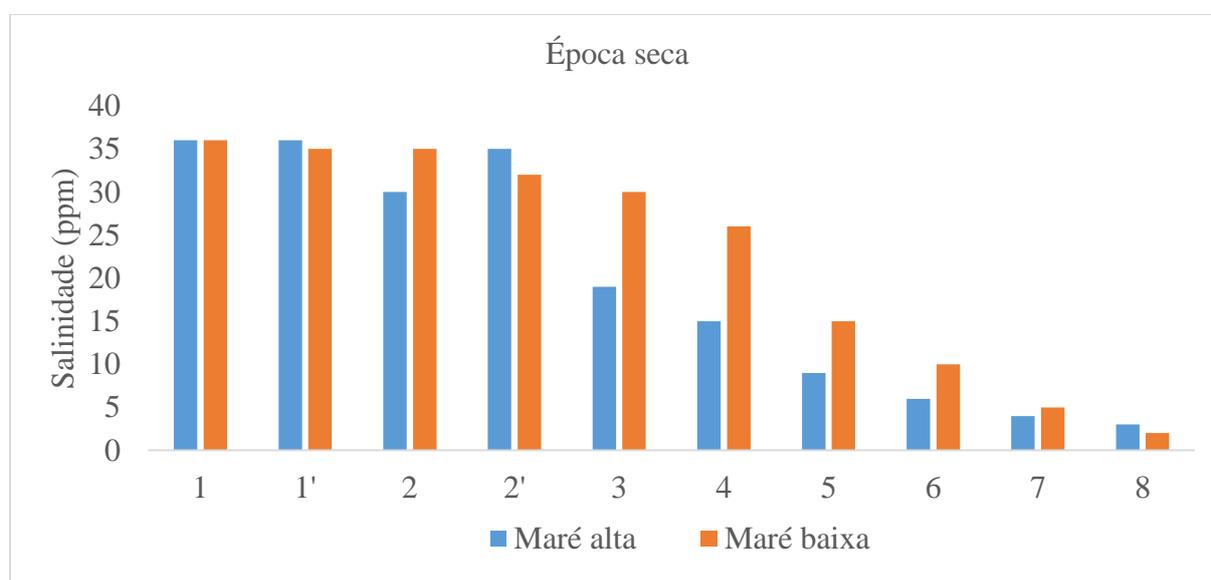
Para o teste das hipóteses foi usado o nível de significância de 5%.

## 8. Resultados

### 8.1. Variação da salinidade ao longo do gradiente salino no estuário de Incomáti

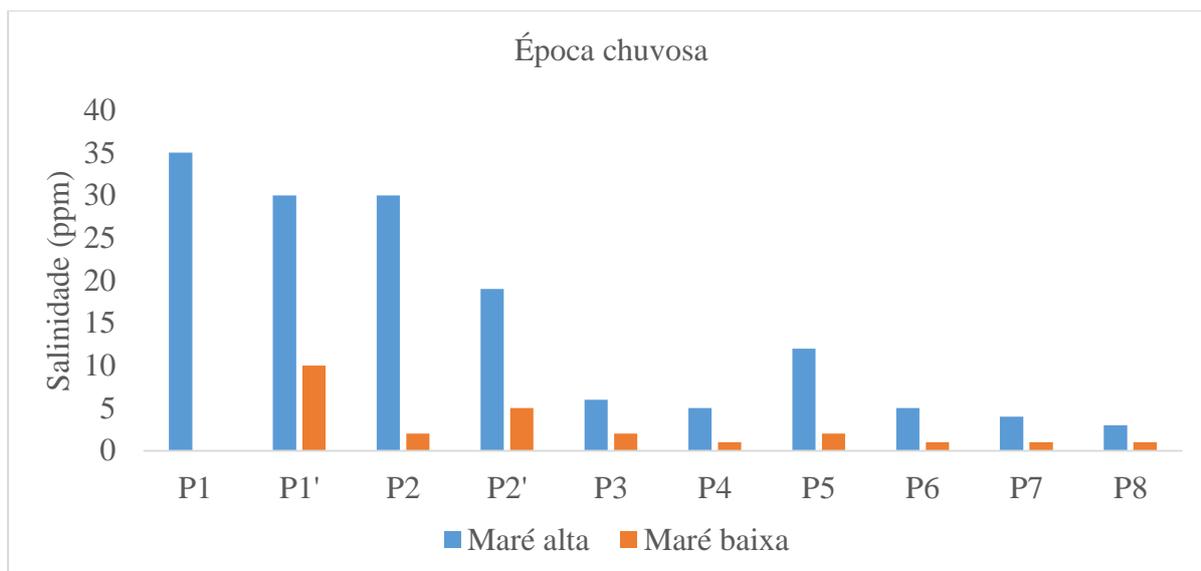
Os gráficos (figura 2 e 3) abaixo, mostram como a salinidade muda em diferentes pontos do estuário durante as épocas seca e chuvosa. De forma geral a salinidade diminui à medida que se move a montante (do P1 ao P8). Durante a época seca, os valores são mais altos e estáveis, enquanto na época chuvosa, os níveis de salinidade são mais baixos.

Na época seca, (figura 2), os valores da salinidade tanto na maré alta bem como na maré baixa, apresentaram valores altos no ponto 1 e valores baixos no ponto 8 com 36ppm e 2 a 3 ppm respectivamente.



**Figura 2:** Valores de salinidade (ppm) em função dos pontos amostrados durante a época seca.

Na época chuvosa (Figura 3), a salinidade, durante a maré alta foi maior no ponto 1 (a jusante do estuário) com 35 ppm e menor no P8(a montante) com 3 ppm. Na maré baixa, o maior valor de salinidade registou-se no ponto 1', com 10 ppm e o valor mais baixo de salinidade registou-se nos Pontos 6, 7 e 8 com 1 ppm respectivamente.



**Figura 3:** Valores de salinidade (ppm) em função dos pontos amostrados durante a época chuvosa.

### 8.2. Composição específica do zooplâncton no estuário do rio Incomáti

Foram identificadas 105 espécies distribuídas em 10 grupos taxonômicos, dentre os quais, mais de 50% dos (Figuras 8 e 9, em apêndices) indivíduos são crustáceos pertencentes ao grupo dos copépodes. Géneros como *Calanoides sp*, *Cyclopoida sp* e *Alpheus sp* foram os mais abundantes em ambas épocas estudadas e ao longo do gradiente salino.

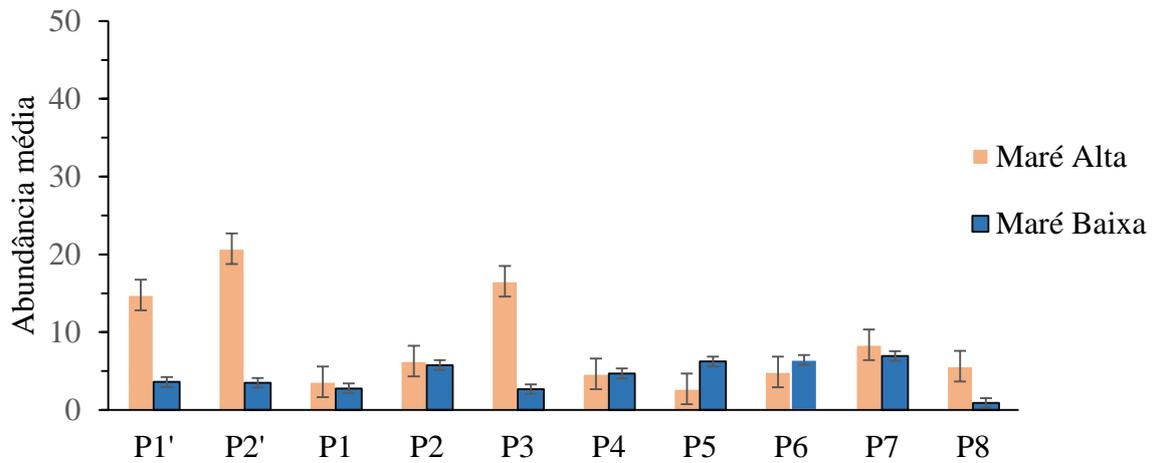
Os cnidários, moluscos, platelmintes e tunicados registraram uma presença bastante limitada ao longo dos pontos de amostragem, constituindo menos de 1% do zooplâncton total em ambas épocas.

A época seca apresentou maior número de espécies em relação a época chuvosa com 87 e 42 espécies respectivamente, dos quais 63 espécies foram exclusivas da época seca, 08 exclusivas da época chuvosa e 34 espécies foram identificadas em ambas épocas (apêndices, tabela 10).

### 8.3. Abundância média do zooplâncton em cada ponto de amostragem ao longo do estuário do Incomáti

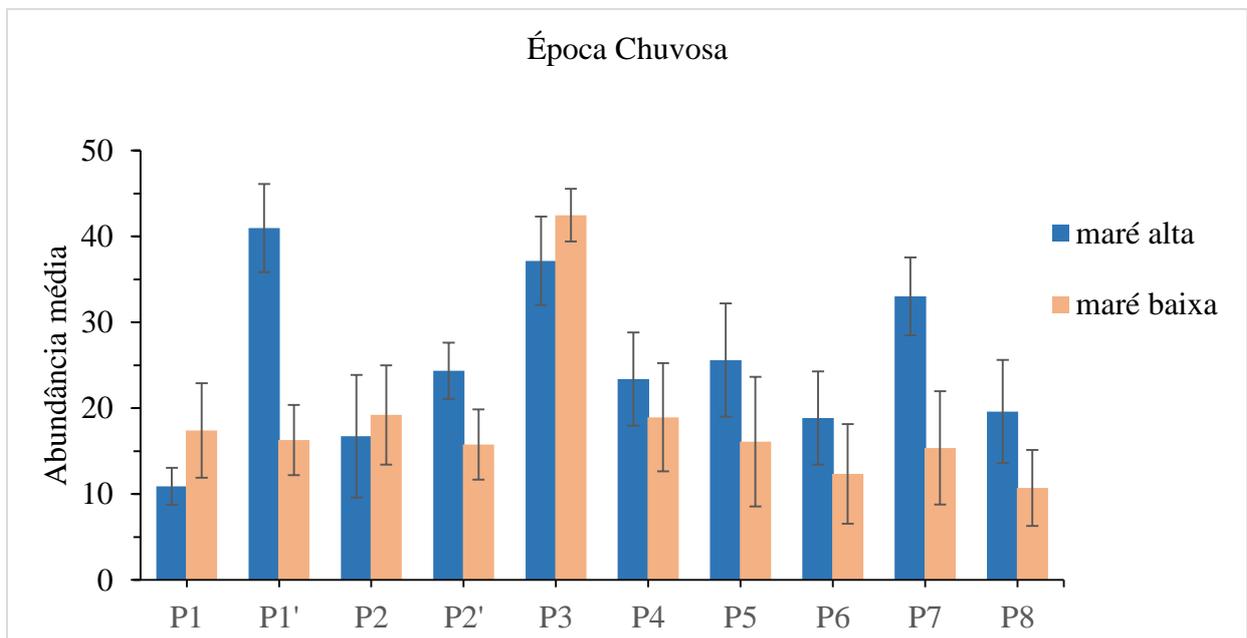
A maior abundância média (média  $\pm$  erro padrão) de zooplâncton na maré alta da época seca, foi observada no P2' com  $23 \pm 1.78$  indivíduos e a menor no P5 com  $3 \pm 0.54$  indivíduos e na maré baixa, a maior abundância média registou-se no P7 com  $8 \pm 1,65$  indivíduos e no P8 a menor com  $1 \pm 0.23$  indivíduos de abundância média (Figura 4).

### Época seca



**Figura 4:** Abundância média (N) do zooplâncton na época seca.

Na maré alta da época chuvosa, verificou-se maior abundância média no P1' com  $40.98 \pm 3.654$  e menor no P1 com  $10.925 \pm 0.54$ . Na maré baixa, o valor mais alto de abundância média foi observado no P3 com  $42.49 \pm 3.055$  e o menor no P8 com  $10 \pm 4.42$  (Figura 5).



**Figura 5:** Abundância média (N) do zooplâncton na época chuvosa.

#### **8.4. Abundância do zooplâncton por grupo taxonômico no estuário do Incomati**

O zooplâncton foi totalmente dominado por crustáceos, que para além de apresentarem o maior número de espécies, tiveram as maiores abundâncias de espécies. Os crustáceos representaram em média cerca de 90 % de organismos amostrados tanto na época seca quanto na época chuvosa (Figura 8 e 9, em apêndices). Nota-se um gradiente crescente deste grupo com redução de salinidade na maré alta da época chuvosa e um gradiente inverso na maré baixa.

Os Cnidários e os Moluscos foram os grupos menos abundantes registados, constituindo, no geral, menos de 1% do zooplâncton total nos diferentes pontos do estuário em ambas épocas.

A época seca contou com um total de 2930 indivíduos, divididos em 10 grupos dos quais os Foraminíferos e os Equinodermes foram registados exclusivamente nesta época (tabela 1).

O subfilo crustáceo apresentou o maior número de indivíduos com 1178 na maré alta e 1292 na maré baixa. Os Equinodermes por sua vez registaram o menor número de indivíduos, com apenas 1 indivíduo observado na maré baixa (Tabela 1). Há um gradiente inverso de abundância de crustáceos na época seca, decrescendo com a redução da salinidade.

**Tabela 1:** Abundância média dos maiores grupos taxonômicos de zooplâncton na época seca.

Pontos Grupos	1	1'	2	2'	2	3	4	5	6	7	8	Total
	Crustaceos	175	108	144	188	144	127	88	58	122	94	72
161		135	118	159	118	103	151	157	132	98	75	1292
Poliquetas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Foraminiferos	8	2	1	0	1	0	0	0	0	0	1	12
	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	4
Ciliophora	11	19	7	13	7	10	0	0	0	0	0	60
	18	19	35	7	35	5	3	5	0	0	0	92
Equinodermes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Moluscos	6	8	2	9	2	0	0	0	2	2	0	31
	0	0	9	10	9	3	20	5	5	2	0	54
insecta	0	10	7	3	7	0	0	0	0	0	0	30
	0	8	5	7	0	5	3	5	0	0	0	33
Peixes	2	2	2	2	2	0	1	0	0	0	1	10
	3	1	3	2	3	1	1	0	0	0	1	12
Rotíferos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	0	0	8	18	17	13	19	33	108
Cnidiarios	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	3
	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
<b>Total</b>	415	333	362	412	362	274	285	247	274	215	189	2930
Marés	Baixa											
	Alta											

A época chuvosa (tabela 2), contou com um total de 7111 indivíduos, dos quais 4710 indivíduos eram crustáceos. Os Platelminthes e os Tunicados foram observados exclusivamente nessa época em um número reduzido, sendo 34 Platelminthes e 2 Tunicados.

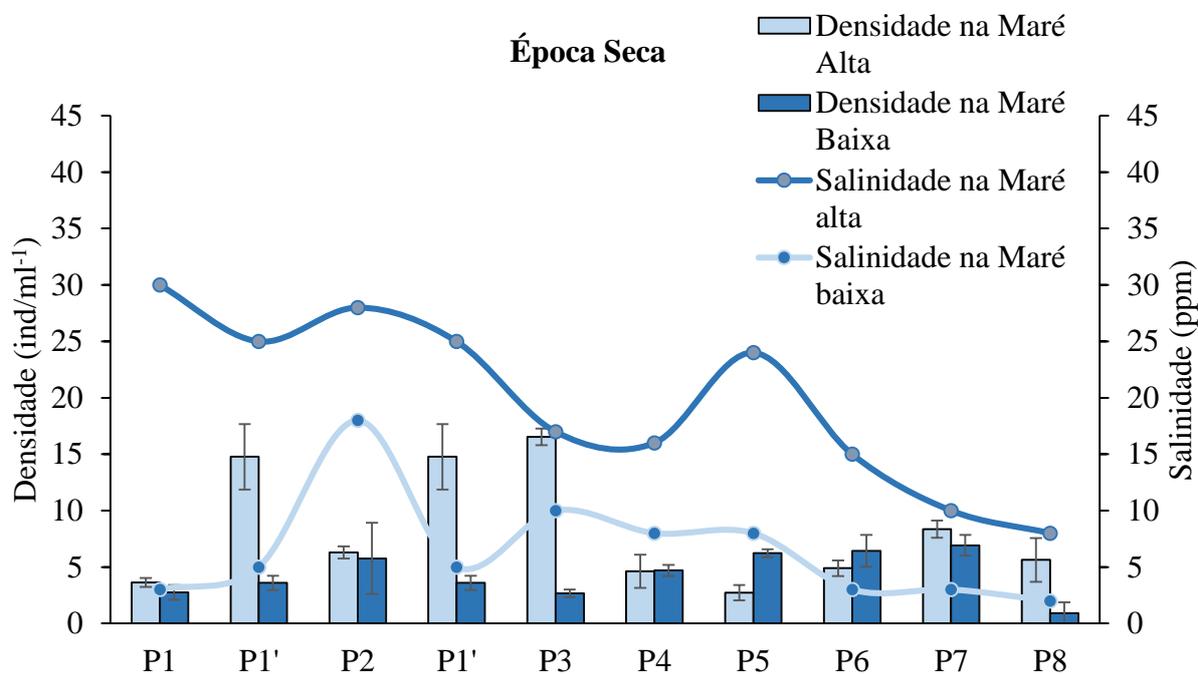
**Tabela 2:** Abundância média dos grupos taxonómicos de zooplâncton na época chuvosa.

Pontos Grupos	1	1'	2	2'	3	4	5	6	7	8	Total
	Crustáceos	245	598	434	846	673	665	472	212	330	226
170		63	141	106	113	187	374	238	338	278	2008
Insecta	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	6
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Platelmintes	0	11	2	1	0	0	0	0	0	0	14
	4	0	15	1	0	0	0	0	0	0	20
Rotíferos	4	17	3	11	3	13	0	6	0	1	58
	5	1	0	0	2	3	13	4	4	10	42
Poliquetas	4	11	2	14	11	4	0	0	0	2	48
	2	1	2	1	6	2	0	0	1	0	15
Moluscos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Ciliophora	18	3	32	0	0	0	0	0	0	0	53
	0	0	3	6	1	0	0	0	0	0	10
Peixe	0	0	0	7	17	21	0	15	0	0	60
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tunicados	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnidarios	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	282	642	473	879	704	704	472	233	330	229	4948
	185	70	163	122	128	201	397	249	351	286	2163
Marés	Baixa										
	Alta										

### 8.5.Densidade média do zooplâncton em função do gradiente de salinidade.

A figura 6 mostra os resultados da densidade na época seca, onde no geral, registou-se maiores valores de densidade média na maré alta em quase todo o gradiente de salinidade. O pico da densidade média foi registado no ponto 2' com 21,243 ind/ml<sup>-1</sup> cuja salinidade era de 18 ppm.

Quanto mais próximo da região a montante, mais baixa era a densidade média de organismos e mais baixa era a salinidade da água, até ao último ponto (P8) que apresentou menor número de densidade média tanto na maré alta (5 ind/ml<sup>-1</sup>) quanto na maré baixa (0,876 ind/ml<sup>-1</sup>).

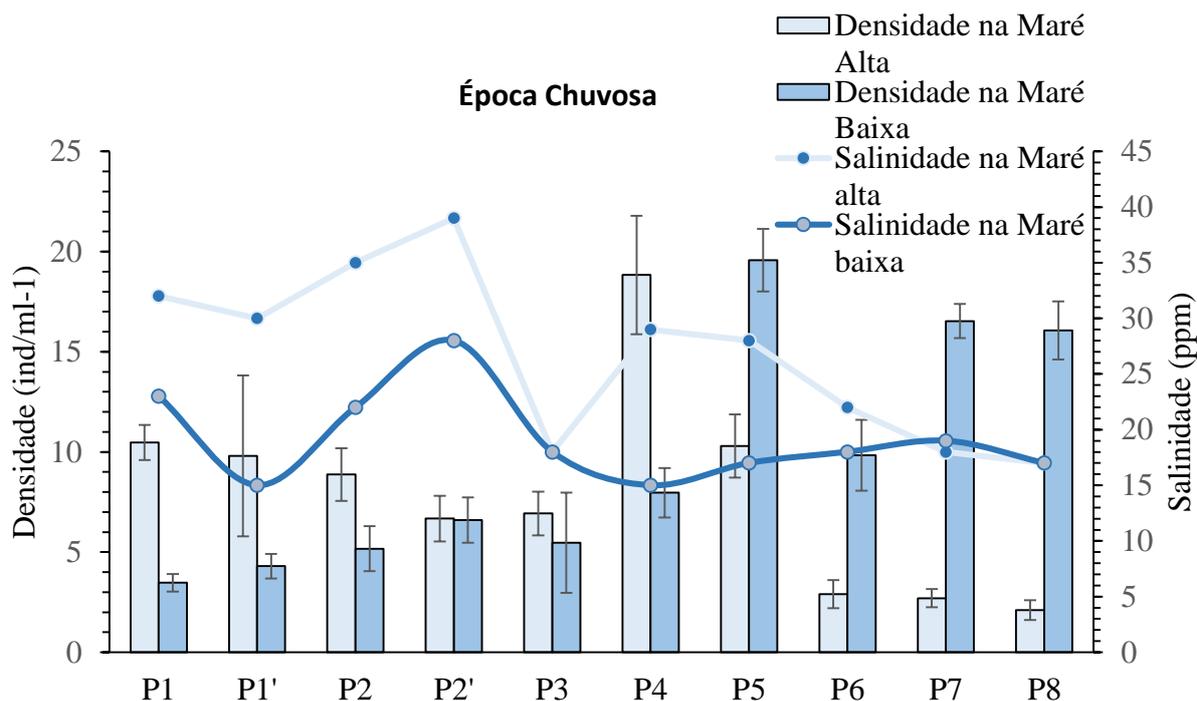


**Figura 6:** Variação média da densidade (ind/ml<sup>-1</sup>) do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem, nas duas marés durante a época seca.

Estatisticamente, foi observada uma correlação positiva fraca entre a densidade média e a salinidade entre as duas marés (alta e baixa). (tabela a 9, em anexo).

Na época chuvosa (figura 7), os valores mais altos de densidade média foram registados no P4 da maré alta com 18,83 ind/ml<sup>-1</sup>, cuja salinidade era de 29 ppm e no P5 da maré baixa com 19,566 ind/ml<sup>-1</sup> com valor de salinidade de 17 ppm. Os valores mais baixos de densidade foram registados no P8 da maré alta, com 2,1 ind/ml<sup>-1</sup> (salinidade de 17 ppm) e no P1 da maré baixa com 4,3 ind/ml<sup>-1</sup> e 15 ppm de Salinidade.

Diferente da época seca, na época chuvosa, quanto mais próximo da região a montante, mais alta era a densidade média de organismos e mais baixa era a salinidade da água, até ao último ponto.



**Figura 7:** Variação média da densidade do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem, nas duas marés, durante a época chuvosa.

Estatisticamente, foi observada uma correlação negativa forte entre a densidade média e a salinidade da maré baixa e correlação negativa fraca entre a densidade média e a salinidade da maré alta. Tabela a 10, em anexo.

### 8.6. Índices de diversidade de diversidade e de equitabilidade de espécies na maré alta e baixa das épocas secas e chuvosa

A diversidade e equitabilidade foram calculadas ponto a ponto em ambas épocas estudadas (tabelas 3, 4, 5 e 6). De uma forma geral é notória em ambas épocas a redução da diversidade ao longo dos pontos, quanto mais próximos do montante, mais reduzida era a diversidade de espécies no estuário.

Na época seca, o maior índice de diversidade de Shannon-Wiener foi observado no P 1' com 4.721 bits.ind<sup>-1</sup> e o menor valor de 2.28 bits.ind<sup>-1</sup> no P8 na maré alta (Tabela 3). Na maré baixa (Tabela 4), o maior índice de diversidade foi 3.221 bits.ind<sup>-1</sup> no P1 e o menor foi 0.257 bits.ind no P5.

Quanto à equitabilidade, o valor máximo na maré alta foi de 0.876 no P3 e o mínimo foi de 0.267 no P1'. Na maré baixa o máximo foi de 0.826 no P2 e o mínimo de 0.365 no P1.

**Tabela 3:** Índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitabilidade de Pielou (J') durante a maré alta da época seca.

	Ponto 1	Ponto 1'	Ponto 2	Ponto 2'	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
H'	3.833	4.721	3.65	4.356	2.595	3.999	3.324	3.365	3.098	2.287
J'	0.554	0.267	0.632	0.360	0.876	0.463	0.556	0.413	0.567	0.826

**Tabela 4:** Índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitabilidade de Pielou (J') de Plâncton durante a maré baixa da época seca.

	Ponto 1	Ponto 1'	Ponto 2	Ponto 2'	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
H'	3.221	3.127	1.784	3.001	2.042	1.524	0.257	2.459	1.037	1.116
E'	0.365	0.467	0.826	0.465	0.697	0.743	0.521	0.441	0.772	0.714

Os resultados nas tabelas 5 e 6 abaixo, ilustram que no período chuvoso houve uma grande redução na diversidade de espécies em comparação com a época seca.

Na maré alta, da época chuvosa (Tabela 5), o maior índice de diversidade de Shannon-Wiener foi observado no ponto 3 com 3.395 bits.ind<sup>-1</sup> e equitabilidade de 0.312 e o menor valor destes índices foi observado no P2 com 0.514 bits.ind<sup>-1</sup> de índice de diversidade de Shannon-Wiener e 0.067 de equitabilidade.

**Tabela 5:** Índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitabilidade de Pielou (J') durante a maré alta da época chuvosa.

	Ponto 1	Ponto 1'	Ponto 2	Ponto 2'	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
H'	2.127	2.001	1.784	1.784	2.042	2.524	1.257	2.459	2.037	2.115
J'	0.767	0.767	0.826	0.826	0.797	0.643	0.821	0.641	0.772	0.714

Para a maré baixa (tabela 6), observou-se o maior valor de Índice de diversidade no P3 com 3.395 bits.ind<sup>-1</sup> e equitabilidade de 0.312 e o menor valor de 1.179 bits.ind<sup>-1</sup> e equitabilidade de 0.666 no P1'.

**Tabela 6:** Índices de diversidade de Shannon-Wiener e equitabilidade de Pielou (J') durante maré baixa da época chuvosa.

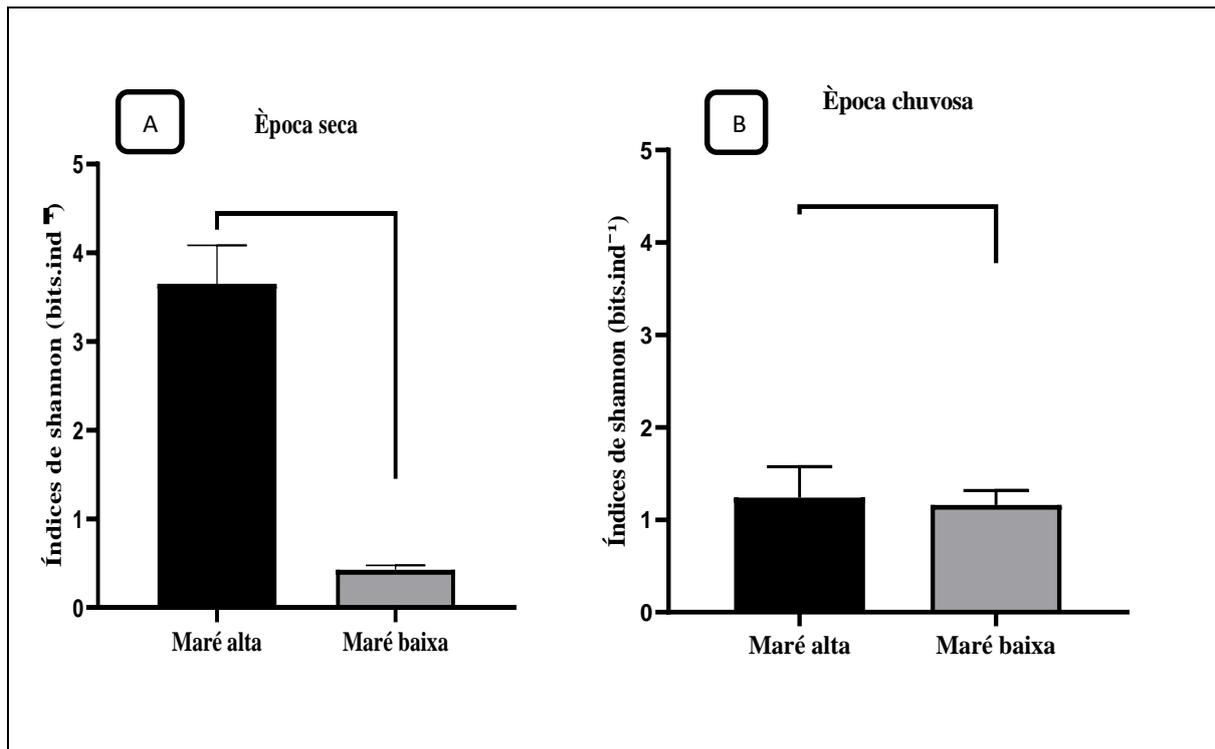
	Ponto 1	Ponto 1'	Ponto 2	Ponto 2'	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
H'	1.198	1.179	0.514	1.1879	3.395	2.366	1.541	1.482	1.448	1.049
J'	0.604	0.666	0.067	0.7228	0.312	0.354	0.276	0.067	0.688	0.758

### 8.7. Variação sazonal dos índices de diversidade no estuário do Incomáti.

A figura 8 ilustra a comparação do índice de diversidade nas duas marés da época seca e chuvosa.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener na época seca (A) teve uma média de 4.721 bits.ind<sup>-1</sup> ± 0.543 na maré alta e 1.9553 bits.ind<sup>-1</sup> ± 0.651 na maré baixa, tendo apresentado diferenças significativas entre as duas marés com (p=0.0867).

Enquanto a época chuvosa (B) apresentou 3.395 bits.ind<sup>-1</sup> ± 1.678 de média na maré alta e 1.535 bits.ind<sup>-1</sup> ± 0.8765 na maré baixa, não tendo apresentado diferenças significativas entre as marés com (p=0.0154).



**Figura 8:** Gráficos de comparação estatística do índice de diversidade de Shannon-Wiener entre marés usando o Teste-t para as épocas seca (A) e chuvosa (B).

## 9. Discussão

### 9.1. Variação Da Salinidade Ao Longo Do Gradiente Salino No Estuário De Incomáti

A salinidade foi diferente em ambas épocas estudadas, mostrando, porém, um gradiente acentuado, diminuindo da jusante a montante ao longo dos pontos amostrados. Os resultados obtidos nesta pesquisa vão de acordo com as observações feitas por Caetano (2023), em seu estudo sobre o fitoplâncton no estuário de Incomáti, segundo este autor, os valores de salinidade diminuem ao longo do estuário (da boca a montante) e variam consoante as marés. (Hoguane, 2000) também verificou uma diminuição de salinidade no estuário de Incomáti da jusante ao montante, para ele, a entrada de água doce de afluentes, precipitação, temperatura e interações entre as correntes oceânicas e fluviais, dilui a concentração de sal a medida que a água se move em direção à jusante, criando um gradiente de salinidade.

A salinidade foi maior na época seca em relação a época chuvosa. Macuiane (2003), afirma que o aumento dos caudais fluviais resultante da precipitação na época chuvosa traz mais água doce, reduzindo a salinidade no estuário. As observações dos autores acima citados evidenciam a relação entre os caudais fluviais e a salinidade, visto que a salinidade diminuiu na época em que a quantidade de água vinda do rio aumenta.

Neste estudo, durante a época seca, a maré baixa apresentou valores mais elevados de salinidade em comparação a maré alta a partir do P5. Canivete (2019), explica que durante a época seca ocorre a diminuição do fluxo de água doce proveniente dos rios. Com menos água doce para diluir a salinidade do mar, a concentração do sal aumenta, especialmente durante a maré baixa, durante essa fase, a influência do fluxo fluvial é menor, permitindo que a água do mar seja mais dominante, resultando em maiores níveis de salinidade durante a maré baixa na época seca.

Na época chuvosa, os valores mais altos de salinidade foram observados durante a maré alta ao longo de todo o estuário, reduzindo os seus valores a montante. Essa redução pode ser explicada pela relação entre o caudal do rio e a intrusão das marés, conforme explica Vassale (2004), que diz que durante a maré alta, mesmo na época chuvosa, a água salgada do mar consegue penetrar mais para dentro do estuário, elevando os níveis de salinidade. No entanto devido ao fluxo fluvial, essa penetração é limitada e a salinidade diminui mais rapidamente à medida que se vai para montante. E na maré baixa o rio consegue ter maior expressão sob o mar por isso há registros de valores mais baixos de salinidade.

## 9.2. Composição Específica

Os resultados mostraram que as espécies mais abundantes em ambas épocas (seca e chuvosa) foram dos géneros *Calanoides sp*, *Cyclopoida sp* e *Alpheus sp* mais de 50% dos indivíduos foram copépodes. Estes resultados vão de acordo com as observações feitas por Chaúca (1998), em estudo sobre a composição do zooplâncton na Albufeira dos pequenos libombos, um ecossistema de água doce, onde verificou que 50% dos indivíduos eram copépodes e também com Pinto (1996), que registou em sistema marinho, Ilha do Inhaca, um número maior de copépodes em relação aos outros géneros de zooplâncton nas épocas seca e chuvosa.

Estudos relacionados com a comunidade zooplanctónica em estuários tropicais de várias regiões, indicam que esse elevado número de copépodes ocorre pelo facto de que os copépodes possuem um ciclo de vida mais ajustável a variação e em parte as condições ambientais desfavoráveis em relação aos outros organismos zooplanctónicos (Hutchison, 1967; Esteves, 1988).

Segundo Fitzsimons e Andrew (1993), as mudanças de condições ambientais causadas pela sazonalidade podem levar ao aparecimento de espécies diferentes num ecossistema aquático, justificando dessa forma que as espécies identificadas numa época podem ser completamente diferentes das espécies identificadas na outra época por conta da diferença nas condições ambientais, como foi verificado neste trabalho onde identificou-se espécies exclusivas para épocas específicas, como *Evadne sp*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Cyclopoida sp* na época seca, e *Rhabditophora sp*, *quadrangularis* e *oikopleura mertens* na época chuvosa.

Contrariamente Carl e Balldi, (2000), em seus estudos com a comunidade zooplanctónica, afirmam que a composição específica do zooplâncton tende a manter-se inalterada durante anos sucessivos independentemente das condições do ambiente, incluindo mudanças sazonais, dando a compreender que por mais que as estações mudem, conseqüentemente variem as condições ambientais, a composição específica de zooplâncton num certo ecossistema será sempre a mesma.

### **9.3. Abundância média (N) do zooplâncton em cada ponto de amostragem ao longo do estuário do Incomáti**

De um modo geral a abundância média de zooplâncton nas duas épocas amostradas, a época seca e chuvosa, mostrou-se diferente em cada maré e em cada ponto amostrado, não apresentando assim nenhum padrão característico de distribuição. Os resultados mostram dessa forma que o zooplâncton se distribuiu de forma não regular ao longo dos pontos, a falta de um padrão uniforme na abundância do zooplâncton ao longo dos pontos, indica uma distribuição não homogênea dos parâmetros de água. Segundo Pinto (1996), o plâncton se distribui em manchas no ambiente aquático, essas manchas podem ser formadas devido a diferentes factores, como variações na temperatura, nutrientes, correntes oceânicas e interações biológicas. A distribuição em manchas permite que os organismos planctónicos se concentrem onde as condições são mais favoráveis para o seu crescimento e reprodução, otimizando sua sobrevivência no ecossistema aquático.

Na época seca, o pico de zooplâncton ocorreu no P2' da maré alta e no P7 da maré baixa enquanto na época chuvosa o pico ocorreu no P1 e no P3 da maré alta e baixa respectivamente. De acordo com Chale (2015), em seu estudo na Baía de Maputo verificou que a abundância do zooplâncton varia significativamente em resposta a diferentes factores ambientais, como a entrada de água doce durante a época chuvosa, que reduz a salinidade e aumenta a disponibilidade de nutrientes, favorecendo a proliferação de zooplâncton em certos pontos. Durante a época seca, as áreas com maior retenção de água apresentam maior concentração de nutrientes, resultando em picos de abundância de zooplâncton em pontos específicos.

Durante a época chuvosa, a abundância de organismos foi praticamente o dobro comparado com a época seca, evidenciando desta forma a influência sazonal sobre o ambiente estuarino. Ao contrário do que foi observado em outros trabalhos sobre as comunidades zooplanctónicas em estuários, a exemplo do estudo realizado por Kibirige e Perissinoto (2003), na África do Sul, onde os autores observaram que os picos de abundância podem estar relacionados com a estação seca, época em que há baixa descarga de água doce e entrada de água do mar.

#### **9.4. Densidade média do zooplâncton em função do gradiente de salinidade**

Na época seca, a densidade de organismos mostrou uma relação directamente proporcional aos factores hidrológicos (salinidade), conforme a salinidade diminuía ao longo dos pontos amostrados, a densidade de organismos também diminuía, o que vai de acordo com a afirmação de Duarte *et al.* (1991), de que a diversidade e distribuição de espécies estão intimamente ligada às variações de salinidade.

Na época chuvosa, contrariamente, a diminuição da salinidade coincidiu com um aumento na densidade do zooplâncton a montante do estuário. Essa variação pode estar relacionada com a disponibilidade de alimento, especialmente fitoplâncton, como sugerido por Chaúca (1998), onde a elevada disponibilidade de fitoplâncton na região a montante do estuário, leva ao aumento da densidade de zooplâncton independentemente dos valores da salinidade.

Relacionado o gradiente salino e a densidade de zooplâncton foi observada uma correlação positiva fraca nas duas marés, alta e baixa, da época seca e uma correlação negativa forte na maré baixa da época chuvosa. Na maré alta da época chuvosa a correlação entre o gradiente salino e a densidade de zooplâncton foi considerada negativa fraca. E esse comportamento já foi reportado por Luís *et al.* (2003), em um estudo similar na Baía de Maputo onde verificou que a densidade do zooplâncton está positivamente correlacionada com a salinidade durante a época seca, enquanto na época chuvosa a densidade diminui com a redução da salinidade.

Caetano (2023), em seu estudo sobre a variação sazonal do fitoplâncton ao longo do gradiente salino no estuário de Incomáti, realizado no mesmo período, revela que a densidade de fitoplâncton na época chuvosa foi maior a montante do estuário, facto que indica uma correlação positiva entre o fitoplâncton e a densidade do zooplâncton obtida no nosso estudo.

### **9.5. Índices de diversidade e de equitabilidade de espécies na maré alta e baixa das épocas secas e chuvosa**

O Índice de riqueza específica, Índice de Shannon, apresentou maiores valores na época seca em comparação a época chuvosa. Resultado similar as observações de Whittaker (1972) e Nascimento-Vieira (2000), que relacionaram a baixa diversidade de espécies na época chuvosa a vários factores como a variação na salinidade, temperatura da água, disponibilidade alimento e estresses crónicos, como predatórios excessivos, poluição e condições climáticas extremas.

Nascimento-Vieira (2000), afirma que a dominância de um único grupo de espécies, como os Calanoides, contribuiu para a baixa diversidade geral em um ecossistema. As observações do autor acima citado evidenciam uma relação entre a abundância de uma espécie com a diversidade global de um ecossistema, no presente estudo o valor mais alto de diversidade foi de 4.3455 considerado baixo.

Para o índice de equitabilidade de espécies, verificamos diferenças significativas estatisticamente entre a época seca e a época chuvosa indicando uma distribuição não uniforme dos indivíduos entre as espécies.

Grupos de zooplâncton como os Calanoides, Ciclopoides e a espécie *Ceriodaphnia quadrangulares* exibiram grande número de indivíduos, enquanto outras contribuíram com apenas um indivíduo. Os resultados sugerem que os indivíduos não estão uniformemente distribuídos entre as diferentes espécies, o que vai de acordo com as observações de Omori e Ikelda (1984) citados por Santos (2000) e Barros (2007), que indicaram que uma espécie se apresentou em 70% no ecossistema estudado acabando por desequilibrar a diversidade e torna-la baixa.

## **10. Conclusão**

A partir dos resultados obtidos no presente estudo concluiu-se que:

- De forma geral a salinidade diminui à medida que se move a montante (do P1 ao P8). Durante a época seca, os valores são mais altos e estáveis, enquanto na época chuvosa, os níveis de salinidade são mais baixos.
- A composição específica do zooplâncton variou conforme as épocas e o gradiente salino. A presença de espécies exclusivas em cada época demonstra que a composição do zooplâncton está directamente ligada as condições ambientais sazonais.
- Houve uma redução significativa na abundância do zooplâncton na época seca em comparação com a chuvosa.
- No geral índice de diversidade foi variável ao longo dos pontos amostrados, sem seguir um comportamento uniforme ao longo do gradiente salino, tendo sido consistentemente maior na época seca.

## **11. Limitações**

- Período limitado de amostragem: a colecta de dados foi realizada em apenas dois momentos, uma vez em cada época. Isso pode limitar a compreensão real das condições do estuário, tornando-se mais complexo confirmar se os resultados obtidos representam a situação geral daquela época ou se são fruto das condições atípicas.
- Factores ambientais não considerados: outros parâmetros ambientais, como temperatura, oxigénio dissolvido ou nutrientes, podem influenciar significativamente a distribuição e abundância do zooplâncton.
- Difícil acesso a certos pontos em virtude das condições climáticas: as condições climáticas ou o acesso aos pontos de amostragem, especialmente durante a época chuvosa, dificultaram a coleta de dados uniformes. Isso pode ter causado alguma variação nos dados ou limitações na obtenção de amostras em condições ideais.

## **12. Recomendação**

Este estudo culminou com as seguintes recomendações:

- Aumentar a frequência de Colecta: recomenda-se colectas múltiplas ao longo de cada época para capturar as variações temporais dentro de cada época.
- Utilizar diferentes tamanhos de redes de zooplâncton: recomenda-se o uso de diferentes tamanhos de malha, para capturar também organismos menores ou mais delicados, garantindo uma maior diversidade de espécies colectadas.

### 13. Referências bibliográficas

- ❖ Araujo, B. S. (2020). *Avaliação da Variação Espacial da Comunidade Fitoplanctônica no Estuário Espírito Santo e na Barra Norte, Baía de Maputo*. Tese de Licenciatura. 38 pp. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.
- ❖ Aohaguy, A. S. M., C.C. Bonecker (2004). *Rotifers indifferent environments of the Upper Paraná River floodplain (Brazil) with the connectivity*. *Hydrobiologia*, v.522, p.281-290.
- ❖ Anacleto, P. e Gomes, C. (2006). *Zooplankton marinho: importância económica e ecológica*. In: A. C. Costa (Ed.), *Oceanografia biológica* (pp. 129-156). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- ❖ Araujo, R.T e C.U. Lucas. (2003). *Composição e distribuição da comunidade zooplanctônica em um reservatório tropical: um estudo sazonal*. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20 (3), 437-448.
- ❖ Bonecker, A.C.T., S.L.C Bonecker., C.B Assani. (2002). *Plâncton marinho*. In: R. C. Pereira; A. S. Gomes. *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: p. 103- 125.
- ❖ Bowers, D., Evans, D., Thomas, D., Ellis, K., Willims, P (2017). *Interpreting the colour of an estuary*. *Estuar. v. 59*, p.13-20 Editora Interciência.
- ❖ Basu, S e F. Pick. (1997). *Zooplankton as indicators of environmental quality in tropical freshwaters*. *Hydrobiologia* 356: 175-182.
- ❖ Barros, F.M. (2007). *Índices de diversidade de zooplâncton: uma revisão*. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 55 (2), 261-274
- ❖ Braga, F., M. L. Nunes e P. A. Nunes. (2000). *Carbon and nitrogen dynamics in a tidal freshwater wetland in southern Portugal*. *Marine Ecology Progress Series*, 200, 17-28
- ❖ Bonecker, C. G., A. S. Silva e M. J. Soares. (2002). *Plâncton de águas profundas da plataforma continental do Brasil: composição e estrutura*. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 49 (2), 133-145.
- ❖ Canivete, J. (2019). *Caracterização hidrodinâmica e hidroquímica do estuário do rio Incomáti, Moçambique*. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, Portugal.
- ❖ Cunha, M. C. (2008). *Mangroves: Ecosystem services and management*. CRC Press.
- ❖ Coelho, B. (2003). *Composição e estrutura da comunidade zooplanctônica em um reservatório tropical: um estudo multianual*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

- ❖ Chong,A.R. (2010). *Zooplankton community structure and composition in the South China Sea influenced by the Kuroshio and South China Sea Warm Current*. Journal of Plankton Research, 32 (2), 273-288.
- ❖ Cossa, O.j. (2001).*salt intrusion in the incomati rjver.proceedings of the II National conference on coastal zone research*. Event funded by Danida, pp 29-35. Maputo.
- ❖ Dajoz, R. (1978). *Ecologia Geral*. Petrópolis: Vozes LTDA. 3 ed. 472 p.
- ❖ Duarte, C. M., L. A. Deegan e P. J. Williams. (1991). *Indices of diversity and evenness based on dominance ratios*. Ecologia, 86 (2), 246-252.
- ❖ Esteves, F. A. (1988). *Fundamentos de Limnologia*. 2ª ed. São Paulo, SP: EDUSP.
- ❖ Ekau, W e B. Knoppers. (1999). *The biology of plankton*. Oxford University Press
- ❖ Fitzsimons, J. T e R. M. Andrew (1993). *The effects of environmental conditions on the behaviour of animals*. In J. R. Krebs & N. B. Davies, Behavioural ecology: An evolutionary approach (4th ed., pp. 227-266). Oxford: Blackwell Scientific Publications
- ❖ Fisher,T.R. (2005).*Placton e produção primaria em sistemas aquáticos da bacia da amazonia central* . Acta amazónica.
- ❖ Green,M.,(1993).*Report-Rapid Assessment Technique for Salt intrusion in Alluvial Estuaries Steady state Model*, in: case study Incomati Estuary.Maputo.
- ❖ Gonçalves, L. (2011). *The role of estuaries in the global carbon cycle: A review*. Estuaries and Coasts, 34 (1), 1-19.
- ❖ George, J. N. (1967). *The role of estuaries in the coastal ecosystem*. In G. H. Lauff (Ed.), Estuaries (pp. 3-17). American Association for the Advancement of Science
- ❖ Giancesella.C; Fabruzio. B.A; Bastianini. M; Lazarri.A; Pugnetti, A. (2000). *Zooplankton community structure and composition in the northern Adriatic Sea during the summer of 1998*. Journal of Plankton Research, 22 (9), 1423-1441.
- ❖ Gonçalves, L. (2011). *The role of estuaries in the global carbon cycle: A review*. Estuaries and Coasts, 34 (1), 1-19.
- ❖ Gomes, M. L., Araújo, R., & Coelho, C. (2000). *Estuarinos do litoral algarvio: caracterização e importância ecológica*. Revista Portuguesa de Oceanografia, 16 (1), 5-22.

- ❖ Halo.S.F (2004) *caracterização Biogeoquímica do fluxo de nutrientes, em relação aos processos oceanográficos no estuário do rio Incomati, durante a extensão seca*. Tese de licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane.
- ❖ Menete, Z. (2002) *Mozambique National Report on integrated problem analysis. Development and protection of the coastal and marine environment in sub-saharan Africa*. Tese de licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane.
- ❖ Hogueane, A.M., (2000). *Salt intrusion in the Incomati River*. In: Proceedings of the Second National Conference on Coastal Zones Research. Tese de licenciatura, pp 29-35. Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.
- ❖ Hsieh et al. (2010). *Zooplankton community structure and composition in the South China Sea influenced by the Kuroshio and South China Sea Warm Current*. Journal of Plankton Research, 32 (2), 273-288.
- ❖ Hutchison, G. E. (1967). *A treatise on limnology*. Vol. 2. Introduction to lake biology and limnology. John Wiley & Sons, Inc.
- ❖ James, M. R., T O'Connell e Morris, J. T. (2007). *The role of estuaries in the global carbon cycle*. Estuaries and Coasts, 30 (1), 1-14.
- ❖ Melo, T. X., J. D. Dias, N. R. Simões e C. C. Bonecker.(2019). *Diversidade zooplanctônica influencia o funcionamento e estabilidade de um ecossistema de planície de inundação neotropical*
- ❖ Macuiane, M.(2003). *O fitoplancton da costa moçambicana: diversidade, distribuição e importância ecológica*. Maputo: Imprensa Universitária.
- ❖ Miranda, L. G., M. C. Cunha e Reis, M. A. (2004). *The influence of mangroves on the nutrient fluxes in the Tagus estuary (Portugal)*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 60(5), 683-698.
- ❖ Maes, J., M De Vries e P.Herman, P. (2004). *The role of estuaries in the carbon cycle: A review*. Marine Ecology Progress Series, 282, 1-17.
- ❖ Macedo, J. A., Araújo e Gomes, M. L. (2000). *Macrozoobentos do estuário do rio Guadiana: composição e estrutura*. Revista Portuguesa de Oceanografia, 16 (1), 37-52.
- ❖ Miller, C. B. (2004). *Plankton: a primer*. Oxford: Oxford University Press.
- ❖ Moller, P., Andersen, J. H. e Nielsen, T. G. (2003). *Zooplankton production and food web dynamics*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- ❖ Morales (2007). *Ecologia da comunidade zooplanctônica de um lago tropical: um estudo multianual*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

- ❖ Magalhães, A.T(2014). *Caracterização da comunidade zooplanctônica de um reservatório tropical: um estudo sazonal*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- ❖ Martins, A, L., P, Lopes e Melo,O,T. (2006).*Zooplâncton como bioindicador da qualidade ambiental no estuário do rio Anil, São Luís Maranhão* .Universidade Federal do Maranhão
- ❖ Neto, M. F.Cunha, M. C. e M. A. Reis. (2019). *The role of mangroves in nutrient dynamics in the Tagus estuary (Portugal)*. Marine Pollution Bulletin, 137, 60-72.
- ❖ Neumann,L. (1999). *Distribuição e aspectos ecológicos do zooplâncton da represa do Lobo (Broa)* in: Encontro brasileiro o plâncton, 4. São Paulo Anais. Recife.
- ❖ Lopes, R. M. (1996). *Hydrography and zooplankton community structure: A comparative study among estuaries of the Juréia-Itatins Ecological Estation (Southeastern Brazil)*. Nerítica, Curitiba, 10: 27-40.
- ❖ Lopes, M. J. S (2000). *Percepção ambiental como estratégia para subsidiar o manejo do Estuário do Rio Anil, Ilha de São Luís-MA*. Relatório Técnico. São Luís. Sub-projeto Plâncton. In: Ufma/ Labohidro
- ❖ Lopes, M. J. S. (2002). *Diversidade e abundância da comunidade zooplanctônica no Rio Anil, São Luís (MA), Brasil*. In: Congresso Brasileiro de Zoologia, 24. Resumos... Itajaí.
- ❖ Lopes, M. J. S. (2005). *Variabilidade temporal da diversidade do zooplâncton em áreas estuarinas sob influência de efluente industrial na Baía de São Marcos (São Luís – MA), Brasil*. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2., e Semana Nacional de Oceanografia, 17. Resumos...Vitória
- ❖ Lopes, R.M., R. Vale do & Brandini, F.P.(1998). *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, 46: 195211
- ❖ Longhurst, A. R e D, Pauly. (2007). *Ecology of tropical oceans*. Londres: Academic Press
- ❖ Lindley, J. A., C. B. Miller e W. A. Wurtsbaugh (2010). *Plankton ecology: dynamics and diversity*. Oxford: Oxford University Press.
- ❖ Omori, M., e M. Ikelda, (1984). *Índices de diversidade de zooplâncton em águas costeiras do Brasil*. Revista Brasileira de Oceanografia, 32 (1), 43-56.
- ❖ PRIMER. (2001).*Programa estatístico*. Versão 5.0. [S.l]. CD-RO

- ❖ Paula, J.P., I.Pinto, I.Guambe., S.Monteiro, D.Gove E J.Guerreiro. (1998). *Journal of Plankton Researh*, Vol. 20 no 11 pp2165-2178.
- ❖ Patrício, M., M.L. Gomes e R. Araújo (2007). *Variação sazonal da comunidade fitoplanctônica do estuário do rio Sado*. Revista Portuguesa de Oceanografia, 23 (1), 11-26
- ❖ Sousa,P.E. e A.F.M. Camargo (2004).*Efeito da salinidade e do esgoto orgânico sobre a comunidade zooplanctônica, com ênfase nos copépodes, do estuário do rio Itanhaém, Estado de São Paulo*.Acta Scientiarum. Biological Sciences.Maringá, v. 26, no. 1, p. 9-17
- ❖ Resgalla Jr., C. (2009). *Zooplâncton do estuário do Rio Itajaí-Açú e zona costeiraadjacente*, 171-179p. In: Joaquim Olinto Branco; Maria José Lunardon-Branco &Valéria Regina Bellotto (Org.). Editora UNIVALI, Itajaí, SC., 312p. Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa maria
- ❖ Rodrigues, M.,J, M. Dias.,S.Leandroc.,F.,A.Morgadod A. (2011). *Caracterização Sinóptica dos Gradientes nos Canais da Ria de Aveiro Parte II: Oxigênio, Clorofila e Zonação Ecológica Núcleo de Estuários e Zonas Costeiras Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, Lisboa
- ❖ Raybaud, G., C. Lelong e H.Capart,(2008). *Plankton dynamics in the northern Benguela upwelling system: A review*. Marine Ecology Progress Series, 364, 1-25
- ❖ Roman, J., R. S. Santos e J. S. Silva (1988). *Biodiversidade do zooplankton marinho da costa brasileira*. Iheringia, Série Zoologia, 69, 1-118.
- ❖ Ruppert, E.E., R.S., Fox e R.D.Barnes. (2005). *Zoologia dos Invertebrados: Uma abordagem evolutiva*. 7ª Edição. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro
- ❖ Rohner et al. (2015). *Zooplankton communities in Lake Geneva: Long-term changes and interactions with climate*. Limnology and Oceanography, 60 (5), 1655-1668.
- ❖ Savenije, H. H. G. (2006). *Principles of estuarine morphology*. Cambridge University Press
- ❖ Simon, M., T. G. Nielsen e J. H. Andersen (2002). *Zooplankton community structure and function in marine ecosystems*. Berlin: Springer-Verlag.
- ❖ Sardinha, C. I. (2018). *Composição e Variação espaço-temporal da comunidade Zooplanctónica no Estuário Espírito Santo e na Barra Norte (Baía de Maputo)*. Tese de Licenciatura, UEM,Maputo. 57 pp.

- ❖ Santanna, E.M. e J. Galizia (1996) *Zooplâncton do estuário do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil): composição e distribuição temporal*. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia Geral Rev. bras. oceanogr., 44(1):23-33,
- ❖ Tang, K. e W. Zhou (2002). *The role of zooplankton in the oceanic carbon cycle*. Global Biogeochemical Cycles, 16, 1039-1056.
- ❖ Tavares (2001). *Ecologia da comunidade zooplanctônica de um reservatório tropical: um estudo multianual*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- ❖ Vassele, V.J. (2004) Modelo de intrusão salina no estuário do Incomáti baseada na influência geométrica e topográfica do estuário. Tese de licenciatura. UEM
- ❖ Vassale, F. (2004). *Intrusão salina: causas, efeitos e controle*. In L. D. V. Moraes & A. A. Rodrigues (Eds.), Controle de salinidade em solos agrícolas (pp. 1-24). Viçosa, MG: Editora UFV
- ❖ Whittaker, R. H. (1972). *Evolution and measurement of species diversity*. Taxon, 21 (2-3), 213-251.
- ❖ Youn e Choi (2008). *Zooplankton community structure and composition in the East Sea (Sea of Japan) influenced by the Kuroshio and Tsushima Warm Current*. Journal of Plankton Research, 30 (5), 545-559.
- ❖ Zar, J. H. (1984). *Biostatistical analysis*. New Jersey, Prentice Hall, 718p.

#### 14. Apêndices

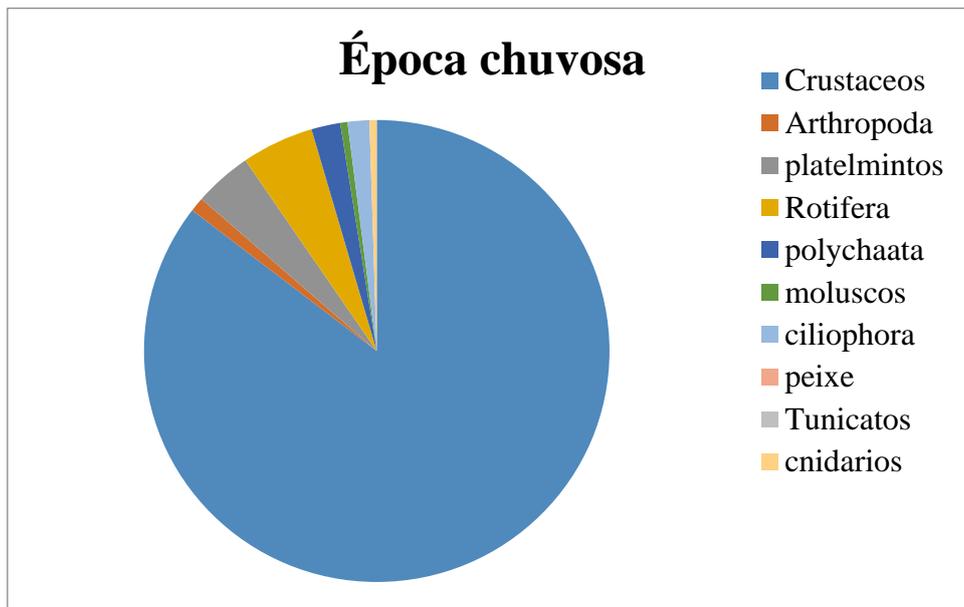
**Tabela 7:** Composição específica do zooplâncton durante a época seca e chuvosa ao longo de um gradiente salino dos pontos amostrados.

	Época seca	Época chuvosa	Ambas épocas
Crustáceos			
<i>Acartia sp</i>	X		
<i>Cyclopina sp.</i>	X		
<i>Calanoides sp</i>			X
<i>Calanus finmarchicus</i>	X		
<i>Nauplius copepods</i>			X
<i>Cyclopoida sp</i>			X
<i>Alpheus sp</i>			X
<i>Oithona sp</i>	X		
<i>Amphipoda incertae sedis</i>	X		
<i>Brachyura sp</i>	X		
<i>Nauplius Risso</i>			X
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>			X
<i>Cirripedia sp</i>			X
<i>Cumacea sp</i>	X		
<i>Daphnia magna straus</i>			X
<i>Daphnia longispina</i>			X
<i>Evadne sp</i>	X		
<i>Palinura sp (larva)</i>	X		
<i>Penaeoidea Rafinesque</i>	X		
<i>Diaphanosoma brachiurum</i>	X		
<i>Acartiella sp</i>	X		
<i>Amphipoda</i>	X		
<i>Calanidae sp</i>		X	
<i>Candaciidae sp</i>	X		
<i>Canthocalanus sp</i>	X		
<i>Centropagidae</i>	X		
<i>Brachyura sp</i>	X		

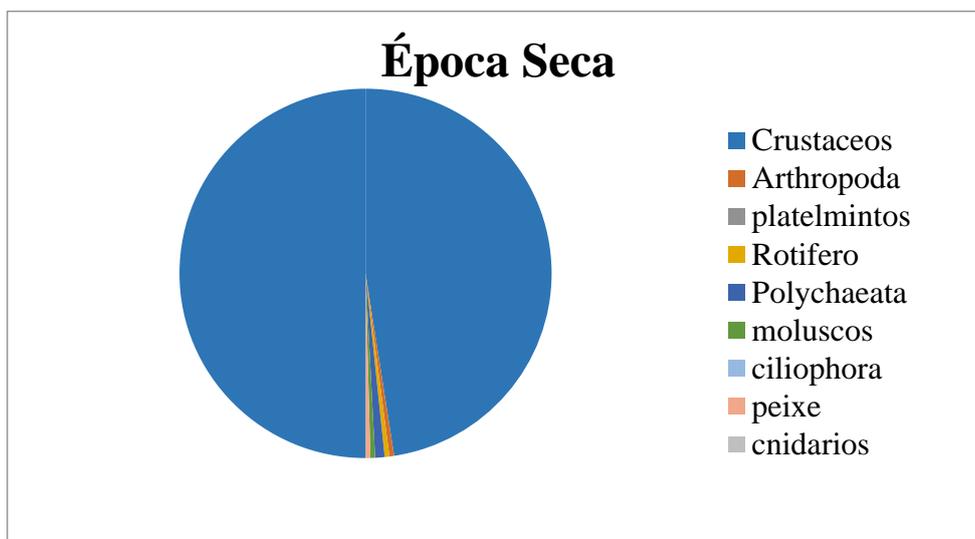
<i>Cyclops sp</i>	X		
<i>Cumacea</i>	X		
Oithonidae	X		
<i>Oithona sp</i>	X		
<i>Hyperioides chevreux</i>		X	
<i>Paracartia africana</i>			X
Paracalanidae	X		
<i>Penaideia larva</i>			X
<i>Macrosetella sp. (Miraciidae)</i>	X		
<i>Evadne sp.</i>	X		
<i>Mysyda</i>			X
<i>Mysida sp</i>			X
<i>Sapphirina sp</i>	X		
Temoridae	X		
<i>Pseudodiaptomus sp.</i>	X		
Moluscos			
<i>Bivalvia larva</i>			
<i>Ostracoda sp</i>			X
<i>Gastropod valiger</i>	X		
Artropoda			
Chironomidae			X
<i>Cladocora sp</i>			X
<i>Bosmina longirostris</i>			X
<i>Daphnia sp</i>			X
chironomidae			X
<i>Ceriodaphnia magna</i>			X
Rotifera			
<i>Anuraeopsis sp</i>	X		
<i>Asplanchna Gosse</i>			
<i>Asplanchna Gosse</i>	X		
<i>Keratella sp</i>			X
<i>Keratella tecta</i>	X		

<i>Keratella testudo</i>	X		
<i>Keratella cochlearis</i>			X
<i>Keratella quadrata</i>			X
<i>Kellicottia longispina</i>	X		
<i>Brachionus sp.</i>	X		
<i>Trichocerca sp</i>	X		
<i>Euchlanis Ehrenberg</i>			X
<i>Canuelloida sp</i>	X		
Rotifera			X
<i>Diffugia sp.</i>	X		
<i>Euchlanis sp.</i>			X
<i>Euchlanis deflexa</i>	X		
<i>Trichocerca porcellus</i>	X		
Equinodermata			
Echinodermata (larva)			X
<i>Trichocerca porcellus</i>	X		
Peixes			
Larvas			X
Mugiliformes		X	
Cupuliformes		X	
<i>Foraminifera</i>	X		
<i>Discorbis sp</i>	X		
Polychaeta			
<i>NI 1</i>	X		
<i>NI 2 (Similar to polychaeta, with lot of hair)</i>	X		
<i>NI 3 (Similar to polychaeta)</i>	X		
<i>NI2</i>	X		
polychaeta larva			X
Cnidarios			
<i>Medusa Linnaeus</i>			X
<i>Ciliophora</i>			X

<i>Codonellopsis sp</i>	X		
Tintinnidae			X
<i>Tintinnida sp</i>			X
<i>Tintinnopsis sp.</i>			X
<i>Favella sp.</i>	X		
<i>Helicostomella sp</i>	X		
Insecta		X	
Platelmintos			
Tricladida		X	
Larva de Tricladida		X	
<i>Alona Quadrangularis</i>			
<i>Alona Quadrangularis</i>		X	
<i>Oikopleura sp</i>		X	
<i>Acantharea sp</i>		X	



**Figura 9:** Abundância percentual do zooplâncton por grupo taxonómico na época chuvosa.



**Figura 10:** Abundância percentual do zooplâncton por grupo taxonómico na época seca.

**Tabela 8:** Comparação estatística da abundância média (N) entre marés usando o Teste-t no estuário do Incomáti nas épocas seca e chuvosa.

Parâmetros	Época Seca	Época chuvosa
P value	0.1602	0.4316
Valor de P exacto ou aproximado?	Exacto	Exacto
Máximos	23±5,38	195±7,15
Mínimos	3±1,30	2±2,55

**Tabela 9:** Correlação estatística da densidade (ind/l) e salinidade entre marés usando o Teste de Spearman no estuário do Incomáti na época seca.

Época Seca	$\rho$	
	Salinidade Maré alta	Salinidade Maré baixa
Densidade maré alta	0,43	0,23
Densidade maré baixa	0,12	0,31

**Tabela 10:** Correlação estatística da densidade (ind/l) e salinidade entre marés usando o Teste de Spearman no estuário do Incomáti na época chuvosa.

Época Chuvosa	$\rho$	
	Salinidade Maré alta	Salinidade Maré baixa
Densidade maré alta	-0,47	-0,13
Densidade maré baixa	-0,01	-0,65

**Tabela 11:** Resultado do teste T para o Índice de diversidade de Shannon nas épocas seca e chuvosa.

<b>Parâmetros</b>	<b>Época Seca</b>	<b>Época chuvosa</b>
P value	0.002	0.4316
Valor de P exacto ou aproximado?	Exact	Exact
Máximos	4.721 ± 0.543	3.395±1.678
Mínimos	1.11 ± 1.765	1.049±1.77