

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO ESTUÁRIO DO CAPIBARIBE POR INTERMÉDIO
DA FAUNA PLANCTÔNICA: ESTRUTURA E INDICADORES BIOLÓGICOS DA
QUALIDADE DA ÁGUA**

MARIA MYLENA OLIVEIRA DA CRUZ

RECIFE

2019

MARIA MYLENA OLIVEIRA DA CRUZ

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO ESTUÁRIO DO CAPIBARIBE POR INTERMÉDIO
DA FAUNA PLANCTÔNICA: ESTRUTURA E INDICADORES BIOLÓGICOS DA
QUALIDADE DA ÁGUA**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas/UFRPE como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior

RECIFE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C957a Cruz, Maria Mylena Oliveira da
Avaliação ambiental do estuário do Capibaribe por intermédio da fauna planctônica: estrutura e indicadores biológicos da qualidade da água / Maria Mylena Oliveira da Cruz. - 2019.
42 f. : il.
- Orientador: Mauro de Melo Junior.
Inclui referências e anexo(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Licenciatura em Ciências Biológicas, Recife, 2022.
1. Zooplâncton. 2. poluição. 3. bioindicação. I. Junior, Mauro de Melo, orient. II. Título

CDD 574

MARIA MYLENA OLIVEIRA DA CRUZ

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO ESTUÁRIO DO CAPIBARIBE POR INTERMÉDIO DA
FAUNA PLANCTÔNICA: ESTRUTURA E INDICADORES BIOLÓGICOS DA QUALIDADE
DA ÁGUA**

Comissão Avaliadora:

Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior – UFRPE

Orientador

Profa. Dra. Viviane Lúcia dos Santos Almeida de Melo - UPE

Titular

Dra. Simone Maria de Albuquerque Lira - UFRPE

Titular

Me. Alef Jonathan da Silva - UFSCar

Suplente

RECIFE

2019

AGRADECIMENTOS

A Deus e a minha madrinha Nossa Senhora da Conceição por nunca terem me abandonado nos momentos difíceis. Aos meus pais, Maria Helena Oliveira da Cruz e João Batista da Cruz por serem tão bons e amáveis. Obrigada pela paciência, por me aguentarem quando eu estava estressada com todos os afazeres da universidade, por todas as vezes que tiveram que me escutar falando de animais e coisas que eu tinha aprendido, pelas tantas vezes que não saíram de casa pra que eu não ficasse sozinha ou só para passar um tempo a mais comigo, mesmo sabendo que eu não iria sair da frente do computador por que precisava estudar.

Obrigada por serem os primeiros a acreditarem em mim, até quando eu já tinha desistido. Obrigada mainha, pelas palavras doces e pelos incentivos, obrigada painho, pelas vezes que o senhor me chamou pra assistir documentários sobre animais ou plantas na televisão (porque sabia que eu amava). Obrigada pelos puxões de orelha, e por serem os maiores financiadores do meu maior sonho.

A Ruralinda e a todos os professores que durante a graduação me mostraram como a biologia e a profissão de um docente e pesquisador é linda, em especial ao meu orientador Mauro de Melo Júnior, que sempre teve paciência em ensinar e tirar minhas dúvidas.

A minhas amigas (Alcivone, Rayanne, Maísa, Hortência) por todo apoio durante a graduação, principalmente nos últimos meses. Aos colegas de laboratório, principalmente aos mais próximos: Lucas Caio, Lucas Charlott, Alan e em especial à Felipe e Alef por terem tido paciência e me ajudarem nos primeiros contatos com o zooplâncton, a Ítalo, por sempre me ajudar nas estatísticas, a Simone, pelas orientações em outros trabalhos realizados e a Jefferson pela ajuda nas coletas.

A FACEPE pela concessão das bolsas de Iniciação Científica na qual uma delas resultou neste trabalho e a todos que em algum momento da minha vida contribuíram para minha formação e para que esse momento acontecesse. Obrigada!

Dedico esse trabalho à minha avó
“*in memoriam*” e aos meus pais,
por sempre terem acreditado em
mim e por todo amor.

Escutando o som das vitrolas, que vem dos mocambos

Entulhados à beira do Capibaribe

na quarta pior cidade do mundo

Recife cidade do manguê

Incrustada na lama dos manguezais

Onde estão os homens caranguejos

Chico Science

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	9
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2. RESUMO.....	13
3. ABSTRACT.....	14
4. INTRODUÇÃO.....	15
5. OBJETIVOS.....	16
5.1 Geral.....	16
5.2 Específicos.....	16
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
6.1 Descrição da área de estudo.....	16
6.2 Amostragem de campo.....	17
6.2.1 Coleta de dados hidrológicos.....	17
6.2.2 Coleta de zooplâncton.....	17
6.3 Etapa de laboratório.....	18
6.3.1 Zooplâncton.....	18
6.3.2 Tratamento numérico.....	18
7. RESULTADOS.....	19
7.1 Variáveis ambientais.....	19
7.2 Comunidade zooplanctônica.....	19
7.2.1 Composição da fauna zooplanctônica.....	19
7.2.2 Frequência de ocorrência.....	20
7.2.3 Densidade.....	20

7.2.4 Série de Hill.....	21
7.2.5 Espécies bioindicadoras.....	21
8. DISCUSSÃO.....	22
9. CONCLUSÃO.....	26
10. IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO DO CAPIBARIBE.....	27
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
12. ANEXOS.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais coletadas durante as seis campanhas nos setores Meso-oligohalino, Polihalino e Euhalino, do período seco e chuvoso.....	36
Tabela 2: Composição e densidade média da fauna planctônica dos setores Euhalino (salinidade ~30-35); Polihalino (salinidade ~20-25) e Meso-oligohalino (salinidade ~5-15) no período seco e chuvoso.....	36
Tabela 3: Espécies caracterizadas pelo valor indicativo de >70% para parâmetros ambientais da água e sazonalidade.....	38
Tabela 4: Protocolo com os procedimentos para biomonitoramento da qualidade da água do estuário do rio Capibaribe.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa com os pontos de coleta no estuário da bacia do Capibaribe localizado na zona urbana da cidade de Recife (PE, Brasil)	40
Figura 2: Média pluviométrica histórica da cidade de Recife nos últimos 26anos.....	40
Figura 3: Variação sazonal de temperatura nas estações durante o período de coleta.....	41
Figura 4: Variação sazonal do pH nas estações durante o período de coleta.....	41
Figura 5: Variação sazonal da salinidade nas estações durante o período de coleta.....	42
Figura 6: Variação sazonal do oxigênio dissolvido nas estações durante o período de coleta.....	42

1. Fundamentação teórica

Os estuários são corpos de água que possuem um lado de conexão com o mar, mas também recebem influência de aportes fluviais. São semifechados, costeiros e de volume variável de acordo com o clima local e condições hidrológicas. Eles apresentam temperatura e salinidade variáveis, solos lamosos, alta turbidez e topografia irregular; a flora e a fauna é bem adaptada a condições de estresse, sendo originárias dos ambientes marinho e terrestre (Day Jr e Yañez-Arancibia, 1982; McLusky, 1989).

De acordo com Elliott e Quintino (2007), o ecossistema estuarino é tido como um ambiente naturalmente estressado, devido ao alto grau de variabilidade de suas características físico-químicas, como oxigênio, temperatura e, principalmente, salinidade, quando comparado às áreas costeiras adjacentes. Nesses ecossistemas, existe uma dificuldade em distinguir o estresse natural daquele provocado por ações antrópicas.

Os organismos estuarinos parecem estar bem adaptados ao estresse estuarino, uma vez que, sob condições naturais, vivem em equilíbrio com o ambiente, apesar da sua fragilidade e vulnerabilidade diante das modificações ambientais. Entre as principais adaptações dos organismos estuarinos estão a tolerância a uma ampla faixa de salinidade, a resistência a baixas tensões de oxigênio (ocasionais ou rítmicas), e a pequena seletividade pelo alimento e substrato. Os padrões de circulação estuarina exercem uma pressão seletiva adicional sobre o plâncton estuarino (Margalef, 1989).

Por outro lado, este equilíbrio pode ser facilmente rompido pelas atividades humanas, produzindo alterações maiores que a tolerável, ora pela adição na água de substâncias normalmente ausentes ou pela quantidade excessiva de outras, normalmente presentes (Ottmann et al., 1965). Neste contexto, as comunidades biológicas tem refletido a integridade ecológica total dos ecossistemas (p. ex., integridades física, química e biológica), integrando os efeitos dos diferentes agentes impactantes e fornecendo uma medida agregada dos impactos (Barbour et al., 1999).

Considerando os diversos grupos de organismos estuarinos, destaca-se o zooplâncton, por ser constituído por organismos animais e protistas que apresentam como aspecto em comum a coluna d'água como habitat principal (Esteves, 1998),

além de possuírem movimentos próprios, mas com capacidade natatória limitada, sendo incapazes de vencer as correntes (Matsumura-Tundisi, 1997). Não se trata de um grupo taxonômico e sim de uma reunião de diversos seres vivos que compartilham habitat (Esteves, 1998). Seu estudo pode, dentre diversas funções, ajudar no monitoramento dos efeitos poluidores de despejos domésticos e industriais (Adema, 1979; Martins et al., 2006).

Em pesquisas relacionadas a impactos ambientais em sistemas aquáticos, conhecer o zooplâncton é essencial, pois além de ser um elo importante na transferência de energia na rede trófica, ele responde também rapidamente às modificações ambientais, sendo excelentes bioindicadores (Galdino et al., 2007). A distribuição, composição e abundância deste grupo são produtos de um conjunto de fatores hidrológicos e biológicos, uma vez que a presença ou ausência de certas espécies ou grupos em determinada região, pode fornecer dados sobre a qualidade do ambiente (Gasca et al., 1996).

O artigo 8º, parágrafo 3º da Resolução Conama 357/05 que revê os padrões para a classificação dos corpos d'água segundo seus usos, estabelecendo os limites para lançamento de efluentes para cada classe, diz que "a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas". Para biomonitorar ambientes lacustres ou marinhos, por exemplo, pode-se utilizar vários grupos de organismos como peixes, macroinvertebrados, algas, bactérias e outros. Os organismos zooplanctônicos apresentam grande potencial para bioindicação (Souza, 2012).

2. RESUMO

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar um estuário fortemente poluído (Capibaribe) por intermédio da comunidade zooplanctônica e verificar o seu potencial uso como bioindicador da qualidade da água. Para testar a hipótese de que no estuário do Capibaribe, a condição da qualidade da água é eutrofizada ao ponto de sustentar (i) uma comunidade zooplanctônica formada por espécies indicadoras de abundância de matéria orgânica particulada, baixa oxigenação e elevada turbidez e (ii) o estabelecimento de populações de pequeno porte e dominada, sobretudo, por rotíferos, as campanhas foram realizadas na zona urbana do rio na cidade de Recife (Pernambuco), em três setores com base no gradiente de salinidade: Euhalino, Polihalino, Meso-oligohalino e 9 estações de coleta. Foram realizadas seis campanhas, sempre na baixa mar. Os dados referentes às variáveis ambientais foram mensurados a partir de uma sonda Horida U-52. As amostras de zooplâncton foram coletadas a partir de filtração de, no mínimo, 100 L, por meio de uma rede de plâncton (45 µm) e um balde graduado e fixadas com formaldeído salino a 4%. A bioindicação dos táxons foi avaliada pelo método do Valor de Indicação (IndVal), onde foram encontradas dez espécies pertencentes ao grupo Rotifera, Copepoda e larvas de Polychaeta. Para a comunidade zooplanctônica foram registrados 46 táxons pertencentes aos grupos Rotifera, Annelida (Polychaeta), Mollusca (véliger de Gastropoda), Crustacea (Copepoda, Cladocera, Decapoda, Cirripedia), Chaetognatha e Chordata (larva e ovos de peixes). Rotifera foi o grupo mais frequente, destacando-se *Brachionus angularis* (81,48%), a densidade média foi de 625.4 ± 731.8 ind. L⁻¹. A maior riqueza esteve nos setores Euhalino (seco) e no Meso-oligohalino (chuvoso) a dominância e diversidade de rotífero foram maiores no setor Meso-oligohalino para ambos os períodos. O estudo comprovou as hipóteses de que o estuário é dominado por espécies de pequeno porte e bioindicadoras de fatores abióticos que indicam poluição, mostrando que o estuário do rio Capibaribe está sendo afetado pela perturbação antrópica e que as espécies bioindicadoras podem ser utilizadas para monitoramento da qualidade da água.

Palavras-chave: Zooplâncton; poluição; bioindicação.

3. ABSTRACT

The general objective of this work was to evaluate a heavily polluted estuary (Capibaribe) through the zooplankton community and verify its potential use as a bioindicator of water quality. To test the hypothesis that in the Capibaribe estuary, the water quality condition is eutrophicated to the point of sustaining (i) a zooplankton community formed by species indicative of abundant particulate organic matter, low oxygenation and high turbidity and (ii) the establishment of small populations dominated mainly by rotifers, the campaigns were carried out in the urban area of the river in the city of Recife (Pernambuco), in three sectors based on the salinity gradient: Euhaline, Polyhaline, Meso-oligohaline and 9 collection stations. Six campaigns were carried out, always during low tide. Data regarding environmental variables were measured from a Horida U-52 probe. Zooplankton samples were collected by filtering a minimum of 100 L through a plankton net (45 μm) and a graduated bucket and fixed with 4% saline formaldehyde. The bioindication of taxa was evaluated by the Indication Value (IndVal) method, where ten species belonging to the Rotifera group, Copepoda and Polychaeta larvae were found. For the zooplankton community, 46 taxa belonging to the groups Rotifera, Annelida (Polychaeta), Mollusca (velliceroy of Gastropoda), Crustacea (Copepoda, Cladocera, Decapoda, Cirripedia), Chaetognatha and Chordata (fish larvae and eggs) were recorded. Rotifera was the most frequent group, especially *Brachionus angularis* (81.48%), the mean density was 625.4 ± 731.8 ind. L⁻¹. The highest richness was in the Euhaline (dry) and Meso-oligohaline (rainy) sectors, the rotifer dominance and diversity were higher in the Meso-oligohaline sector for both periods. The study proved the hypotheses that the estuary is dominated by small-sized species and bioindicators of abiotic factors that indicate pollution, showing that the Capibaribe River estuary is being affected by anthropic disturbance and that bioindicator species can be used for water quality monitoring.

Keywords: Zooplankton; pollution; bioindication.

4. Introdução

Segundo Neumann-Leitão e Schwamborn (2000), o ecossistema estuarino tem grande importância socioeconômica para o estado de Pernambuco e existe uma necessidade de se conhecer suas funções devido à velocidade com que está sendo convertido em usos alternativos, com grande deterioração ambiental.

As transformações antrópicas devido ao crescimento da economia e da indústria tem afetado o equilíbrio desses ambientes (Santos, 2009). O estuário do Capibaribe é um ecossistema que sofre com os impactos negativos provenientes da região metropolitana do Recife sendo considerado eutrofizado e tendo a composição e distribuição da sua biota aquática afetada (Magalhães, 2014).

Para Gray (1989), existem três mudanças claras na estrutura da comunidade em resposta às condições estressantes: redução na diversidade, dominância de espécies oportunistas e redução no tamanho do corpo. Algumas espécies podem aparecer de forma desproporcional no ecossistema, sendo sua identificação capaz de prover uma indicação da saúde do ecossistema, e uma prévia advertência para programar esforços de conservação intensivos com antecedência de um colapso (Paine, 1966; Chapin, 1998; 2000).

Estudos já mostraram que em ambientes eutrofizados existe uma maior abundância de copépodes ciclopoídes, cladóceros e rotíferos, enquanto que os copépodes calanóides apresentam abundância menor, podendo até desaparecer do ambiente (Arcifa, 1984). Segundo Brito et al., (2011) a composição e densidade do zooplâncton no ambiente é influenciado pelo grau de trofia no ambiente, quanto maior o grau, menor o tamanho dos indivíduos.

O presente projeto propiciou, desta forma, um estudo em busca da compreensão e do teste da hipótese de que no estuário do Capibaribe, a condição da qualidade da água é eutrofizada ao ponto de sustentar (i) uma comunidade zooplanctônica formada por espécies indicadoras de abundância de matéria orgânica particulada, baixa oxigenação e elevada turbidez e (ii) o estabelecimento de populações de pequeno porte e dominada, sobretudo, por rotíferos.

5. Objetivos

5.1 Geral

Avaliar o estuário do rio Capibaribe por meio do zooplâncton como bioindicador da qualidade da água.

5.2 Específicos

- Avaliar os efeitos da perturbação antrópica sobre a fauna planctônica do sistema estuarino do rio Capibaribe a partir da análise da composição e estrutura da comunidade bioindicadora da qualidade da água.
- Elucidar como a comunidade da fauna planctônica está afetada pela perturbação antrópica desse importante estuário urbano do NE brasileiro.
- Estabelecer diferentes estratégias de monitoramento dessas populações para a concretização de propostas de conservação do ecossistema.

6. Material e métodos

6.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado no principal estuário da bacia do Capibaribe (Figura 1), localizado na zona urbana da cidade de Recife (Pernambuco, Brasil). Divide a área central da cidade, atravessando vários de seus bairros: Várzea, Caxangá, Apipucos, Monteiro, Poço da Panela, Santana, Casa Forte, Torre, Capunga, Derby e Madalena, tendo como foz o porto do Recife (Costa et al.,2015), essa área conta com aproximadamente 145 mil habitantes (Gaspar, 2017). Ao longo do percurso divide-se em dois braços, o braço norte que vai até sua foz e o sul, que hoje é reduzido a um braço morto devido a aterros, boa parte realizada devido a crescente urbanização da cidade, fator que influencia na baixa qualidade da água do estuário (Cesário, 2006). É formado pela confluência dos rios Capibaribe, Beberibe, Tejipió, Jiquiá, Jordão e Pina (Oliveira et al., 2014), e apresenta grande importância econômica e social, principalmente para a população vizinha (Feitosa,1999). A região apresenta clima tropical úmido, com uma estação seca de primavera-verão (setembro a março) e uma chuvosa de outono-inverno (abril a agosto) (As') (Silva, 2003).

Recebe efluentes domésticos e industriais, afetando a qualidade da água e seu estado trófico (Oliveira et al., 2014). Está bastante comprometido em razão da poluição a que é exposto. Em vista da importância do estuário, suas águas são com

frequência analisadas a fim de se detectar os níveis de contaminação (Holanda, 2012).

6.2 Amostragem de campo

6.2.1 Estratégia amostral

Foram realizadas seis campanhas durante um ano (fevereiro, abril, junho, setembro e novembro de 2018 e fevereiro de 2019) na baixa-mar (para estabelecer melhor a influência dos impactos sobre a comunidade estuarina). O estuário foi dividido em três setores distintos com base no gradiente de salinidade: Euhalino (Setor 1, salinidade ~30-35, ponto 9 a 7); Polihalino (Setor, salinidade ~20-25, ponto 6 a 4), Meso-oligohalino (Setor 3, salinidade ~ 5-15, ponto 3 a 1) (Figura 1) com um total de 56 conjunto de amostras (biológicas e de variáveis ambientais).

6.2.2 Coleta de dados hidrológicos

Os dados referentes às variáveis ambientais (temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, condutividade elétrica, sólidos totais, turbidez e salinidade) foram mensurados a partir de uma sonda Horida U-52, já para a transparência da água foi utilizado o disco de Secchi.

6.2.3 Coleta de zooplâncton

As amostras foram coletadas a partir da filtração de, no mínimo, 100 litros, por meio de uma rede de plâncton de 45 μm e balde graduado. Não foram realizados arrastos devido à grande quantidade de resíduos sólidos e macrófitas flutuantes na coluna d'água, impossibilitando o arrasto horizontal em vários trechos. Além disso, devido à grande quantidade de matéria orgânica, a rápida acolmatação a partir de arrastos também impossibilita a realização de arrastos no ambiente estudado. Todo material das coletas foi fixado com formaldeído a 4% (concentração final), tamponado com Tetraborato de Sódio, a 0,5 g L⁻¹ (concentração final).

6.3 Etapa de laboratório

6.3.1 Zooplâncton

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Ecologia do Plâncton (UFRPE/DB). Para a identificação taxonômica dos copépodes, cladóceros e rotíferos, esta foi realizada até o nível de espécie, através de bibliografia especializada, com o auxílio de microscópio, estereomicroscópio e de câmara de Sedgewick-Rafter. Após ser corada com Rosa de Bengala, cada amostra foi diluída para um determinado volume, de acordo com a concentração de organismos, homogeneizada (a partir de 10 movimentos em cruz, com auxílio de um bastão) e retirada as subamostras (2 mL).

Para cada amostra analisada, foram feitas três subamostras com reposição (o conteúdo da câmara, após análise, foi devolvido à amostra total e feita a nova subamostragem). Após esta contagem inicial, a amostra foi concentrada até a metade do valor da diluição anterior e mais três alíquotas de 2 ml foram analisadas com o objetivo de registrar espécies raras (Alden et al., 1982, Melo Júnior et al., 2015).

6.4 Tratamento numérico

Foram realizados cálculos de densidade numérica de zooplâncton (ind. m^{-3}) e frequência de ocorrência (%). A bioindicação dos táxons foi avaliada pelo método do Valor de Indicação (IndVal), proposto por Legendre e Dufrene (1997). Foram consideradas espécies indicadoras aquelas que obtiveram valores iguais ou superiores a 70% no IndVal ($p < 0,05$), e espécies detectoras aquelas que tiveram valores menores que 70 e maiores que 50% ($p < 0,05$). Para índice de diversidade, foi feito a riqueza total de espécies (q_0), índice de Shannon-Wiener (q_1) e índice de dominância de Simpson (q_2) através da série de Hill (Chao et al., 2014).

7. Resultados

7.1 Variáveis ambientais

O ambiente apresentou uma sazonalidade bem definida e conhecida, tendo a maior precipitação e como período chuvoso os meses de março à agosto e o seco de setembro à fevereiro (Figura 2). Durante o estudo, a variação média da temperatura na subsuperfície foi de 26,21°C (estação 9, junho/18, período chuvoso) e 31,34°C

(estação 1 e 3, fevereiro/19, período seco) (Figura 3). O pH alcançou um mínimo de 5,91 (estação 6, junho/18) e um máximo de 8,03 (estação 5, fevereiro/18). A salinidade no estuário do rio Capibaribe variou de 0 (estação 1, 2 e 3, fevereiro/19) a 28,6 (estação 8, setembro/18). Quanto aos resultados obtidos do oxigênio dissolvido, o menor valor foi de 0,84 mg/L (estação 3, abril/18) e o maior de 9,26 mg/L (estação 5, fevereiro/18). A turbidez oscilou entre 5,5 NTU (estação 4, abril/18) e 85,5 NTU (estação 5, setembro/18). O valor mínimo encontrado foi de 0,19 mg/L na estação 1 (abril/18) e o maior de 27,0 mg/L na estação 8 (setembro/18).

7.2 Comunidade zooplanctônica

7.2.1 Composição da fauna planctônica

Foram registrados 49 táxons pertencentes aos grupos Rotifera, Annelida (larvas de Polychaeta), Mollusca (véliger de Gastropoda), Crustacea (Copepoda, Cladocera, Decapoda, Cirripedia, Ostracoda), Chaetognatha e Chordata (larvas e ovos de peixes). O destaque foi para grupos do holoplâncton como rotíferos, copépodes e cladóceros, com 42 espécies, destacando-se os Rotifera (37 espécies), seguidos pelos Copepoda (2 espécies e náuplios de Cyclopoida) e Cladocera (2 espécies) (Tabela 2).

7.2.2 Frequência de ocorrência

Nas amostras, Rotífera foi o grupo mais frequente, destacando-se *B. angularis* (81,48%), *B. plicatilis* (77,78%), *B. caudatus* (74,07%), na subclasse Copepoda, os náuplios de Cyclopoida (83,33%) e a espécie *Apocylops procerus* (72,22%) foram os que apresentaram as maiores frequências. Tanto no período seco quanto no chuvoso e nos diferentes setores, não houve muita variação quanto a ocorrência de espécies.

No período seco, em todos os setores houve a alta frequência de Bdelloidea, *B. angularis*, *B. plicatilis*, náuplios de Cyclopoida. No setor Euhalino também foram frequentes outras espécies como *A. procerus*, *Oithona oswaldocruzi*, náuplios de Cirripedia e Polychaeta (larva) que também foi no setor Polihalino juntamente com *B. caudatus*, *B. leydigi*. No Meso-oligoalino, também se fizeram frequentes *B. caudatus*, *B. calyciflorus*, *B. falcatus*, *F. terminalis*, *A. procerus*.

No chuvoso, foram frequentes para todos os setores Bdelloidea, *B. angularis*, *B. caudatus* e *F. terminalis*. Para o Euhalino tiveram ainda as espécies *B. plicatilis*, náuplios de Cyclopoida, *A. procerus*, *O. oswaldocruzi* e Polychaeta, no Polihalino, *B. forficula*, *B. plicatilis* e *B. falcatus*, *B. calyciflorus*, *F. longiseta*, *Polyarthra* que também foram frequentes no Meso-oligohalino juntamente com *Epiphanes macrourus* e Gastropoda (véliger).

7.2.3 Densidade

A densidade média da fauna planctônica foi de $625,4 \pm 731,8$ ind. L^{-1} , com mediana de 95,7 ind. L^{-1} . No período seco, a média foi de $1794,7 \pm 1801,4$ ind. L^{-1} . Para o setor Meso-oligohalino as espécies que apresentaram maior densidade foram *Brachionus plicatilis* com média de 633,1 ind. L^{-1} , *B. caudatus* com média de 298,4 ind. L^{-1} e *Filinia terminalis* com 269,5 ind. L^{-1} . Já no Polihalino o maior destaque foi para *B. plicatilis* com densidade de 1230,9 ind. L^{-1} , náuplios de Cyclopoida com 645,4 ind. L^{-1} e *B. angularis* (234,6 ind. L^{-1}). No Euhalino, mais uma vez, a maior densidade foi para *B. plicatilis* (375,9 ind. L^{-1}) e náuplios de Cyclopoida (336,4 ind. L^{-1}).

O período chuvoso apresentou uma média de densidade menor, com $782,6 \pm 1191,9$ ind. L^{-1} . No setor Meso-oligohalino a densidade maior foi para *B. calyciflorus* (61,9 ind. L^{-1}) e *B. caudatus* (127,2 ind. L^{-1}) que também apresentaram valores altos no setor Polihalino (523,7 ind. L^{-1} e 729,8 ind. L^{-1} , respectivamente) juntamente com *F. terminalis* (168,6 ind. L^{-1}). Já no Euhalino tiveram a maior densidade o *B. plicatilis* com média de 185,7 ind. L^{-1} e náuplios de Cyclopoida com 111,6 ind. L^{-1} (Tabela 2).

7.2.4 Série de Hill

A maior riqueza de espécie foi encontrada nos setores Euhalino (Período seco) e no Meso-oligohalino (Período chuvoso), enquanto que a domiância e diversidade, principalmente de espécies de rotíferos, foram encontradas nos pontos do setor Meso-oligohalino nos dois períodos (Figura 9).

7.2.5 Espécies bioindicadoras

Foram consideradas indicadoras (IndVal>70%) de sazonalidade e de algumas condições relacionadas às variáveis ambientais, dez espécies, com destaque para

Rotifera com seis espécies, Copepoda com duas espécies e náuplios e as larvas de Polychaeta (Tabela 3).

No filo Rotifera, houve a predominância do gênero *Brachionus* com as seguintes espécies: *Brachionus angularis* (IndVal=90%, $p=0,005$) e *B. caudatus* (IndVal= 92%, $p=0,005$), ambas indicando setor Meso-oligohalino, sendo este último também indicador de temperatura maior que 28°C (IndVal=87%, $p=0,005$). *B. calyciflorus* também foi indicativa dessa variável (IndVal=82%, $p=0,005$), bem como de STD <7 mg/L (IndVal=91%, $p=0,005$). *B. plicatilis* indicou STD ≥ 7 mg/L com IndVal= 96% ($p=0,005$). Outras espécies também estiveram presentes, como *Epiphanes macrourus* indicando oxigênio dissolvido <2 mg L⁻¹ (IndVal=76% $p=0,005$) e *Filinia terminalis* para Sólidos totais dissolvidos <7 mg/L com IndVal=97% ($p=0,005$).

Para os microcrustáceos, nauplios de Cyclopoida e *Oithona oswaldocruzi* indicaram, o período seco (respectivamente, IndVal=95%, $p=0,005$ e IndVal=74%, $p=0,015$). Esta última espécie também indicou setor Euhalino (IndVal=71%, $p=0,05$) e pH ≥ 7 (IndVal=75%, $p=0,005$). Nauplios de Cirripedia também foram indicadoras de ambiente Euhalino (IndVal=81%), *Apocyclops procerus* foi indicou oxigênio dissolvido ≥ 2 mg L⁻¹ (IndVal=89%, $p=0,005$). A classe Polychaeta, por sua vez, foi indicadora de setor Euhalino (IndVal=90%, $p=0,005$) e sólidos totais dissolvidos ≥ 7 mg/L.

Como espécies detectoras foram encontradas *E. macrourus* para período chuvoso e pH menor que 7 (Indval=63%, $p=0,005$ e IndVal=61%, $p=0,005$, respectivamente), *B. falcatus* (IndVal=66%, $p=0,020$) para ambientes Meso-oligohalino e *Moina micrura* (IndVal=51%, $p=0,010$) para temperatura menor que 28°C. O gênero *Polyarthra sp.* foi detectora para oxigênio dissolvido <2 mg L⁻¹ (IndVal=66% $p=0,010$) e nauplios de cirripedia para STD ≥ 7 mg/L (IndVal=65%, $p=0,005$).

8. Discussão

O estudo mostrou que a composição de zooplâncton do estuário do Capibaribe é composta por espécies pequenas e que estão sendo influenciadas positivamente (espécies oportunistas) ou negativamente por fatores abióticos que estão relacionados a perturbações antrópicas. Esses fatores afetam diretamente a fauna

planctônica de estuários (Magalhães, 2014), alguns grupos zooplanctônicos podem ser influenciados pela temperatura. Em estudo realizado por Perbiche-Neves et al., (2010), foi constatado que maiores temperaturas estiveram relacionadas positivamente com rotíferos e poliquetas. Como esperado, os maiores valores de temperatura foram apresentados para os meses correspondentes ao período seco (31,34°C). Estuários tropicais e subtropicais se diferem dos temperados por não apresentarem uma mudança sazonal tão marcada em relação a temperatura e radiação solar (Araújo et al., 2008). Valores parecidos nos dois períodos foram vistos no estuário do rio Carrapicho e do Botafogo (Santos et al., 2009).

Alterações nos valores do pH podem estar relacionadas à poluição industrial (Silva, 2003), mas nos setores mais próximos à foz, a alcalinidade também pode ser devido a influência da água marinha (Lansac-Tôha & Lima, 1993) e a alta taxa respiratória de micro-organismos que diluem e dissolvem o gás carbônico da água (Brasil, 2014). Motivo provável para a explicação dos valores mais altos do período seco (8,03) e chuvoso (6,98) terem sido encontrados nos setores Polihalino e Euhalino, respectivamente. Segundo Carvalho et al. (2000) a pluviosidade dilui os compostos presentes na água, fazendo com que a acidez diminua e o pH aumente. Os valores de pH do estuário do rio Capibaribe para o período chuvoso mostraram o contrário, foram menores do que os do período seco, resultados como esses também foram obtidos em estudos anteriores por Vercellino & Bicudo (2006) e Silva et al., (2008) no rio Purus.

Em estudo feito por Teixeira et al., (2013) no estuário do rio Capibaribe, a média do pH no ano de 2010 chegou a 5,4, valores bem diferentes dos dados atuais mostrados nesse estudo. Isso revela que o ambiente teve uma melhora a ponto de ser considerado aceitável segundo o que é exigido pela Resolução CONAMA nº357/05, que diz que águas salobras de classe 2 deve estar entre 6,5 a 8,5.

Os estuários tem como característica a mistura de água salgada e doce, isso faz com que poucos organismos consigam se adaptar ao ambiente (McLusky and Elliott, 2004). A salinidade do estuário do Capibaribe foi aumentando à medida que se aproximava da desembocadura, área que recebe forte influência marinha e diminuiu no período chuvoso como esperado, já que a precipitação é mais forte. As chuvas e marés controlam essa variável (Souza, 2012).

Animais de pequeno porte como alguns rotíferos, conseguem sobreviver em ambiente com baixos valores de oxigênio dissolvido (Pennak, 1991), mas o valor médio (1,83 mg/L) dos setores no período chuvoso foi bem abaixo do que diz o CONAMA na Resolução nº357/053 (Brasil, 2005) para Águas Salobras de Classe 2, onde o valor de oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 4 mg/L. Valores mais baixos no período chuvoso também foram vistos por Silva (2004), que segundo a mesma, a diminuição no valor dessa variável no ambientes pode ser devido aos poluentes presentes nos efluentes de origem industrial e doméstico, respiração de seres vivos, decomposição de matéria orgânica e variação na temperatura também são outros fatores que contribuem para que isso ocorra (Esteves,1998). Os valores mais altos observados estiveram nos pontos que recebem influência de águas marinhas, mostrando como a maré influencia positivamente na qualidade da água (Teixeira et al.,2013).

Embora turbidez e sólidos totais dissolvidos estejam associados, não são equivalentes. Os dois parâmetros podem ser provocados por partículas em suspensão, processos de erosão, lixiviação e por efluentes industriais e domésticos que são jogados no ambiente ou efluentes sólidos que são carregados por chuvas para dentro do ecossistema aquático (Goulart & Callisto, 2003; Vasco et al., 2010; Brasil, 2014). Nos dois períodos (seco e chuvoso), os maiores valores de turbidez estiveram nos setores Polihalino (seco) e Meso-oligohalino (chuvoso), valores mais altos também foram encontrados nos pontos com influência de água doce por Veado (2008) em estudo feito no baixo estuário do rio Itajai-Açu, SC. Esses pontos possuem grande quantidade de indústrias, prédios e hospitais que jogam seus efluentes no rio. Os valores dos pontos que sofrem uma influência maior do mar podem ser devido a suspensão do sedimento causado pelas correntes e marés no ambiente (Valentim, 2017). Os valores de sólidos totais mais alto nos pontos Euhalino podem estar relacionado com os elevados valores de sais que é dissolvido, como visto em um estudo de Machado et al. (2007) na zona estuarina do rio Reis Magos, em que se verificou maiores valores de sólidos totais dissolvidos a medida que a salinidade aumentava.

Comunidade zooplanctônica

O conjunto dessas características associadas a uma forte influência fluvial no estuário favorece a presença de uma comunidade zooplanctônica diferente dos outros estuários, com espécies dominantes indicadoras de poluição (Silva et al., 1996). Grande parte dos grupos zooplanctônicos encontrados foram holoplanctônicos, resultado comum para estuários de Pernambuco (Silva et al., 1996; Magalhães, 2014 com as malhas 65 e 64 μm , respectivamente), principalmente quando nos referimos a rotíferos, que se mostra um grupo bem presente, como aconteceu nesse estudo, coincidindo com resultados encontrados no Capibaribe na década de 90, por Silva et al. (1996), que também encontraram 37 espécies de rotíferos, a maioria delas presente nesse estudo sendo o destaque para a família Brachionidae.

Os gêneros que foram mais frequentes e apresentaram maior densidade (Brachionus e Filinia) durante o período de coleta, são considerados rotíferos micrófagos e estão associados a ambientes com exposição antrópica, sua presença pode ser devido à grande quantidade de alimento no ambiente (Silva et al., 2019). A série de Hill mostrou que, nos dois períodos (seco e chuvoso), a maior diversidade e a dominância para rotíferos esteve no setor Meso-oligohalino, pontos mais críticos, os que mais recebem cargas de efluentes e uma influência maior de água doce. Rotíferos são considerados um dos principais representantes de águas dulcícolas (Souza, 2012).

Os rotíferos são conhecidos por estarem associados a ambientes com grande concentração de nutrientes (Sampaio et al., 2002), baixos valores de pH e indiferença a teores de oxigênio, mostrando seu caráter oportunista (Dantas et al., 2009). A presença de nutrientes como fósforo e nitrogênio podem modificar os hábitos alimentares e influenciar a densidade e composição desse grupo (Yin et al., 2018). Convertem a produção primária e chegam a produzir cerca de 30% da biomassa total do plâncton (Andreoli e Carneiro, 2005). Embora os ambientes eutróficos e hipereutróficos sejam dominados por rotíferos na maioria dos ambientes aquáticos do Brasil, eles são dominantes em densidade e riqueza independente do estado trófico do ambiente (Rocha et al., 1995)

Os copépodes foram representados por apenas duas espécies durante o período amostral: *Apocyclops procerus* (Herbst, 1955) e *Oithona oswaldocruzi*. Valor bem reduzido do que encontrado por Silva et al. (1996) no mesmo estuário e do que fala alguns autores sobre esse grupo ser frequente na maioria dos estuários (Matsumura-

Tundisi, 1972; Montú, 1987). Não apareceram espécies da ordem Calanoida, segundo Coelho-Botelho (2003), as espécies pertencentes a ordem é mais sensível e relacionadas a ambientes oligotróficos e oligo-mesotróficos. Já em um estudo feito nos reservatórios no estado de São Paulo (De-Carli et al., 2018), Calanoida esteve presente em ambientes com alta concentração de material em suspensão e eutróficos. Essas duas espécies já foram encontradas anteriormente no estuário da Bacia do Pina (PE) (Magalhães, 2014), ambiente que possui uma ligação com o rio Capibaribe. Silva et al. (1996) também encontraram *O. oswaldoruzzi* e uma espécie do gênero *Apocyclops* no mesmo ambiente, anos atrás.

O valor mais alto de densidade foi encontrado no período seco, os índices pluviométricos e salinidade influenciam na estrutura da comunidade zooplânctônica (Costa et al., 2008). No estudo de Jorge Filho et al. (2013) a maior densidade também foi encontrada no período seco, e a espécie *B. plicatilis* foi vista em todas as estações. O mesmo aconteceu para este estudo, mostrando que a espécie é eurihalina (Serpe et al., 2010), aguentando várias faixas de salinidade.

Dentre as espécies que foram bioindicadoras, *B. plicatilis* e *E. macrourus* foram indicativas de fatores abióticos relacionados a ambientes poluídos, a primeira espécie já é associada a ambientes eutrofizados e com alta carga de matéria orgânica (Porto-Neto, 2003; De-Carli et al., 2018). *B. angularis* indicou alta temperatura, mas já esteve associada a poluição orgânica em outro estudo feito por Santos (2008), que também encontrou correlações negativas entre salinidade e *B. caudatus*, confirmando sua bioindicação para ambientes Meso-oligohalinos. O grupo Polychaeta se mostrou indicativo de sólidos totais dissolvidos. No trabalho de Santos (2008), a sua frequência foi associada à quantidade de sedimento. O gênero *Apocyclops* é considerado sensível as alterações do ambiente (Macías, 2018), possível explicação para a espécie *Apocyclops procerus* ter sido indicadora de ambientes com valores altos de oxigênio.

9. Implicações para o manejo do Capibaribe

O zooplâncton nos dá uma resposta mais rápida e melhor do que está acontecendo no ambiente e o custo é bem mais baixo do que a avaliação química. O biomonitoramento pode ser feito junto com o CPRH, seguindo o protocolo disposto na

Tabela 4. Mas para que a qualidade da água melhore, são necessárias estratégias de conservação e algumas delas precisam de investimento da prefeitura.

A primeira delas seria (1) melhorar o saneamento básico da cidade e monitorar as empresas que realizam o tratamento de efluentes industriais e hospitalares para que não exista irregularidades e tratamento incorreto. Atualmente, só 39% da região metropolitana tem seus efluentes tratados (Revista Algomais, 2019) e essa consiste na principal fonte de eutrofização do ambiente.

(2) Deve haver um reforço da coleta de resíduos flutuantes do rio, onde deveria ser feita toda semana nos dois trechos, devido à grande quantidade de lixo que é jogado no ambiente todos os dias.

(3) implantação de filtros feito de rede em saídas de esgotos e bueiros, para evitar que mais lixo chegue até o rio, como já é feito nas cidades de Blumenau, São Paulo e outros países, como Austrália.

(4) Melhorar a divulgação das reuniões realizadas pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Capibaribe (COBH/Capibaribe), que são realizadas quatro vezes por ano e aberta ao público mas que também deveriam ser junto com os pesquisadores que tem o Capibaribe como objeto de estudo, para que a população soubesse o que vem sendo desenvolvido e o que está acontecendo no estuário, e juntos pudessem criar outras estratégias de conservação.

(5) Criar um plano de manejo, já que o estuário faz parte de uma Unidade de Conservação da Natureza do Recife, criada em 2008, e que estava prevista para ter início de suas atividades em 2019, mas que até o presente momento não se tem informações. A população possui o papel mais importante, o de entender a importância social e ecológica que o ambiente possui e ajudar na preservação do ambiente, seja mudando simples hábitos do dia a dia como parar de jogar lixo na rua, a cobrar do governo medidas para mudar a situação do rio

(6) Utilização do protocolo criado para biomonitorar o estuário, para que se possa ter uma resposta mais rápida e eficiente a cerca da qualidade da água do ambiente.

10. Conclusão

A grande frequência e densidade de rotíferos durante o estudo mostram que o estuário possui uma comunidade zooplânctônica dominada por espécies de pequeno

porte, principalmente por espécies microfagas. Os valores dos dados abióticos e a indicação de *E. macrourus* para baixo oxigênio dissolvido e *B. plicatilis* e *Polychaeta* para altos valores de sólidos totais dissolvidos confirmam a hipótese que a qualidade da água do estuário está sendo afetada por ações antrópicas, principalmente nos setores Meso-oligohalino e Polihalino. O Cyclopoida *Apocyclops procerus* foi indicador de alto valor de oxigênio dissolvido, podendo ser utilizado no monitoramento do estuário.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alden, R. W.; Dahiya, R. C. & Young Jr., R. J. 1982. A method for the enumeration of zooplankton subsamples. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 59(2-3): 185-206.
- Alvarado J.J, Aguilar J.F. Batimetría, salinidade, temperatura y oxígeno disuelto em aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 2009; 57(1): 19-29
- Andreoli, C. V. & Carneiro, C. (2005). *Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados*. Curitiba: Sanepar/ FINEP
- Apac. Agência Pernambucana de Águas e Clima. Comitê do Rio Capibaribe. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=7&subpage_id=61. Acesso em : 31 de julho de 2019.
- Araújo, H.M.P; Nascimento-Vieira, D.A; Neumann-Leitão, S; Schwamborn, R; Lucas, A.P.O; Alves, J.P.H. Zooplankton community dynamics in relation to the seasonal cycle and nutrient inputs in an urban tropical estuary in Brazil. *Braz. J. Biol.*, 68(4): 751-762. 2008.
- Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D. & Stribling, J.B. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, 2a ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Bickel, S. L.; Tang, K. W.; Grossart, H.P. 2009. Use of aniline blue to distinguish live and dead crustacean zooplankton composition in freshwaters. *Freshwater Biology*, vol. 54, p. 971–981.
- Brasil. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 12 de julho de 2019.
- Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS*. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

Brasil. Ministério Da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Brasília. Disponível

em:http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html.

Acesso em: 12 de julho de 2019.

Carvalho, A. R.; Schlittler, F. H. M.; Tornisielo, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, São Paulo, v.

Cesário, M.F.P. Um estudo da viabilidade do uso turístico do rio Capibaribe no Recife. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. 2006.

Costa, K. G., L. C. C. Pereira & R. M. Costa, 2008. Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 3(2): 127-141.

Costa, M. F., Araújo, M. C. B., Silva-Cavalcanti, J. S. Guia de Campo: estuário do Rio Capibaribe. Recife, 2015.

De-Carli, B. P.; F. P. De Albuquerque, V. Moschini-Carlos & M. Pompêo. 2018. Comunidade zooplanctônica e sua relação com a qualidade da água em reservatórios do Estado de São Paulo. *Iheringia, Série Zoologia*, 108: e2018013. DOI: 10.1590/1678-4766e2018013 23, n. 5, 2000.

Day Jr, J. W.; Yánes-Arancibia, A. Coastal Lagoons and estuaries: Ecosystems approach. *Cienc. Interam.*, 22: 11-26, 1982

Elliott. M & Quintino V. The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Mar. Poll. bull.*, 54: 640-645. 2007.

Feitosa, F.A.N., Nascimento, F.C.R., Costa, K.M.P. (1999) – Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na Bacia do Pina, Recife-PE. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* (ISSN: 1679-3013), 27(2):1-13, Recife, PE, Brasil.

Galdino, T. S., Gusmão, L. M. O. S., Neumann-Leitão, S., Silva, T. A., Schwamborn, R., & Oliveira, G. C. (2007). Zooplâncton como indicador da qualidade ambiental nas desembocaduras norte e sul do Canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE, Brasil. In:

Sociedade de Ecologia do Brasil (Ed.) Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu, Sociedade de Ecologia do Brasil. p. 1-2.

Gasca, R.; Segura, P. L.; Suárez, E. El zooplancton marino. In: R.Gasca; E. Suárez. Introducción al estudio del zooplancton marino. México: ECOSUR/CONACYT, 1996. 711p.

Gaspar, L. *Bairros do Recife*. Pesquisa Escolar Online. Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/index.php> Acesso em: 04 de dez de 2019.

Goulart, M. D., & Callisto, M. (2003). Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, 2(1), 156-164.]

Kremen, C. (1992). Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*, 2(2), 203-217.

Lansac Tôha, F. A. & Lima, A. F. 1993. Ecologia do zooplâncton do Estuário do Rio Una do Prelado (São Paulo, Brasil). *Acta Limnol. Brasil.*, 6:82-95.

Macedo, S. J. D. et al. Heavy metal concentrations in sediments of the Capibaribe River Estuary in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco-Brazil. *Sustainable Development and Planning III.*, v. 2, p. 357-365, 2007.

Machado, L. P., Garção, H. F., Fontana, G. H., & de Oliveira, M. D.(2007) IV-120-Avaliação da qualidade da água da zona estuarina do rio Reis Magos. *Nova*, 2, P1.

Macías, E. M. (2018). A comunidade zooplanctônica em um gradiente de poluição antrópica em um Complexo Estuarino Lagunar. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto. 25p.

McLusky, D.S., Elliott, M., 2004. *The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management*, third ed. Oxford University Press, Oxford, 216 pp.

Magalhães, G. M. O. Produção de Copepoda do plâncton em um estuário impactado no nordeste brasileiro. Recife, 2014. 87f. Tese (Doutorado em Oceanografia). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

Martins, P. A. L., Lopes, S. M. J., & Melo, O. D. (2006). Zooplâncton como bioindicador da qualidade ambiental no estuário do Rio Anil, São Luís, Maranhão. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 19(1), 51-60.

Melo Júnior, M. De; Melo, P. A. M. C.; Almeida, V. L. Dos S.; Paranhos, J. D. N.; Silva Filho, J. P. & Neumann-Leitao, S. 2015. Invertebrados planctônicos límnicos e marinhos. *Métodos em ecologia e comportamento animal*. 1ed. Teresina: EDUFPI, p. 52-75.

Neumann-leitão, S. Schwamborn, R. Interações tróficas no Canal de Santa Cruz. P. 163-180. In: Barros, H. M. Eskinazi-Leça, E. Macedo, S. J. Lima, T. (Eds) *Gerenciamento participativo de estuários e manguezais*. Recife, Editora Universitária. 252p. 2000

Oliveira, T. S.; Barcellos, R. L.; Schettini, C. A. F.; Camargo, P. B. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. *J. Integr. Coast. Zone Manag.*, v. 14, n. 3, p. 399-411, 2014.

Ottmann, F.; Okuda, T.; Cavacanti, L. B.; Silva, O. C.; Araújo, J. V. A.; Coelho, P. A.; Paranaguá, M. N.; Eskinazi, E. Estudo da Barra das Jangadas - Parte V- Efeitos da poluição sobre a ecologia do estuário. *Trab. Oceanogr. da Univ. Fed. de Pe.*, Recife, 7:7-16, 1965.

Parron, L. M.; Muniz, D. H. De F.; Pereira, C. M. (2011). Documentos 232: Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Colombo: Embrapa Florestas, 67 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>. Acesso em: 12 de julho de 2019.

Pennak, R. W. 1991. *Fresh water invertebrates of the United States*. 3 ed. New York: John Wiley et Sons Inc.

Perbiche-Neves, G.; L. R. Favareto; D. A. de Oliveira Naliato & M. Serafim-Júnior. 2009. Similaridade do micro-zooplâncton e relações com variáveis ambientais em um estuário subtropical. *Revista Brasileira de Biociências*. 8 (1): 3-8.

Pereira da Silva, J. Sedimentologia, batimetria, qualidade da água e vulnerabilidade do Rio Capibaribe na cidade do Recife-PE. 2003. Dissertação (Mestrado). Programa

de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

Portal Da Qualidade Das Águas. Indicadores de qualidade .2009. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em 12 de julho de 2019.

Porto Neto, F. de F. Zooplankton as bioindicator of environmental quality in the Tamandaré reef system (Pernambuco - Brazil): Anthropogenic influences and interaction with mangroves. ZMT Bremen, Universität Bremen. 167 p. 2003

Recife. Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana- EMLURB. Disponível em: <https://www.recife.pe.gov.br/pr/servicospublicos/emlurb/coletaderesiduos.php>. Acesso em: 01 de agosto de 2019.

Revista Algomais. Saneamento, uma antiga demanda do Recife. Disponível em: <http://revista.algomais.com/saude/saneamento-uma-antiga-demanda-do-recife>. Acesso em: 01 de agosto de 2019.

Sampaio, E. V. ET AL. Composição e abundância do zooplâncton em zona limnética de sete reservatórios do Rio Paraná, Brasil, Brazilian Journal of Biology, São Carlos, v. 62, n. 3, 525-545, 2002.

Santos, T.G. dos; Gusmão, L.M.O.; Neumann-Leitão, S.; Cunha, A.G. da. Zooplâncton como indicador biológico da qualidade ambiental nos estuários dos rios Carrapicho e Botafogo, Itamaracá-PE. Revista Brasileira Engenharia de Pesca, v. 4, n.1, p. 44-56, 2009.

Schettini C.A.F.; Paiva, B.P.; Batista, R.A.L.; Oliveira Filho, J.C; Truccolo, E.C. 2016. Observation of an Estuarine Turbidity Maximum in the Highly Impacted Capibaribe Estuary, Brazil. Brazilian Journal of Oceanography, 64(2):185-190.

Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. Estratégia de planejamento e gestão das unidades de conservação da natureza do recife. Disponível em: <https://licenciamento.recife.pe.gov.br/sites/default/files/PLANO%20DE%20MANEJO%20-%20Outubro-2018.pdf>. Acesso em: 30 de julho de 2019.

Serpe, F. R.; Adloff, C. T.; Crispim, M. C. & Rocha, R. M. Comunidade zooplanctônica em um estuário no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v.5, n. 3, p. 51-73, 2010.

Silva, J.P.S. Sedimentologia, batimetria, qualidade da água e vulnerabilidade do rio Capibaribe na cidade do Recife-PE. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. 2003.

Silva, T. A., Paranaguá, M. N., Neumann-Leitão, S. & Nogueira-Paranhos, J. D., 1996, Zooplâncton do estuário do rio Capibaribe – PE (Brasil). *Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE.*, 24: 97-102.

Silva, A. E. P., Angelis, C. F., Machado, L. A. T., Waichaman, A. V. 2008. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta amazônica* v. 38, n. 4. p.733-742.

Soulé, M. E. (1990). The onslaught of alien species and other challenges in the coming decades. *Conservation Biology*, 4(3), 233-240.

Souza, M. R. D. (2012). Influências ambientais e biológicas sobre organismos zooplanctônicos e sua utilização como bioindicadores.

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, 2014. ISSN 0142-7873. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbu014> >.

Tang, K.W.; Elliott, D.T. 2014. Copepod carcasses: occurrence, fate and ecological importance. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68: 499–508, 2014.

Teixeira, S. F.; Campos, S.S.; Andrade, A.L.R.H. Qualidade da água no baixo rio Capibaribe, Recife, Pernambuco. In: *Encontro das águas*, UNICAP, Recife, 2013.

Tundisi, T. M. 1972. Aspectos ecológicos do zooplâncton da região lagoar de Cananéia, com especial referência aos Copepoda (Crustacea). Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. 191p.

Valentim M. M. 2017. Relação da salinidade e turbidez nos limites de um estuário amazônico. Trabalho de conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.

Vasco A.N., Ribeiro D.O., Santos A.C.A.S., Mello Júnior A.V., Tavares E.D., Nogueira L.C. 2010. Qualidade da água que entra no estuário do rio Vaza Barris pelo principal fluxo de contribuição de água doce. *Scientia Plena*, 6(9):1-10

Vercellino, I.S. & Bicudo, D.C. 2006. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. *Revista Brasileira de Botânica* 29(3): 363-377.

Yin, L., Ji, Y., Zhang, Y., Chong, L., & Chen, L. 2018. Rotifer community structure and its response to environmental factors in the Backshore Wetland of Expo Garden, Shanghai. *Aquaculture and Fisheries*, 3(2), 90–97. DOI: 10.1016/j. aaf.2017.11.001

12. ANEXOS

Tabelas

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais coletadas durante as seis campanhas nos setores meso-oligohalino, polihalino e euhalino, do período seco e chuvoso.

Variáveis	Período seco			Período chuvoso		
	Meso-oligohalino	Polihalino	Euhalino	Meso-oligohalino	Polihalino	Euhalino
Temperatura (°C)	29,83±1,26	29,11±1,32	29,95±1,26	27,42±0,61	27,48±0,73	27,63±1,16
Potencial hidrogeniônico	7,3±0,26	7,49±0,28	7,46±0,17	6,42±0,28	6,21±0,21	6,58±0,28
Salinidade	1,82±2,80	5,33±4,26	21,58±5,76	0,15±0,05	0,25±0,08	8,68±5,29
Oxigênio dissolvido (mg/L)	3,87 ±0,53	5,47 ±1,36	3,35 ±1,70	1,09±0,14	1,53±0,43	2,88±1,17
Turbidez (NTU)	59,79±13,87	52,25±19,09	38,24±14,47	35,17±11,14	30,33±12,16	34,22±10,18
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	2,29 ±2,85	5,98±4,32	21,09 ±4,99	0,21±0,02	0,34 ±0,10	9,14±5,24

Tabela 2. Composição e densidade média da fauna planctônica dos setores Euhalino (salinidade ~30-35); Polihalino (salinidade ~20-25) e Meso-oligohalino (salinidade ~5-15) no período seco e chuvoso.

Táxon	Período seco			Período chuvoso		
	MS	PO	EU	MS	PO	EU
ROTIFERA						
Classe Bdelloidea	11,61	13,08	5,88	25,38	43,37	6,15
Família Euchlanidae						
<i>Beauchampiella eudactylota</i> (Gosse, 1886)	-	-	-	0,11	0,05	-
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	-	-
Família Brachionidae						
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	116,37	231,48	40,37	9,47	47,61	12,01
<i>Brachionus bidentata</i> (Anderson, 1889)	-	-	-	0,05		
<i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas, 1766)	39,71	37,13	1,44	61,91	523,65	1,58
<i>Brachionus caudatus</i> (Barrois and Daday, 1894)	289,37	200,56	6,78	127,14	729,76	63,72
<i>Brachionus dimidiatus</i> (Bryce 1931)	0,92	-	-	-	-	-
<i>Brachionus dolabratus</i> (Harring, 1915)	-	-	0,89	-	-	-
<i>Brachionus falcatus</i> (Zacharias, 1898)	4,57	1,76	-	0,57	0,25	0,11
<i>Brachionus forficula</i> (Wierzejski, 1891)	-	-	-	0,09	0,13	-
<i>Brachionus havanaensis</i> (Rousselet, 1911)	-	-	1,44	-	-	-
<i>Brachionus leydigi</i> (Cohn, 1862)	5,39	7,78	0,21	-	0,04	-
<i>Brachionus plicatilis</i> (Müller, 1786)	633,06	1223,81	375,88	0,09	2,51	185,69
<i>Brachionus polyacanthus</i> (Ehrenberg, 1834)	1,74	-	-	-	-	-
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)	-	-	-	0,04	-	-

<i>Brachionus urceolaris</i> (Müller, 1773)	-	-	0,60	-	-	-
<i>Keratella americana</i> (Carlin, 1943)	-	-	0,42	0,05	0,05	-
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786).	0,42	0,53	1,04	-	-	-
<i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)	0,21	-	-	0,38	-	-
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	0,09	-	-
Família Epiphanidae						
<i>Epiphanes clavulata</i> (Ehrenberg, 1831)	-	-	6,45	1,04	3,02	-
<i>Epiphanes macrourus</i> (Barrois & Daday, 1894)	0,42	-	0,30	0,88	6,36	0,10
Família Trochosphaeridae						
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	35,88	16,52	0,10	11,68	41,48	0,32
<i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898)	4,89	2,50	-	-	-	-
<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)	269,50	108,38	-	48,40	168,62	2,43
Família Hexarthridae						
<i>Hexarthra</i> sp	-	1,20	0,16	1,68	-	-
Família Lecanidea						
<i>Lecane aquila</i> (Harring & Myers, 1926)	-	-	-	0,08	0,11	0,06
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1886)	-	-	-	0,06	0,30	0,04
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)	-	-	-	0,24	2,08	-
<i>Lecane decipiens</i> (Murray, 1913)	0,10	-	-	0,10	-	-
<i>Lenace lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	5,42	-
<i>Lecane papuana</i> (Murray, 1913)	-	-	-	0,04	0,05	0,06
<i>Lecane tryphema</i> (Harring & Myers, 1926)	-	-	-	0,71	-	-
Família Lepadellidae						
<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1786)	-	-	-	0,05	-	0,08
Família Synchaetidae						
<i>Polyarthra</i> sp. (Carlin, 1943)	0,71	-	0,30	0,29	4,67	-
Família Testudinellidae						
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	-	-	-	0,15	4,30	-
ANNELIDA						
Classe Polychaeta (larva)	2,13	3,54	44,00	0,24	0,08	42,92
MOLLUSCA						
Classe Gastropoda (veliger)	-	3,62	7,67	0,53	-	0,04
CRUSTACEA						
Ordem Cladocera						
Família Sididae						
<i>Diaphanosoma spinulosum</i> (Herbst, 1975)	-	-	-	0,05	0,05	-
Família Moinidae						
<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1875)	9,32	2,50	-	0,33	-	-
Ordem Decapoda (Zoea de Brachyura)						
Subclasse Copepoda	-	--	1,04	-	-	-

Ordem Cyclopoida						
Nauplius de Cyclopoida	189,36	618,10	336,37	2,31	2,13	111,60
Família Cyclopidae						
<i>Apocyclops procerus</i> (Herbst, 1955)	99,96	115,59	47,32	4,81	16,57	14,81
Família <u>Oithonidae</u>						
<i>Oithona oswaldocruzi</i> (Oliveria, 1945)	5,78	53,62	55,35	0,05	-	1,10
Subclasse Cirripedia						
Larva de Cirripedia (cipris)	-	3,00	3,33	-	-	-
Nauplius de Cirripedia	-	-	21,25	0,04	-	1,07
CHAETOGNATHA	-	-	-	0,05	-	0,10
CHORDATA						
Teleostei (ovos)	-	1,34	4,17	-	-	0,08

(-) Espécies raras ou que só apareceram em alguns dos setores

Tabela 3. Espécies caracterizadas pelo valor indicativo de >70% para parâmetros ambientais da água e sazonalidade.

Táxon	Parâmetro ambiental	Valor do indicador (%)	P
<i>Brachionus angularis</i>	Meso-oligohalino	90	0,005
<i>Brachionus caudatus</i>	Meso-oligohalino	92	0,005
	°C < 28	87	0,005
<i>Brachionus calyciflorus</i>	°C < 28	82	0,005
	STD < 7 mg/L	91	0,005
<i>Brachionus plicatilis</i>	STD ≥ 7 mg/L	96	0,005
<i>Epiphanes macrourus</i>	Oxigênio dissolvido < 2 mg/L	96	0,005
<i>Filinia terminalis</i>	STD < 7 mg/L	97	0,005
<i>Oithona oswaldocruzi</i>	Polihalino	71	0,05
	Período seco	74	0,015
	pH ≥ 7	75	0,005
<i>Apocyclops procerus</i>	Oxigênio dissolvido ≥ 2 mg/L	89	0,005
Nauplius de cyclopoida	Período seco	95	0,005
Polychaeta	Eusalino	90	0,005
	STD ≥ 7	90	0,005

Tabela 4. Protocolo com os procedimentos para biomonitoramento da qualidade da água do estuário do rio Capibaribe.

Protocolo para biomonitoramento do estuário do Rio Capibaribe

Período de amostragem	<ul style="list-style-type: none">• Período chuvoso e seco;• No mínimo duas amostragens por ano para cada período;
Equipamento de coleta	<ul style="list-style-type: none">• Potes para armazenamento das amostras;• Balde graduado;• Rede de plâncton de 45µm;
Tipo de amostragem	<ul style="list-style-type: none">• As amostras devem ser coletadas a partir de filtração de no mínimo 100L, com o auxílio do balde graduado e a rede de plâncton;
Estações	<ul style="list-style-type: none">• Definição de 3 pontos de coleta, um para cada um dos setores (Meso-oligohalino, Polihalino e Euhalino);
Etiquetagem, fixador, corante	<ul style="list-style-type: none">• Todos os potes devem ser etiquetados com local, data e pontos de coleta, volume filtrado e a rede utilizada;• Fixação com formaldeído a 4%;• Corados com Rosa de Bengala;
Triagem	<ul style="list-style-type: none">• As amostras serão diluídas de acordo com a concentração de organismos;• Serão analisadas 3 subamostras (2ml) com reposição para cada amostra;• Com o auxílio de câmaras de Sedgewick-Rafter, estereomicroscópio e microscópio;
Nível taxonômico	<ul style="list-style-type: none">• Os animais devem ser identificados até o nível de espécie, com ajuda de literatura especializada;
Espécies bioindicadoras	<p>As seguintes espécies e/ou grupos podem ser utilizados para bioindicação da qualidade da água do estuário:</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Epiphanes macrourus</i>- Ambientes com baixo oxigênio dissolvido.• <i>Brachionus plicatilis</i> e larva de Polychaeta - Altos valores de sólidos totais dissolvidos.• O Copepoda <i>Apocyclops procerus</i> – Alto valor de oxigênio.
Tratamento de dados	<ul style="list-style-type: none">• Cálculo de densidade das espécies.

Figuras

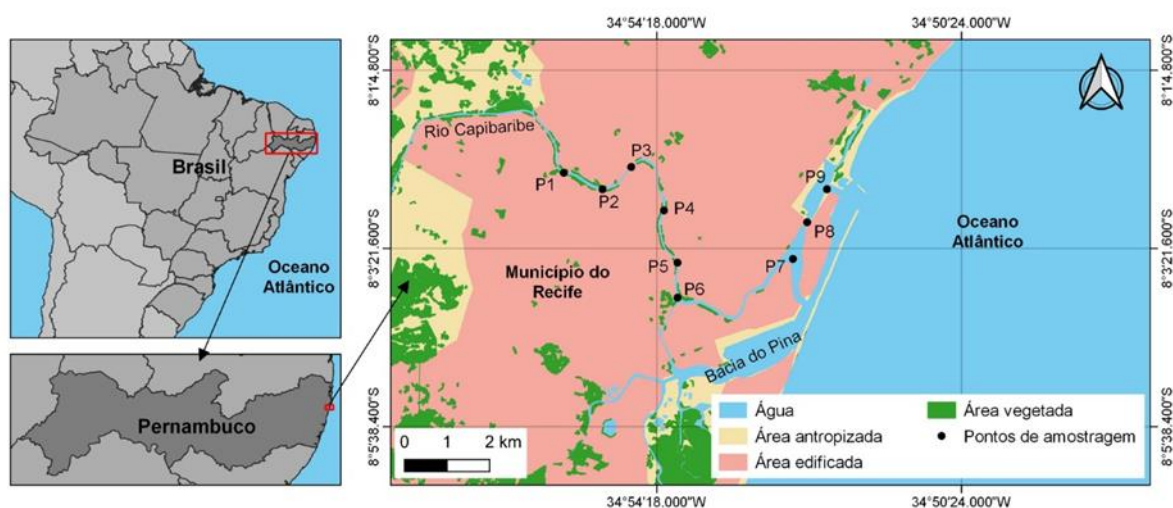


Figura 1. Mapa com os pontos de coleta no estuário da baía do Capibaribe localizado na zona urbana da cidade de Recife (PE, Brasil).

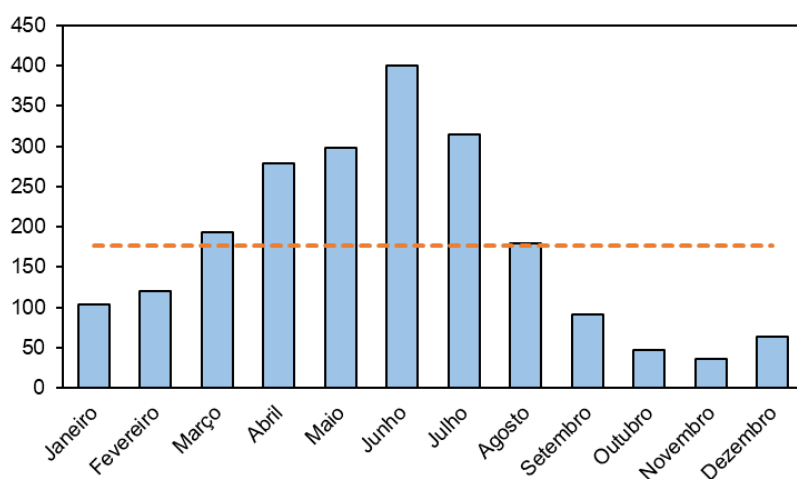


Figura 2. Gráfico da média pluviométrica histórica da cidade de Recife nos últimos 26 anos.

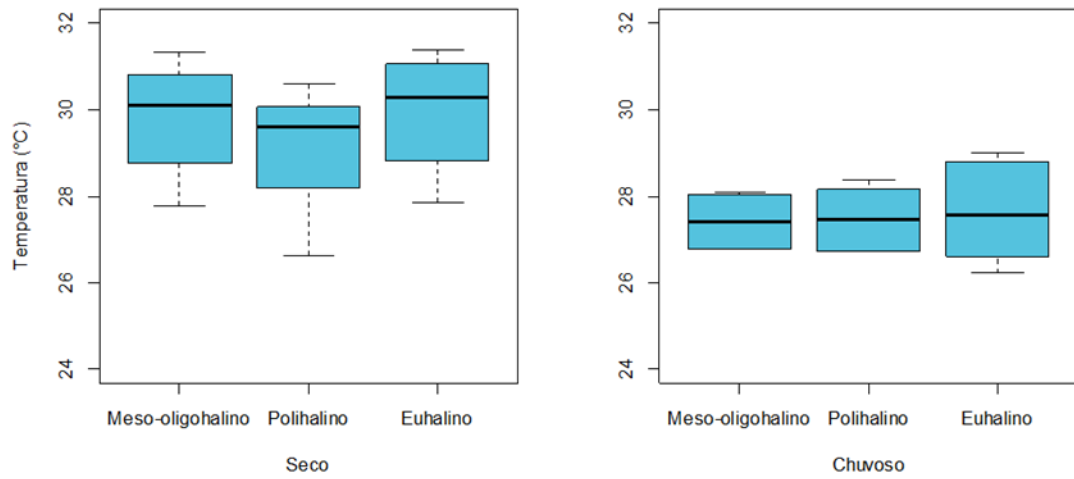


Figura 3: Variação sazonal da temperatura nas estações durante o período de coleta.

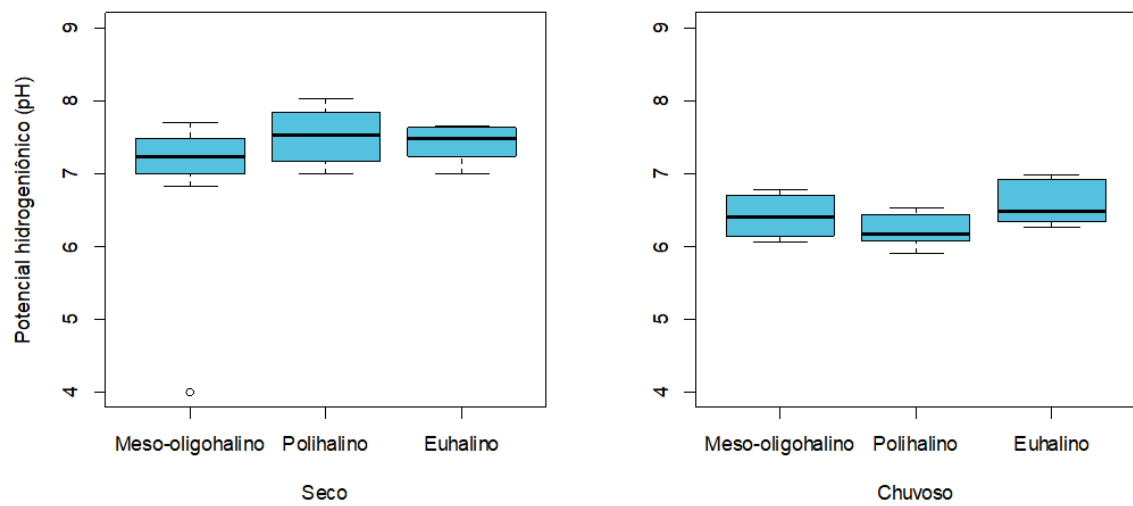


Figura 4: Variação sazonal do pH nas estações durante o período de coleta.

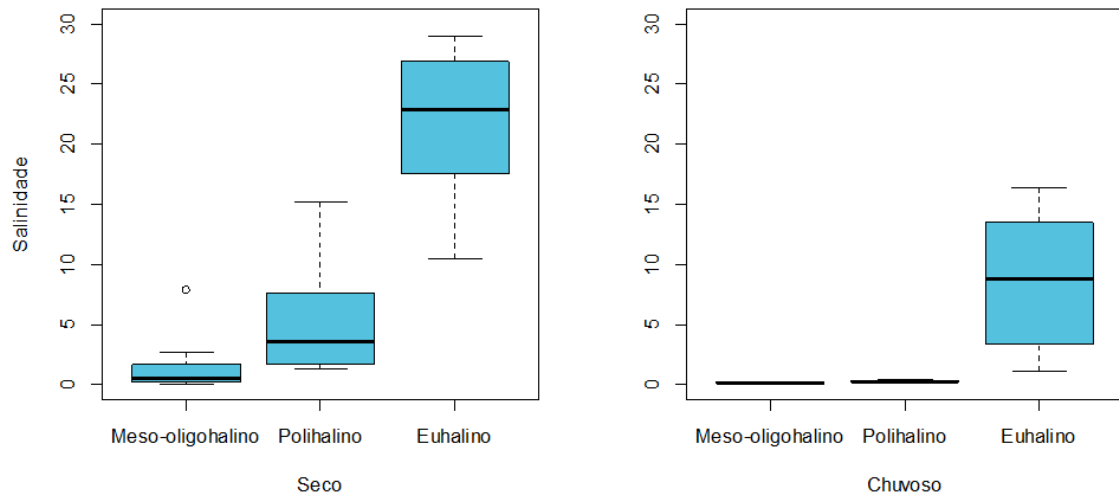


Figura 5: Variação sazonal da salinidade nas estações durante o período de coleta.

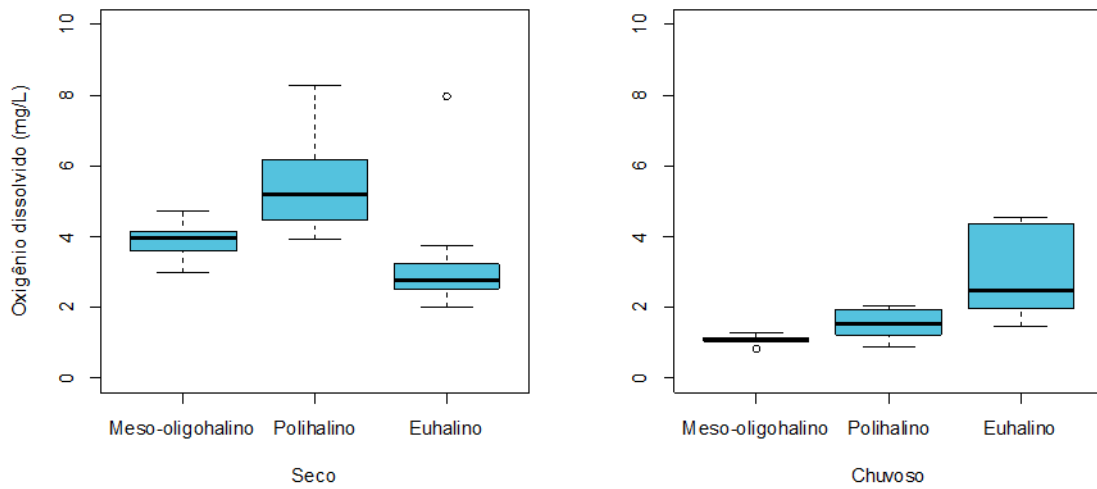


Figura 6: Variação sazonal do oxigênio dissolvido nas estações durante o período de coleta.

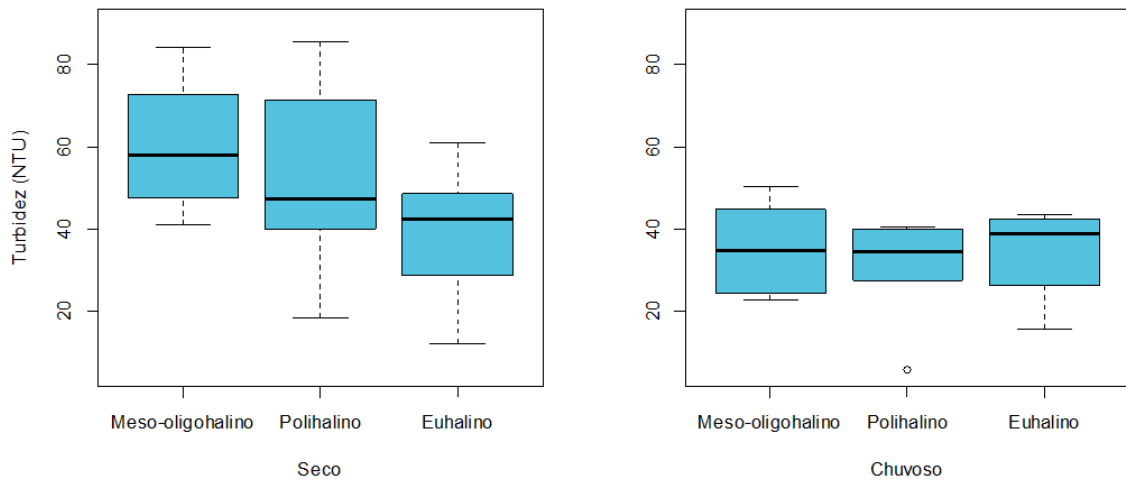


Figura 7: Variação sazonal da turbidez nas estações durante o período de coleta.

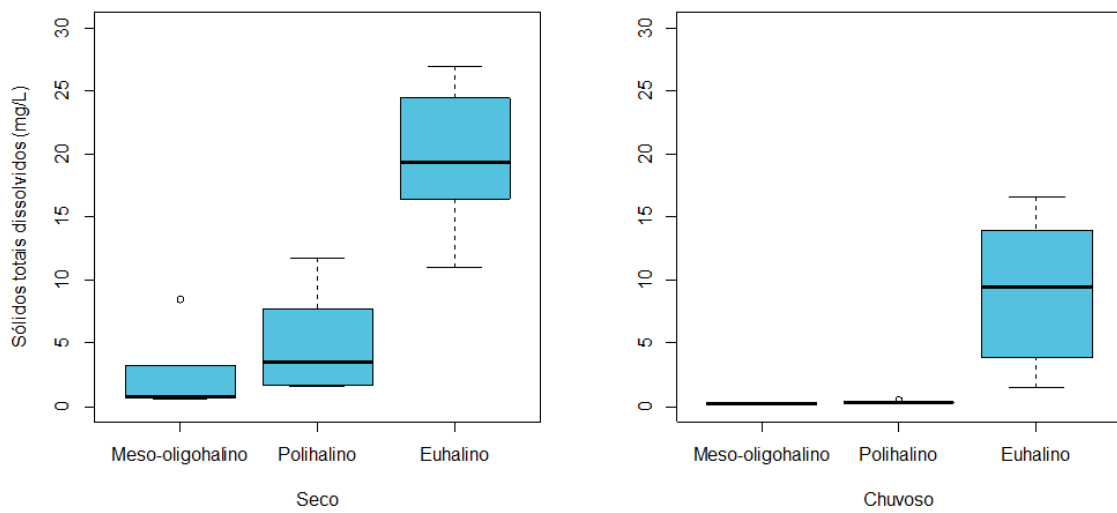


Figura 8: Variação sazonal dos sólidos totais dissolvidos nas estações durante o período de coleta.

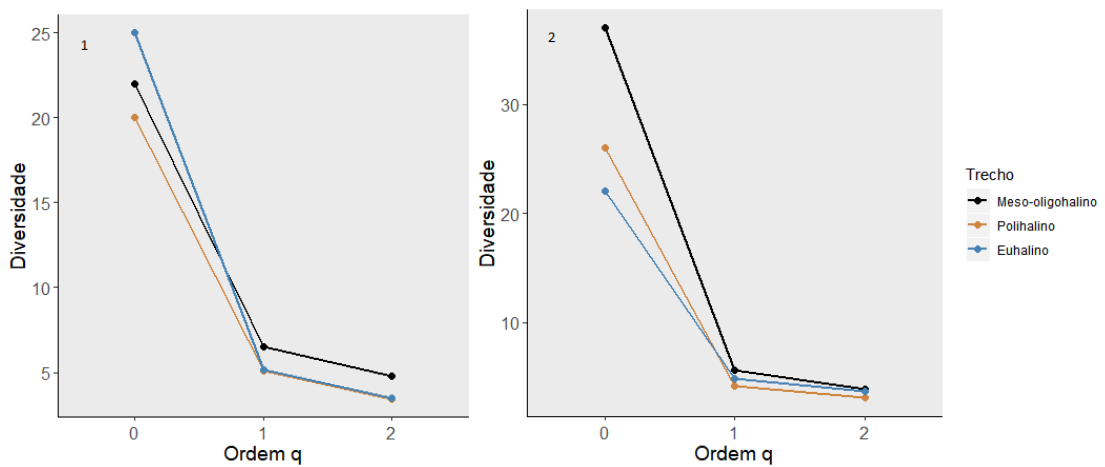


Figura 9: Índice de diversidade nos setores Meso-oligohalino, Polihalino e Euhalino no período seco (1) e chuvoso (2).