



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA**

**LISBETHE MELO SCKYR AHNDREW**

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE CLADOCERA (CRUSTACEA-  
BRANCHIOPODA) EM UMA REGIÃO PORTUÁRIA AMAZÔNICA (BRASIL)**

**BELÉM-PARÁ**

**2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUÁTICA E PESCA**

LISBETHE MELO SCKYR AHNDREW

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE CLADOCERA (CRUSTACEA-  
BRANCHIOPODA) EM UMA REGIÃO PORTUÁRIA AMAZÔNICA (BRASIL)**

Dissertação submetida ao Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientador: Dr. Marcelo de Oliveira Lima

BELÉM-PARÁ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A285v Ahndrew, Lisbethe Melo Sckyr

Varição espaço-temporal de Cladocera (Crustacea-Branchiopoda) em uma região portuária amazônica (Brasil) / Lisbethe Melo Sckyr Ahndrew. — 2018

72 f. : il. color

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Marcelo de Oliveira Lima

1. Indicador ambiental. 2. Monitoramento ambiental. 3. Zooplâncton. I. Lima, Marcelo de Oliveira, *orient.* II. Título

---

CDD 577.60981

LISBETHE MELO SCKYR AHNDREW

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE CLADOCERA (CRUSTACEA-  
BRANCHIOPODA) EM UMA REGIÃO PORTUÁRIA AMAZÔNICA (BRASIL)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra em Ecologia Aquática e Pesca.

Data: 21/03/2018

Orientador:



Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Lima  
Instituto Evandro Chagas (IEC)

Banca examinadora:



Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli Lemos (UFPA)



Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho (UFPA)



Dra. Danielly Brito de Oliveira (ICMBio)

BELÉM-PARÁ

2018

## INSTITUIÇÕES DE APOIO E FONTE FINANCEIRA



Programa de Pós-Graduação  
Ecologia Aquática  
e Pesca



*Dedico este trabalho ao meu pai Eduardo Frank e a  
minha mãe Maria do Carmo.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, tão bom, amável e misericordioso, por me fortalecer e ajudar a enfrentar os desafios da vida e a vencer as dificuldades, guiando e abençoando sempre meus passos;

Aos meus pais, Eduardo Frank Sckyr Ahndrew e Maria do Carmo Pereira de Melo, às minhas irmãs Gellyn Ahndrew Souza e Marchury Melo Ahndrew, a minha avó Inácia Melo, aos meus sobrinhos Marília e Jean, por todo amor, dedicação e apoio em minha vida;

À Universidade Federal do Pará, através do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca por contribuir para minha formação profissional; Ao Instituto Evandro Chagas (IEC), Seção de Meio Ambiente pela oportunidade de desenvolver este trabalho e conhecimento obtido desde a minha iniciação científica; À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao meu orientador Dr. Marcelo Lima, pela orientação, paciência e apoio na realização deste trabalho; A Msc. Samara Pinheiro, pelo conhecimento transmitido, apoio, incentivo e amizade, desde o início da minha iniciação e durante a realização deste trabalho;

A Dra. Eliane Brabo e às mestres Vanessa Costa, Aline Gomes e Celly Cunha pela ajuda, por poder dividir minhas dificuldades, pelos conselhos, amizade e todo apoio que tive;

À equipe (Vanessa Costa, Samara Pinheiro, Eliane Brabo, Aline Gomes, Celly Cunha, Francisco Arimatéia, Graziela Jones, Hanna Corrêa, João Vitor, Paola e Rubney) do Laboratório de Biologia Ambiental, a Kelson e Bruno Carneiro, do Laboratório de Toxicologia, pelo apoio e amizade; A Paulo Trindade pela ajuda na elaboração do mapa;

Aos meus amigos do mestrado, em especial à Aline Enir; Aos meus amigos, Juliana Vasconcelos, Tatiana Rodrigues, Anderson Santos, Debora Regina, Douglas, Isadora, Patrícia, Camilla, Diene, Fernanda, Danielson, Bárbara, Marco e Keulee, pelo carinho, torcida, compreensão e apoio ao longo de toda nossa amizade;

E àqueles que de alguma forma contribuíram para a realização dessa conquista, muito obrigada!

## RESUMO

As regiões portuárias são importantes vias de acesso para a economia mundial. No entanto, essas regiões são expostas a riscos ambientais, devido à produção e descarte de resíduos tóxicos pelas embarcações, podendo desencadear alterações na composição natural da biota aquática, principalmente na comunidade planctônica. Dentre os componentes do plâncton, destacam-se os Cladocera, microcrustáceos zooplânctônicos, considerados indicadores da qualidade ambiental, devido suas características como filtradores, curto ciclo de vida e rápidas respostas às elevadas concentrações de contaminantes na água. Deste modo, o presente estudo objetivou avaliar as influências dos fatores ambientais sobre a densidade e composição de Cladocera, em uma área portuária na Região Metropolitana de Belém (Pará, Brasil). As coletas foram realizadas trimestralmente, nos meses de março a dezembro, nos anos de 2014 e 2015. As amostras foram obtidas através de arrastos horizontais na sub-superfície da água, com rede de plâncton (120 $\mu$ m), em quatro locais na Baía do Guajará: à montante e à jusante aos Portos de Belém e Porto de Outeiro. Simultaneamente às coletas foram efetuadas mediações *in situ* dos fatores físico-químicos e coleta de água para análise de nutrientes e clorofila-*a*. A composição taxonômica foi representada pela sub-ordem Anomopoda, composto pelas famílias: Bosminidae, Moinidae, Daphniidae, Chydoridae, Ilyocryptidae e Macrothricidae; e pela sub-ordem Ctenopoda, representado pela família Sididae. As espécies *Moina minuta*, *Diaphanosoma birgei*, *Bosminopsis deitersi* foram as que mais se destacaram tanto em densidade, frequência de ocorrência e abundância relativa, como indicadoras dos processos de alterações ambientais. As águas superficiais da Baía do Guajará foram classificadas, de acordo com os cálculos do Índice de Estado Trófico (IET), como eutrófica e supereutrófica, e algumas variáveis físico-químicas apresentaram diferenças significativas entre os diferentes períodos sazonais, como por exemplo, oxigênio dissolvido, turbidez, demanda química de oxigênio e fósforo total obtiveram maiores concentrações durante o período chuvoso. Os processos de alterações ambientais na qualidade da água da região portuária podem provocar modificações na composição e densidade de Cladocera. Desse modo, é importante o monitoramento desses organismos aliados a outros parâmetros microbiológicos para avaliação da qualidade ambiental da água.

**Palavras-chave:** Indicador Ambiental. Monitoramento Ambiental. Zooplâncton.

## ABSTRACT

Port regions are important access routes for the world economy. However, these regions are exposed to environmental risks, due to the production and disposal of toxic wastes by vessels, and may trigger changes in the natural composition of the aquatic biota, especially in the planktonic community. Among the components of the plankton, Cladocera, zooplankton microcrustaceans, are considered indicators of environmental quality, due to their characteristics as filters, short life cycle and rapid responses to high contaminant concentrations in water. Thus, the present study aimed to evaluate the influence of environmental factors on the density and composition of Cladocera, in a port area in the Metropolitan Region of Belém (Pará, Brazil). The samples were collected quarterly from march to december in the years 2014 and 2015. The samples were obtained through horizontal trawls on the water subsurface, with plankton net (120 $\mu$ m), at four sites in Guajará Bay: upstream and downstream of the Ports of Belém and Outeiro Port. Simultaneously to the collections were performed in situ measurements of the physicochemical factors and water collection for analysis of nutrients and chlorophyll-*a*. The taxonomic composition was represented by the Anomopoda suborder, composed by the families: Bosminidae, Moinidae, Daphniidae, Chydoridae, Ilyocryptidae and Macrothricidae; and the Ctenopoda suborder, represented by the Sididae family. The species *Moina minuta*, *Diaphanosoma birgei*, *Bosminopsis deitersi* were the ones that stood out the most in density, frequency of occurrence and relative abundance, as indicators of environmental change processes. The surface waters of Guajará Bay were classified according to the Trophic State Index (TSI) calculations as eutrophic and supereutrophic, and some physicochemical variables showed significant differences between the different seasonal periods, such as dissolved oxygen, turbidity, chemical oxygen demand and total phosphorus obtained higher concentrations during the rainy season. The processes of environmental changes in the water quality of the port region can cause modifications in the composition and density of Cladocera. Therefore, it is important to monitor these organisms together with other microbiological parameters to evaluate the environmental quality of the water.

**Keywords:** Environmental Indicator. Environmental monitoring. Zooplankton.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo Geral

Figura 01. Espécies de Cladocera A: *Bosmina longirostris*; B: *Bosminopsis deitersi*; C: *Moina minuta*; D: *Diaphanosoma birgei*. .....16

Figura 02. Área de estudo e locais de amostragem. Onde: P1 e P2: Porto Belém; P3 e P4: Porto Outeiro. ....23

Figura 03. Representação esquemática do delineamento amostral, com o quantitativo de amostras coletadas durante o período do estudo na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil). .....24

Figura 04. Metodologia de coleta e análise dos organismos zooplancônicos registrados e da extração de colofila-*a* durante o período do estudo, na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil). Onde **A**: Arrasto horizontal na rede de plâncton; **B**: Fixação da amostra coletada; **C**: Preparação da amostra para análise qualitativa; **D**: Análise no microscópio invertido com câmera fotográfica acoplada; **E** e **F**: Filtragem de clorofila-*a*. ....27

### Capítulo 1

Figura 01. Área de estudo e locais de amostragem na Baía do Guajará, onde: P1 e P2: Porto Belém; P3 e P4: Porto Outeiro.....45

Figura 02. Média Mensal da Pluviosidade (mm) e velocidade média do vento (mps) registrados durante os anos de 2014, 2015 nos últimos 30 anos.....48

Figura 03. *Box-plot* da mediana e quartis do Índice de Estado Trófico na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).....53

Figura 04. Média da densidade total (org./m<sup>3</sup>) de Cladocera na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).....56

Figura 05. Abundância Relativa (%) de Cladocera na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).....57

Figura 06. Análise de componentes principais da média mensal dos fatores físico-químicos na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).....59

**LISTA DE TABELAS****Capítulo 1**

- Tabela 01. Média e desvio padrão (DP) das variáveis ambientais e concentração de clorofila-*a* ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).....50
- Tabela 02. Diferenças das variáveis ambientais e clorofila-*a* ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) entre os diferentes tratamentos (anos, meses, sazonalidade, maré, local e ano) na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).....51
- Tabela 03. Composição e frequência de ocorrência de Cladocera na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).....54
- Tabela 04. Resultados da Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando as variáveis ambientais na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).....58
- Tabela 05. Espécies/grupos de Cladocera com IndVal significativo ( $p \leq 0,05$ ), em relação aos diferentes anos: 2014 (Grupo 1), 2015 (Grupo 2), sazonalidade: chuvoso (Grupo 1), seco (Grupo 2), locais: P1 (Grupo 1), P2 (Grupo 2), P3 (Grupo 3) e P4 (Grupo 4), e meses: março (Grupo 1), junho (Grupo 2), setembro (Grupo 3) e dezembro (Grupo 4).....60

## SUMÁRIO

<b>INSTITUIÇÕES DE APOIO E FONTE FINANCEIRA.....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO GERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1. REVISÃO DE LITERATURA DE CLADOCERA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA	17
<b>2. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>20</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
3.1. OBJETIVO GERAL	21
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
4.1. ÁREA DE ESTUDO	21
4.2. DELINEAMENTO AMOSTRAL	23
4.4. AMOSTRAGEM	25
4.4.1. Físico-Química .....	25
4.4.2. Zooplâncton e Clorofila- <i>a</i> .....	25
4.5. ANÁLISES	25
4.6. TRATAMENTOS DE DADOS	27
4.6.1. Frequência de ocorrência.....	27
4.6.2. Índices de diversidade específica e equitabilidade .....	28
4.6.3. Densidade total .....	28
4.6.4. Abundância relativa.....	29
4.6.5. Índice de estado trófico (IET).....	29
4.6.6. Análises estatísticas .....	30
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>41</b>

<b>COMUNIDADE DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA) NA REGIÃO PORTUÁRIA DE UM ESTUÁRIO DA AMAZÔNIA (BRASIL).....</b>	<b>41</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>42</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>42</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
2.1 Área de estudo	44
2.2 Delineamento amostral	45
2.3 Amostragem	45
2.4 Análises laboratoriais	46
2.5 Análises estatísticas	47
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
3.1 Precipitação e Velocidade Média do Vento	48
3.2 Variáveis Ambientais e Índice de Estado Trófico	48
3.3 Composição Taxonômica	53
3.4 Frequência de Ocorrência	53
3.5 Densidade	56
3.6 Abundância Relativa e Índices Ecológicos	56
3.7 Análise de Componentes Principais	57
3.8 Análise Indicadora de Espécies	59
3.9 Correlação de Spearman	60
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>72</b>

## **ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A dissertação foi elaborada em formato de artigo científico, de acordo com o regimento em vigor do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará. Composta por uma introdução geral, objetivo geral e objetivos específicos, metodologia geral, um artigo científico e considerações finais.

A introdução geral aborda uma breve apresentação sobre as características morfológicas de Cladocera, bem como os principais fatores que influenciam na sua distribuição e uma revisão bibliográfica abordando trabalhos que utilizam esses organismos como indicadores da qualidade ambiental.

O artigo será submetido à revista *Ecological Indicators*, e teve como objetivo avaliar as influências dos fatores ambientais sobre a densidade e composição de Cladocera de uma área portuária na Baía do Guajará, Região Metropolitana de Belém (Pará, Brasil).

## CAPÍTULO GERAL

### 1. INTRODUÇÃO

A Bacia Amazônica abrange cerca de seis milhões de km<sup>2</sup> de extensão e 1.100 afluentes na América do Sul, sendo a maior parte localizada no Brasil (MMA, 2016). Cerca de um quinto da disponibilidade mundial de água doce se encontra nesta região (PACHECO et al., 2012). No Brasil, os principais rios da Bacia Amazônica são navegáveis e abrangem 24 mil km de extensa e importante rede hidroviária, onde foram instalados alguns principais portos, todos estratégicos para o desenvolvimento regional (SANT'ANNA, 1998).

As áreas portuárias são consideradas importantes vias de acesso, as quais possibilitam a integração da economia mundial com as atividades industriais, agropecuárias e minerais desenvolvidos na região (HOFMANN, 2015). No entanto, representam altos riscos socioambientais a partir dos possíveis encalhes, derramamento de cargas e resíduos tóxicos deixados pelas embarcações (RODRIGUES; CASTRO; FIGUEIREDO, 2013). Alguns desses impactos podem, de forma sinérgica, alterar a composição natural da biota aquática existente nessas áreas, destacando a comunidade planctônica (COSTA et al., 2016; PESSOA et al., 2009).

Entre os acidentes ambientais, podemos citar o naufrágio do navio 'Haidar' no porto de Vila do Conde, na cidade de Barcarena, Estado do Pará. Este naufragou com cerca de cinco mil bois vivos e 700 toneladas de combustível, em outubro de 2015, gerando graves danos ambientais, sociais e econômicos em toda região. Praias, localizadas próximas ao naufrágio, foram interditadas devido às manchas de óleo e mau cheiro ocasionado pela decomposição dos animais mortos (SÓTER; YURI, 2016).

Nos processos de alterações ambientais, o plâncton vem sendo utilizado como indicador das condições tróficas em estudos de monitoramento ambiental, devido suas características, como curto ciclo de vida e elevada sensibilidade às mudanças ocorridas no meio (COSTA et al., 2004). Entre os organismos planctônicos, o zooplâncton é constituído por diversos grupos taxonômicos, destacando os Cladocera, também conhecidos como "pulga d'água", devido seus movimentos natatórios em saltos (ELMOOR-LOUREIRO, 1997) (Figura 01).

Os Cladocera são microcrustáceos com comprimento corporal variando de 0,2 a 3,0 mm e a longevidade do adulto é de aproximadamente 12 dias (ELMOOR-LOUREIRO, 1997). Sua estrutura corpórea não é claramente segmentada e apresentam uma carapaça bivalve e pós-abdômen de morfologia variável, de grande relevância taxonômica (ELMOOR-LOUREIRO,

1997). Sua carapaça sofre o processo de muda, no qual o exoesqueleto antigo é substituído por um novo, à medida que ocorre o crescimento do corpo.

De acordo com Sars, Cladocera são, tradicionalmente, reunidos em quatro subordens: Ctenopoda, Anomopoda, Haplopoda e Onychopoda (ELMOOR-LOUREIRO, 1997). Os cladóceros são filtradores, alimentando-se de organismos zooplancctônicos menores, bacterioplâncton e microalgas (MURUGAN; MURUGAVEL; KODARKAR, 1988).



Figura 01. Espécies de Cladocera A: *Bosmina longirostris*; B: *Bosminopsis deitersi*; C: *Moina minuta*; D: *Diaphanosoma birgei*. Fonte: LBA/SAMAM/IEC.

Em relação à reprodução, estes organismos apresentam partenogênese cíclica, com desenvolvimento direto do ovo sem fertilização no interior das fêmeas e geram sempre novas fêmeas. No entanto, quando as condições do ambiente se tornam adversas, a fêmea poderá produzir machos e fêmeas (EBERT, 2005), além de ovos haplóides, que serão fecundados pelos machos, formando assim os ovos de resistência, os quais são liberados no ambiente pela fêmea, durante a diapausa, fenômeno denominado de efípio. Quando a condição do ambiente voltar a ser favorável, os ovos de resistência poderão eclodir, originando novas fêmeas (BALCER, KORDA; DODSON, 1984; MARTÍNEZ-JERÓNIMO; RODRÍGUEZ-ESTRADA; VILLASEÑOR-CÓRDOVA, 2007).

Entre os fatores externos, que afetam o desenvolvimento e a reprodução dos Cladocera de água doce, destacam-se a temperatura da água, que está relacionada às reações metabólicas, e a qualidade e quantidade de alimentos disponíveis, os quais podem contribuir com o crescimento e desenvolvimento desses organismos (MARTÍNEZ-JERÓNIMO; RODRÍGUEZ-ESTRADA; VILLASEÑOR-CÓRDOVA, 2007; MARTINEZ-JERONIMO; VENTURA-LOPEZ, 2011; MELÃO, 1999).

Os Cladocera são considerados sensíveis às mudanças ambientais (JEPPESEN et al., 2011), que podem ser refletidas na sua densidade e dinâmica populacional, de acordo com o

estado trófico do ambiente (SANTOS et al., 2010). Como exemplo, podemos citar o trabalho experimental de Vieira et al. (2011), onde a espécie *Moina minuta* apresentou elevadas densidades, em relação às espécies *Ceriodaphnia cornuta* e *Diaphanosoma spinulosum*, em altas concentrações de fósforo e nitrogênio, durante o período mais chuvoso.

Entre os trabalhos realizados utilizando os cladóceros como indicadores, em estudos científicos e monitoramento ambiental, destacam-se o estudo de Maselli et al. (2013), onde os efluentes brutos e tratados de uma fábrica de medicamentos veterinários apresentaram elevada toxicidade aguda e crônica para as espécies *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*.

Anna et al. (2010), registraram a espécie exótica *Daphnia spinulata*, sendo comercializada em aquarifilia nos Estados de Minas Gerais e São Paulo, e relatam que a ocorrência dessas espécies pode significar um risco potencial de uma bioinvasão, em águas continentais brasileiras. Alguns gêneros (*Daphnia*, *Ceriodaphnia*) têm sido estudados como indicadores de contaminação por metais pesados, e os testes realizados com estes organismos são utilizados no monitoramento de toxicidade aguda e crônica de efluentes de refinaria, por serem sensíveis a substâncias tóxicas (COSTA et al., 2004).

Desse modo, a caracterização desses organismos em regiões portuárias, mais especificamente no Estado do Pará, pode contribuir para o conhecimento da estrutura trófica pelágica em ecossistemas de intensa atividade antrópica. Ressaltando que nestes ambientes, ocorre a navegação de embarcações de grande porte, para o transporte de efluentes industriais e, conseqüentemente, elevando o risco de contaminações e impactos ambientais à saúde humana.

### 1.1. REVISÃO DE LITERATURA DE CLADOCERA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

A maioria dos trabalhos desenvolvidos na região Amazônica Brasileira, que utiliza os Cladocera como ferramenta no monitoramento ambiental, caracterizam estes organismos a níveis de composição, estrutura e dinâmica populacional, em lagos, rios, represas e viveiros de experimentos laboratoriais. Entre artigos científicos, teses, dissertações e capítulo de livros, cerca de 22 trabalhos foram desenvolvidos no Estado do Amazonas, nove no Estado do Pará, um para o Estado do Acre e Roraima, respectivamente.

No Lago Tupé, localizado à margem esquerda do Rio Negro em Manaus (AM), foram registrados de 17 espécies na seca e 20 na cheia (GHIDINI; SANTOS-SILVA, 2011a), entre essas foram observados cinco morfotipos de cladóceros, associados a esponjas do gênero

*Drulia* (GHIDINI; SANTOS-SILVA, 2011b), além de elevados valores de biomassa de *Moina minuta*, durante a seca do lago (2005) e *Bosminopsis deitersi* na cheia (2006) (GHIDINI; SANTOS-SILVA, 2009).

Ainda no Estado do Amazonas, no Rio Negro (AM), foi descrita uma nova espécie de Cladocera, *Bosminopsis negrensis*. Esta espécie é muito semelhante a *B. deitersi*, onde a diferença morfológica marcante entre as espécies é a presença de um longo espinho posterior denticulado em *B. negrensis* (BRANDORFF, 1976). Posteriormente, a designação do lectótipo de *B. negrensis* foi adicionada nas coleções de entomologia e sistemática do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus (AM) (HARDY; ADIS; BRANDORFF, 1984).

Os primeiros estudos experimentais no Lago Jacaretinga (AM) foram realizados com as espécies: *Daphnia gessneri*, *Diaphanosoma sarsi* e *Moina reticulata*, sob os efeitos da temperatura e concentração de alimento, no tempo do desenvolvimento embrionário e pós-embrionário. Nas três espécies, o prolongamento do desenvolvimento pós-embrionário nas combinações de alta temperatura e menores concentrações de alimento foram monitorados pelo aumento dos estágios juvenis (HARDY; DUCAN, 1994).

No Acre, um trabalho realizado no Lago Amapá estimou o tamanho das espécies de *M. minuta*, com a presença de ovos. O tamanho médio das fêmeas ovígeras, na fase de águas baixas, foi de 501 µm, produzindo em média 4,41 ovos/fêmea, enquanto que na fase de águas altas, foi de 533 µm, com uma média de 4,84 ovos/fêmea (KEPPELER; HARDY, 2002).

Em Roraima, em um trabalho desenvolvido na Ilha Maraca, cidade de Boa Vista, foram registradas 16 espécies de Chydoridae, quatro de Macrothricidae e uma de Ilyocryptidae (SMIRNOV; SANTOS-SILVA, 1995).

No Pará, destacam-se alguns trabalhos desenvolvidos na região do reservatório da Usina Hidrelétrica do Curuá-Una, em que foram identificadas 36 espécies de Cladocera, de novembro de 1977 a novembro de 1978 (ROBERTSON, 1980).

Já para o Lago Batata, Estado do Pará, os estudos concentraram-se em uma bacia impactada por rejeitos de bauxita como os realizados por BOZELLI (1994, 1996, 1998), MAIA-BARBOSA (2000), GARRIDO et al. (2003) e MAIA-BARBOSA; BOZELLI (2005, 2006). A área afetada do Lago, durante períodos de água baixa, pode proporcionar condições severas e estressantes aos Cladocera (GARRIDO et al., 2003). Além disso, as taxas de incorporação de carbono do Lago Batata (PA) geralmente diminuíram com o aumento dos

níveis de rejeitos de bauxita nas espécies *M. minuta* e *Diaphanosoma birgei* (BOZELLI, 1998).

Em 10 anos de pesquisa no Lago Batata, entre as cinco espécies de Cladocera estudadas, *D. birgei* foi a que apresentou maior tamanho corporal em regiões naturais e impactadas e obteve maiores pesos na região natural (MAIA-BARBOSA; BOZELLI, 2005). Além disso, foi sugerido que o pulso de inundação da região, associado à alta turbidez da água, foram determinantes para estrutura dos Cladocera (MAIA-BARBOSA; BOZELLI, 2006).

Entre os trabalhos que abordaram toda a comunidade zooplanctônica para o Estado do Pará, podemos citar o trabalho no Lago Bolonha, em Belém, que visou determinar as características básicas das populações. Cladocera foi representado por 19 espécies, entre estas *B. deitersi* e *Bosmina hagmanni* foram as mais importantes em termos de densidade, chegando a representar 34% da abundância de organismos encontrados na estação de tratamento de água do lago (MELO; PAIVA; SILVA, 2006).

O trabalho realizado no reservatório de Tucuruí (PA) demonstrou que Cladocera apresentou diferenças de densidade entre os compartimentos desse ecossistema, com total de 15 taxa registrados (ESPÍNDOLA et al., 2000).

No estudo realizado por COSTA et al. (2016) nos rios Arapiranga, Curuperê-Dendê e Murucupi, situados próximos à área industrial e portuária de Barcarena (PA), foram registradas nove espécies de Cladocera. *Bosminopsis deitersi* e ovos de Cladocera apresentaram uma frequência de 100% no Rio Murucupi, considerado impactado pelos rejeitos industriais da região. No entanto, estas espécies não foram consideradas indicadoras das condições tróficas do ambiente. Além disso, os referidos autores observaram que a presença de bioindicadores, representados por táxons de Rotifera e amebas testáceas, nos ambientes estudados, podem estar relacionados com a descarga de efluentes domésticos e sanitários não tratados, sendo as prováveis fontes de estresses na estrutura da comunidade zooplanctônica.

No monitoramento ambiental das águas superficiais na Baía do Guajará (PA), entre os anos de 2013 e 2016, que utilizaram a comunidade zooplanctônica como ferramenta de avaliação, Cladocera teve em média uma representatividade de 12%, em relação aos outros grupos zooplanctônicos (IEC-SEMAM, 2014a, 2014b, 2016a, 2016b). Assim este levantamento bibliográfico abordou os diferentes trabalhos utilizando os Cladocera em estudos científicos e de monitoramento ambiental nos ambientes aquáticos da Amazônia Brasileira.

## 2. JUSTIFICATIVA

As atividades portuárias podem gerar graves impactos nos ecossistemas aquáticos. Nesse sentido a Baía do Guajará é considerada vulnerável aos impactos ocasionados pelas diversas atividades antrópicas e do uso e ocupação da orla da região metropolitana de Belém, a qual contribui com o lançamento de efluentes domésticos não tratados, além da elevada concentração de matéria orgânica e parâmetros microbiológicos, visto que a metrópole possui o menor índice de saneamento básico do Brasil (RAMOS, 2004).

Na orla de Belém existem três grandes portos: Porto de Belém, onde predomina o transporte de cargas em contêineres; Porto de Miramar, que recebe cargas com combustíveis inflamáveis; e Porto de Outeiro, voltado para a operação com granéis sólidos e cargas em geral. Além disso, toda a orla de Belém é movimentada pelo tráfego de pequenas e médias embarcações que transportam pessoas e mercadorias para diversos municípios do Estado do Pará. Essas embarcações, de alguma forma, podem gerar impactos sobre as águas da baía, tais como pequenos vazamentos de combustíveis, despejos de resíduos sólidos e coliformes fecais, sendo este monitorado em estudos sobre a qualidade da água realizados na região. (RIBEIRO, 2004).

Alguns trabalhos realizados na Baía do Guajará enfatizam as características físico-químicas da água, além disso, estudos complementares com o zooplâncton são importantes, uma vez que apresentam curto ciclo de vida e rápidas respostas a mudança no ambiente, considerados importante ferramenta no biomonitoramento. Entre os grupos que compõem a comunidade zooplânctônica, destacam-se os Cladocera, microcrustáceos filtradores, indicadores da qualidade ambiental. Neste sentido, é de fundamental importância o conhecimento sobre a composição e a dinâmica espaço-temporal desses organismos, relacionado aos possíveis impactos gerados pelas atividades desenvolvidas na região metropolitana de Belém, aliados às condições climáticas locais, caracterizada por altos índices pluviométricos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar as influências dos fatores ambientais sobre a densidade e composição de Cladocera de uma área portuária da Região Metropolitana de Belém (Pará, Brasil).

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Descrever a composição e a densidade de Cladocera na região portuária ao longo dos diferentes períodos de maior e menor pluviosidade;
- Delinear as características físico-químicas das águas superficiais, e relacioná-los com a composição e a densidade de Cladocera, a partir de análises de correlação e estatística multivariada.

### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **4.1. ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo compreende a Baía do Guajará, estuário guajarino (Latitude 01° 27S, Longitude 48° 30W), localizada em frente à parte noroeste da cidade de Belém, situada na Região Norte do Brasil, porção da Amazônia Oriental, onde predomina o clima quente e úmido. Com precipitação média anual alcançando os 2.834 mm, a temperatura média é de 25 °C em fevereiro e 26 °C em novembro (SEGEP, 2012). A umidade relativa do ar pode oscilar entre 65 a 95% (INMET, 2016).

A Baía do Guajará também localizada na margem direita do estuário do Rio Pará é formada pela confluência dos rios Moju, Guamá, Acará e Pará (GREGÓRIO; MENDES, 2009), na qual deságuam Bacias que sofrem intensos lançamentos de esgotos provenientes das macrodrenagens da cidade de Belém (LUZ; RODRIGUES; PONTE, 2015; PONTE, 2015).

O ambiente da baía é altamente dinâmico, pela alta energia hidrodinâmica, com fortes correntes de marés (ROSÁRIO et al., 2016). As águas superficiais no período de maior pluviosidade são doces, devido às altas descargas fluviais que impedem a penetração das

águas salobras. No período menos chuvoso a água se torna mais transparente e salobra devido ao aporte de água marinha durante a enchente (RIBEIRO, 2004). Durante o período chuvoso apresenta baixa transparência devido à grande quantidade de material em suspensão (CORDEIRO, 1987; MOREIRA, 1966), característica dos rios de águas brancas, que formam a Sub-bacia do Amazonas (SIOLI, 1968).

As coletas foram realizadas na área de abrangência de dois diferentes portos localizados na Baía do Guajará:

1) O Porto de Belém (Latitude 01°26' S e Longitude 48°29' W), localizado na margem direita da Baía de Guajará, à jusante do principal mercado da cidade, à montante de uma base da Marinha Brasileira e distante cerca de 120 Km do Oceano Atlântico (Figura 02). O porto de Belém abrange uma área 333.297,22 m<sup>2</sup>. Atualmente em sua movimentação predomina o transporte de carga em contêineres e do tipo granel sólido (CDP, 2015);

2) O Porto do Outeiro (Latitude 01°16' S e Longitude 48°28' W), localizado na ilha fluvial de Caratateua, no distrito do Outeiro, no estuário do Rio Guajará-Açú, à margem direita da Baía do Guajará, e cerca de 19 Km a montante do Porto de Belém (CDP, 2013) (Figura 02). O porto do Outeiro abrange uma área de 313.826,24 m<sup>2</sup> e está voltado para a operação com granéis sólidos e cargas em geral. Apresenta operações de transbordo de carga como apoio ao porto de Belém e é considerado estratégico devido sua localização, pois dispõe de maiores profundidades e terrenos amplos e de baixo custo para expansão e a implantação de novos terminais especializados (CDP, 2015).

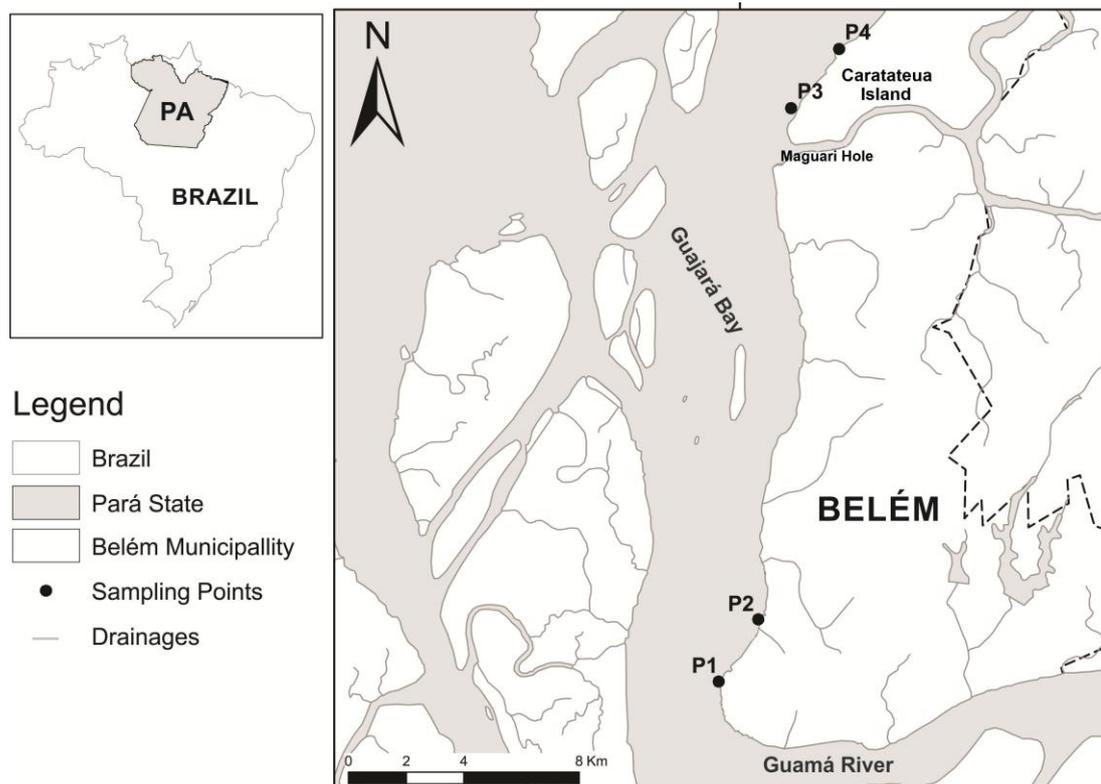


Figura 02. Área de estudo e locais de amostragem. Onde: P1 e P2: Porto Belém; P3 e P4: Porto Outeiro. Fonte: Paulo Trindade, 2013.

A cidade de Belém tem uma área territorial de 1.059 km<sup>2</sup>, 1.432.844 habitantes, densidade demográfica de 1352,51 hab./km<sup>2</sup> e o seu índice de desenvolvimento humano municipal em 2010 foi 0,746, onde 99,76% da população são abastecidas de água e menos de 6% tem rede de tratamento de esgotamento sanitário (FAPESPA, 2015).

No distrito de Outeiro a economia é diversificada, com destaque para o turismo, principalmente durante o período menos chuvoso quando ocorre intensa movimentação de veranistas nas praias (FERREIRA et al., 2012). O saneamento básico apresenta uma insuficiente cobertura para a população, assim como o sistema de saúde e de coleta de lixo (FERREIRA et al., 2012).

#### 4.2. DELINEAMENTO AMOSTRAL

O delineamento amostral e os locais de amostragem obedeceram à malha proposta pelo projeto de monitoramento intitulado “Avaliação da qualidade ambiental das águas de uma zona portuária do Estado do Pará”, projeto de cooperação realizado entre o Instituto Evandro

Chagas (Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde) e a Companhia Docas do Pará.

As coletas ocorreram trimestralmente em março, junho, setembro e dezembro de 2014 e 2015, durante os períodos de maré enchente e vazante. As amostragens foram realizadas em quatro locais da Baía do Guajará: P1: montante e P2: jusante do terminal portuário de Belém; P3: a montante e P4: jusante do porto de Outeiro onde foram efetuadas medições *in situ* dos fatores físico-químicos da água, bem como a coleta de água para determinação dos fatores bióticos (zooplâncton e concentração de clorofila-*a*) (Figura 03).

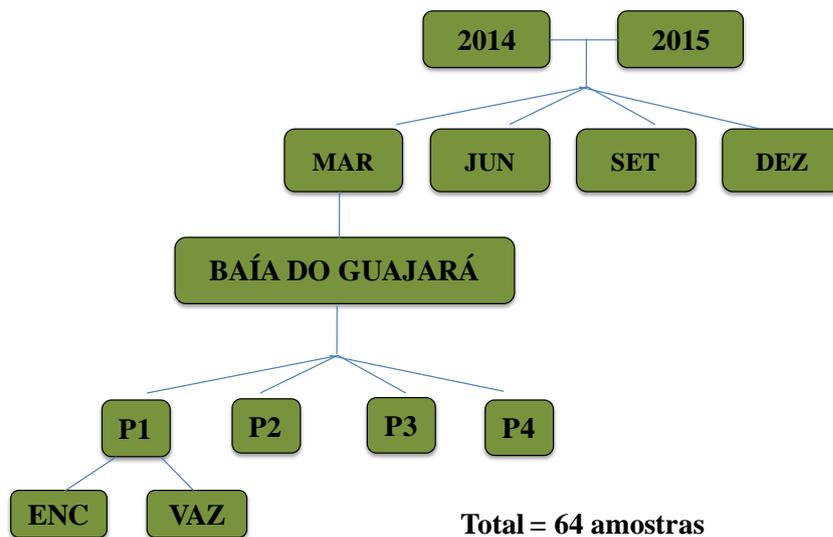


Figura 03. Representação esquemática do delineamento amostral, com o quantitativo de amostras coletadas durante o período do estudo na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).

#### 4.3. ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS E VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO

Os dados pluviométricos e da velocidade média dos ventos para o período estudado foram obtidos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Estação 82191 em Belém (Pará), latitude -1,43 e longitude -48,43, altitude 10,00m.

#### 4.4. AMOSTRAGEM

##### 4.4.1. Físico-Química

Os fatores físico-químicos da água: temperatura (Temp), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade (SAL) e oxigênio dissolvido (OD), foram medidos *in situ* através de uma sonda multiparamétrica HI 9828 (HANNA®, USA); a transparência da água foi estimada por um disco de Secchi.

Amostras de água foram coletadas para análise em laboratório da turbidez (TURB), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais em suspensão (STS), fósforo total (PTot), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ).

##### 4.4.2. Zooplâncton e Clorofila-*a*

Já as amostras destinadas aos estudos qualitativos e quantitativos dos Cladocera foram obtidas através de arrastos horizontais na sub-superfície da coluna d'água, utilizando-se redes de plâncton de 120 $\mu\text{m}$  de abertura de malha, provida de fluxômetro (GENERAL OCEANICS, INC.). O material coletado foi fixado em formalina 4% neutralizado com tetraborato de sódio e armazenado em recipientes plásticos de 250 mL (Figura 04, a-b). Para a quantificação da concentração de clorofila-*a*, foram coletadas 300 ml de água diretamente na superfície da água, em seguida acondicionadas em frascos âmbar de polipropileno e guardadas em caixas térmicas por no máximo 24 horas. Posteriormente, as amostras foram analisadas no Laboratório de Biologia Ambiental (LBA/SAMAM/Instituto Evandro Chagas).

#### 4.5. ANÁLISES

A turbidez foi determinada pelo método nefelométrico 2130 B (APHA, 2012) e os sólidos totais em suspensão (STS) pelo método fotométrico (KRAWCZYK; GONGLEWSKI, 1959).

A demanda bioquímica do oxigênio (DBO) foi determinada pelo método 5210 B e a demanda química do oxigênio (DQO) foi pelo método colorimétrico- refluxo fechado (5220

D), ambos determinados pela espectrometria de UV-VIS (modelo DR 3900), de acordo com a APHA (2012).

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ), fósforo total (Ptot) e sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) foram determinados pela cromatografia iônica com supressão química da condutividade do eluente (método 4110 B) APHA (2012) utilizando o cromatógrafo de íons ICS Dual 2000 (Dionex Corporation, Sunnyvale, CA, USA).

A identificação e nomenclatura das espécies de Cladocera foram realizadas de acordo com a literatura especializada (GOULDEN, 1968; PENNAK, 1978; BALCER, KORDA E DODSON, 1984; KOROVCHINSKY, 1992; PAGGI, 1995; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; GAZULHA, 2012). Os organismos foram mensurados e fotografados para identificação durante a análise.

A quantificação dos organismos foi realizada a partir da adaptação metodológica de UTERMÖHL (1958) (GARZIO; STEINBERG, 2013), onde foram feitas duas sub-amostragens totalizando quatro (mL) em cubeta, com um microscópio invertido (Axio Vert. A1, Zeiss). Para as amostras qualitativas, foram preparadas três sub-amostragem totalizando seis (6 mL) em placas de Petri, analisadas em microscópio óptico invertido acoplado a um sistema de captura de imagem (AxionCam Icc5, Zeiss) (Figura 04, c-d).

Para a análise de clorofila-*a*, foi realizada filtragem das amostras até no máximo de 24 horas após a coleta em campo, em filtros de celulose num aparato de filtração. Posteriormente esses filtros foram acondicionados em tubos *falcon* com acetona a 90% para a extração da clorofila-*a* (Figura 04, e-f). Após 24 horas, no escuro e à baixa temperatura, as medidas de absorvância foram feitas espectrofotometricamente a 630nm, 645nm, 665nm e 750nm de comprimento de onda. Posteriormente, as concentrações de clorofila-*a* ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) foram obtidas através do método espectrofotométrico (PARSONS; STRICKLAND, 1963).

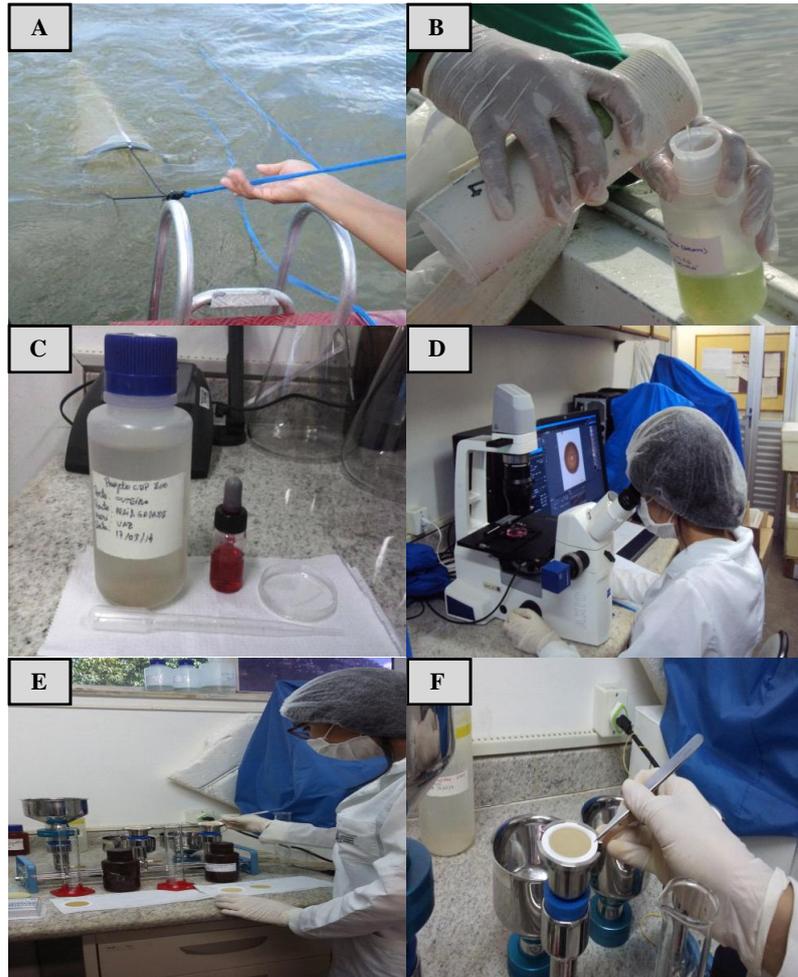


Figura 04. Metodologia de coleta e análise dos organismos zooplancônicos registrados e da extração de colofila-*a* durante o período do estudo, na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil). Onde **A**: Arrasto horizontal na rede de plâncton; **B**: Fixação da amostra coletada; **C**: Preparação da amostra para análise qualitativa; **D**: Análise no microscópio invertido com câmera fotográfica acoplada; **E** e **F**: Filtragem de colofila-*a*. Fonte: LBA/SAMAM/IEC.

#### 4.6. TRATAMENTOS DE DADOS

##### 4.6.1. Frequência de ocorrência

A frequência de ocorrência (F) das espécies registradas durante o período do estudo foi determinada pelo Índice de Dajoz (1983), pela fórmula abaixo:

$$C = (P/Q) * 100$$

Onde:

C: constância de ocorrência da espécie;

P: número de amostras em que a espécie ocorreu;

Q: número total de amostras.

De acordo com o índice calculado as espécies podem ser classificadas em:

- **Constantes (C)**: >50%;
- **Acessórias (A)**: <50% e  $\geq 25\%$ ;
- **Acidentais (D)**: <25% da amostra.

#### 4.6.2. Índices de diversidade específica e equitabilidade

O índice de diversidade específica de Shannon (H') foi calculado a partir dos dados de densidade total, segundo a fórmula:

$$H = -\sum \frac{1n_i}{N} * \log_2 \frac{n_i}{N}$$

Onde:

H': índice de diversidade Shannon-Weaver;

n<sub>i</sub>: número de indivíduos de cada espécie;

N: número total de indivíduos.

O índice de equitabilidade (J') foi calculado segundo a equação:

$$J = H / \log_2 S$$

Onde:

J': índice de equitabilidade;

H': índice de diversidade de Shannon-Weaver;

S: número total de espécies de cada amostra.

#### 4.6.3. Densidade total

A densidade total das espécies registradas foi determinada pela equação abaixo (CETESB, 2012):

$$N = (V_t * x) / (V_c * V_f)$$

Onde:

N: densidade total (org./m<sup>3</sup>);

V<sub>t</sub>: volume total de diluição;

V<sub>c</sub>: volume da sub-amostra;

Vf: volume filtrado em campo;

x: número de organismos de cada táxon, na sub-amostra.

#### 4.6.4. Abundância relativa

A abundância relativa (AR) foi calculada a partir da relação entre o número total de indivíduos de determinada espécie, pelo número total de indivíduos na amostra:

$$AR = (D_i/D_t) * 100$$

Onde:

D<sub>i</sub>: densidade do táxon

D<sub>t</sub>: densidade total

Expondo os resultados em gráficos as espécies com abundância superior a 5% nas amostras, sendo as demais enquadradas como outros.

#### 4.6.5. Índice de estado trófico (IET)

O Índice do Estado Trófico apresentado é realizado através do Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-*a* – IET (CL), modificados por Lamparelli (2004), para rios tropicais, segundo as equações:

$$IET (CL) = 10x(6 - ((-0,7 - 0,6x(\ln CL))/\ln 2)) - 20$$

$$IET (PT) = 10x(6 - ((0,42 - 0,36x(\ln PT))/\ln 2)) - 20$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

CL: concentração de clorofila-*a* medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

ln: logaritmo natural.

O resultado será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila-*a*, segundo a equação:

$$IET = [IET (PT) + IET (CL)] / 2$$

A partir do cálculo realizado, gera-se um índice numérico, classificando o meio aquático em:

Ultraoligotrófico:  $IET \leq 47$ ;

Oligotrófico:  $47 < IET \leq 52$ ;

Mesotrófico:  $52 < IET \leq 59$ ;

Eutrófico:  $59 < IET \leq 63$ ;

Supereutrófico:  $63 < IET \leq 67$ ;

Hipereutrófico:  $IET > 67$ .

Os resultados foram apresentados em gráficos do tipo *box-plot* utilizando o programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2004).

#### 4.6.6. Análises estatísticas

Para descrever as diferenças nas variáveis ambientais, índices ecológicos, densidade das espécies e as concentrações de clorofila-*a* entre os anos (2014 e 2015), meses (março, junho, setembro e dezembro), períodos sazonais (maior e menor pluviosidade), marés (enchente e vazante) e locais (P1, P2, P3 e P4) foi utilizado o teste F (ANOVA *one way*) para dados normais, e o teste H (Kruskal-Wallis) foi aplicado para dados não normais (ZAR, 2010). Os dados foram transformados em raiz quadrada ou raiz quarta e submetidos aos métodos de Lilliefors (CONOVER, 1971) e Bartlett (SOKAL; ROHLF, 1995), para testar a normalidade e homocedasticidade das variâncias, respectivamente. Para todas as análises foi adotado um nível de significância igual a 5%. O pacote estatístico utilizado foi Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

A relação entre a densidade das espécies com o índice de estado trófico, pluviosidade, vento e outras variáveis ambientais foi realizada através do teste de correlação de Spearman (ZAR, 2010). Para ordenar os fatores físico-químicos a partir da média dos meses entre os locais amostrados foi utilizada a análise de componentes principais (ACP). O modelo de *Broken-Stick* (JACKSON, 1993) foi usado para determinar o número de eixos na ordenação, com o auxílio do programa R 3.3.1 (R CORE TEAM, 2016). Análises de espécie indicadora (IndVal) foi utilizada para verificar quais espécies apresentam alta especificidade e fidelidade na área do estudo, considerando os locais, meses, sazonalidade e anos, com auxílio do programa PC-ORD 6.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2011).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNA, E. M. E.; SCHETTINO, M.; MENÉNDEZ, R. M.; GUIMARÃES, A. S.; MAIA-BARBOSA, P. M. Use of *Daphnia spinulata* Birabén, 1917 (Crustacea, Cladocera) in the aquarium trade: a potential risk of a new bioinvasion into Brazilian continental waters. **Acta Limnologica Brasiliensia**: v. 22, n. 1, p. 102-104, 2010.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19th. Washington, 2012.

BALCER, M. D.; KORDA, N. L.; DODSON, S. I. Zooplankton of the great lakes. **A guide to the identification and ecology of the common crustacean species**. The University of Wisconsin. United States of America, 1984.

BOZELLI, R. L. Influences of suspended inorganic matter on carbon ingestion and incorporation rates of two tropical cladocerans, *Diaphanosoma birgei* an *Moina minuta*. **Archiv für Hydrobiologie**. v. 142 (4): 451 -465, 1998.

BOZELLI, R. L. **Influência do rejeito de bauxita sobre as populações de cladóceros (Crustacea-Branchiopoda) em um lago Amazônico (lago Batata, PA) e em condições laboratoriais**. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, Brasil. Período sanduíche em Max-Planck Institut fuer Limnologie, 1994.

BOZELLI, R. L. The influence of bauxite tailings on the cladoceran populations of Lake Batata, Amazonia, Brazil. **Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie**, v. 81: (4), 621-634, 1996.

BRANDORFF, G. O. A new species of *Bosminopsis* (Crustacea, Cladocera) from the Rio Negro. **Acta Amazônica** 6 (1): 109-114, 1976.

IEC-SEMAM - Instituto Evandro Chagas-Seção de Meio Ambiente. **Relatório Técnico referente ao monitoramento da água superficial da área de influência do Terminal**

**Portuário de Outeiro:** Agosto de 2013 à Julho de 2014 [Relatório Técnico]. Ananindeua: RELATÓRIO IEC-SEMAM N° 025/2014, 2014a.

IEC-SEMAM - Instituto Evandro Chagas-Seção de Meio Ambiente. **Relatório Técnico referente ao monitoramento da água superficial da área de influência do Porto de Belém:** Agosto/2013 à Julho de 2014 [Relatório Técnico]. Ananindeua: RELATÓRIO IEC-SEMAM N° 028/2014, 2014b.

IEC-SEMAM - Instituto Evandro Chagas-Seção de Meio Ambiente. **Relatório Técnico referente ao monitoramento da água superficial da área de influência do Terminal Portuário de Outeiro:** Janeiro à Julho de 2016 [Relatório Técnico]. Ananindeua: RELATÓRIO IEC-SEMAM N° 015/2016, 2016a.

IEC-SEMAM - Instituto Evandro Chagas-Seção de Meio Ambiente. **Relatório Técnico referente ao monitoramento da água superficial da área de influência do Porto de Belém:** Janeiro à Julho de 2016 [Relatório Técnico]. Ananindeua: RELATÓRIO IEC-SEMAM N° 017/2016, 2016b.

CDP - **Companhia Docas do Pará.** 2013. Disponível em: <<http://www.cdp.com.br/>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

CDP - **Companhia Docas do Pará.** 2015. Disponível em: <<http://www.cdp.com.br/>>. Acesso em: 27 dez. 2016.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **L5.304: Zooplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo.** São Paulo, 2012. 13 p.

CONOVER, W. O. J. **Practical Nonparametric Statistics.** New York: John Wiley, 1971, 302 p.

CORDEIRO, C. A. **Estudo da salinização do estuário do Rio Pará no trecho Belém - Mosqueiro.** Belém: Universidade Federal do Pará. Dissertação de Mestrado em Geologia e Geoquímica, 1987.

COSTA, B. N. S.; PINHEIRO, S. C. C.; AMADO, L. L. A.; LIMA, M. O. Microzooplankton as a bioindicator of environmental degradation in the Amazon. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 526–545, 2016.

COSTA, M. F.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SANTOS, L. P. S. Bioindicadores da Qualidade Ambiental. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Orgs.). **Oceanografia: um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. p. 331.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. 4<sup>a</sup> ed. Petrópolis: Vozes/ EDUSP, 472 p. 1983.

EBERT, D. Introduction to *Daphnia* Biology. In: **Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in *Daphnia***. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US), 2005.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Brasília: Editora Universal/ UCB, 155p, 1997.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RIETZLER, A. C.; TUNDISI, J. G. Spatial heterogeneity of the Tucuruí Reservoir (State of Pará, Amazonia, Brazil) and the distribution of zooplanktonic species. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 60, n. 2, p. 179-194, May 2000.

FAPESPA – Fundação Amazônia do Amparo a Estudos e Pesquisas. **Anuário Estatístico do Pará**, 2015. Disponível em: < <http://www.fapespa.pa.gov.br>>. Acesso em: 27 dez. 2016.

FERREIRA, C. A. C.; GUIMARÃES, J. F.; CORRÊA, L. O. Organização econômica, atuação do poder público local e condição de vida na periferia distante de Belém (PA) – Ilha de Caratateua. In: SILVA, J. M. P.; SILVA, C. N.; CHAGAS, C. A. N.; BARBOSA, E. J. S. **Percursos geográficos: pesquisa e extensão no Distrito de Outeiro, Belém - Pará (2008-2011)**. Belém: GAPTA/UFPA, 2012. p. 59-73.

GARRIDO, A. V.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; ALVES, L. S. Long-term patterns of the planktonic cladoceran community of Batata Lake, Amazonia, Brazil. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 15(1): 41-53, 2003.

GARZIO, L. M.; STEINBERG, D. K. Microzooplankton community composition along the Western Antarctic Peninsula. Deep Sea Research Part I: **Oceanographic Research Papers**, v. 77, p. 36-49, jul. 2013.

GAZULHA, V. **Zooplâncton límnnico: manual ilustrado**. Technical Books Editora: Rio de Janeiro, ed. 1, 2012.

GHIDINI, A. R.; SANTOS-SILVA, E. N. Biomassa de quatro espécies de Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) e sua variação nictemeral no Lago Tupé, Amazonas, Brasil. SANTOS-SILVA, E. N.; SCUDELLER, V. V. **Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. UEA Edições, Manaus, v. 2, 2009.

GHIDINI, A. R.; SANTOS-SILVA, E. N. Ocorrência de cladóceros (Crustacea: Anomopoda) associados à esponjas do gênero Drulia (Porifera: Demospongiae: Metaniidae) no lago Tupé, AM, Brasil. SANTOS-SILVA, E. N.; SCUDELLER, V. V.; CAVALCANTI, M. J. **BioTupé: Meio Físico, diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. UEA Edições, Manaus, v. 2, 2011-b.

GHIDINI, A. R.; SANTOS-SILVA, E. N. Composition, species richness and patterns of nycthemeral vertical distribution of planktonic cladocereans in a black water Amazonian lake. **Nauplius** 19(2): 109-122, 2011-a.

GOULDEN, C. E. The systematics and evolution of the Moinidae. **The American Philosophical Society**. Philadelphia, v. 58, n. 6, 1968.

GREGÓRIO, A. M. S.; MENDES, A. C. M. Characterization of sedimentary deposits at the confluence of two tributaries of the Para River estuary (Guajará Bay, Amazon). **Continental Shelf Research** 29, 609-618, 2009.

HARDY, E. R.; ADIS, J.; BRANDORFF, G. O. Lectotype designation for Amazonian Diptomidae and Bosminidae (Crustacea: Copepoda, Cladocera). **Acta Amazônica** 14 (3-4): 529-531, 1984.

HARDY, E. R.; DUCAN, A. Food concentration and temperature effects on life cycle characteristics of tropical Cladocera (*Daphnia gessneri* Herbst, *Diaphanosoma sarsi* Richard, *Moina reticulata* (Daday)): I. Development time. **Acta Amazônica** 24 (1/2): 119-134, 1994.

HOFMANN, R. M. **Impactos ambientais causados pelas obras de construção e ampliação de portos marítimos no Brasil com ênfase nas comunidades pesqueiras**. Câmara dos Deputados, Praça dos Três Poderes, Consultoria Legislativa. Brasília, 2015.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 27 dez. 2016.

JACKSON, D. A. Stopping rules in principal components analyses: a comparison of heuristical and statistical approaches. **Ecology**, 74: 2204-2214, 1993.

JEPPESEN, E.; NÖGES, P.; DAVIDSON, T. A.; HABERMAN, J.; NÕGOES, T.; BLANK, K.; LAURIDSEN, T. L.; SONDERGAARD, M.; SAYER, C.; LAUGASTE, R. JOHANSSON, L. S.; BJERRRING, R.; AMSINCK, S. L. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). **Hydrobiologia**, 676:279-297, 2011.

KEPPELER, E. C.; HARDY, E. R. Estimativa do tamanho das fêmeas com ovos de *Moina minuta* Hansen, 1899 (Cladocera, Crustacea) no lago Amapá, Rio Branco, Estado do Acre, Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 2, p. 321-328, 2002.

KOROVCHINSKY, N. M. Sididae & Holopediidae (Crustacea: Daphniiformes). **Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World**, 3. (H. J. Dumont – coordinating editor). The Hague: SPB Academic Publishing, 82 p., 1992.

KRAWCZYK, D.; GONGLEWSKI, N. Determining suspended solids using a spectrophotometer. **Sewage Ind Waste**, v. 31, p. 1159-1164, 1959.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia. 235 f. Tese (Doutorado em Ecossistemas Aquáticos e Terrestres). Universidade de São Paulo, 2004.

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E. C.; PONTE, F. C. Impactos antropogênicos em bacias urbanas da área central da cidade de Belém-PA. **Revista GeoAmazônia** – ISSN: 2358-1778 (on line) 1980-7759 (impresso), Belém, v. 03, n.06, p. 96 - 109, jul./dez. 2015.

MAIA-BARBOSA, P. M. **Ecologia de cinco espécies de cladóceros de um lago Amazônico impactado por rejeito de bauxita (Lago Batata, Pará-Brasil)**. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Brasil. 2000.

MAIA-BARBOSA, P.M.; BOZELLI, R. L. Community structure and temporal dynamics of cladocerans in an Amazonian lake (lake Batata, PA, Brazil) impacted by bauxite tailings. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 18, n.1, p. 67-75, 2006.

MAIA-BARBOSA, P.M.; BOZELLI, R. L. Length-weight relationships for five cladoceran species in an Amazonian lake. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.48, n. 2: pp. 303-308, 2005.

MARTÍNEZ-JERÓNIMO, F.; RODRÍGUEZ-ESTRADA, J.; VILLASEÑOR-CÓRDOVA, R. Effect of culture density and volume on *Moina micrura* (Kurz, 1874) reproduction, and sex ratio in the progeny. **Hydrobiologia**, 594: 69-73, 2007.

MARTINEZ-JERONIMO, F.; VENTURA-LOPEZ, C. Population dynamics of the tropical cladoceran *Ceriodaphnia rigaudi* Richard, 1894 (Crustacea: Anomopoda). Effect of food type and temperature. **Journal of Environmental Biology**, v. 32, n. 4, p. 513-521, Jul. 2011.

MASELLI, B. S.; LUNA, L. A. V.; PALMEIRA, J. O.; BARBOSA, S.; BEIJO, L. A.; UMBUZEIRO, G. A.; KUMMROW. Ecotoxicidade de efluentes brutos e tratados gerados por uma fábrica de medicamentos veterinários. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*: v. 8, n.2, 2013.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. PC-ORD. **Multivariate Analysis of Ecological Data**, Vers. 6; MjM Software: Gleneden Beach, Oregon, Unity State American, 2011.

MELÃO, M. G. G. Desenvolvimento e aspectos reprodutivos de cladóceros e copépodos de águas continentais brasileiras. In: POMPÊO, M.L.M. (ed.) **Perspectivas da Limnologia no Brasil**. São Luís: Gráfica e Editora União, 1999. p. 1-13.

MELO, N. F. A. C.; PAIVA, R. S.; SILVA, M. M. T. Considerações ecológicas sobre o Zooplâncton do lago Bolonha, Belém, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, v. 1, n. 1, p. 115-125, 2006.

MMA - **Ministério do Meio Ambiente**, 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>>. Acesso em: 22 dez. 2016.

MOREIRA, E. **Belém e sua expressão geográfica**. Belém. Imprensa Universitária. 212 p. 1966.

MURUGAN, N.; P. MURUGAVEL; M. S. KODARKAR. **Cladocera: The biology, classification, identification and ecology**. Indian Association of Aquatic Biologists (IAAB), Hyderabad, 1998.

PACHECO, J. B.; BRANDÃO, J. C. M.; CARVALHO, J. A. L. Geomorfologia fluvial do Rio Solimões/Amazonas: estratégias do povo varzeano do sudoeste do Careiro da Várzea. *Revista Geonorte*, v. 2, n. 4, p. 542-554, 2012.

PAGGI, J. C. Crustacea Cladocera. In: LOPRETTO, E. C.; TELL, G. **Ecosistemas de Algas Continentales: Metodologias para su Estudio - Tomas I - II – III**. La Plata: Ediciones SUR, 1995. p. 2 – 5.

PARSONS, T. R.; STRICKLAND, J. D. H. Discussion of spectrophotometric determination of marine plankton pigments with revised equations of ascertaining Chlorophyll  $\alpha$  and carotenoids. **Journal of Marine Research**, v. 21, n. 3, p. 155-163. 1963.

PENNAK, R. W. **Fresh-water invertebrates of the United States**. A Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc. United States of America, ed. 2, 1978.

PESSOA, V. T. P.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; SILVA, A. P.; PORTONETO, F. F. Comunidade zooplancônica na baía de Suape e nos estuários dos rios Tatuoca e Massangana, Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4(1), jan. 2009.

PONTE, J. P. X. Belém do Pará: cidade e água. *Cadernos Metrópole São Paulo*. 17, 33, 41-60, 2015.

RAMOS, J. F. F. Poluição e contaminação da Orla de Belém-PA. In: UHLY, S.; SOUZA, E. L. A questão da água na grande Belém. Casa de estudos germânicos, 2004.

R CORE TEAM. 2016. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

RIBEIRO, K. T. S. **Água e saúde humana em Belém**. Belém: Cejup, 2004.

ROBERTSON, B. A. Composição, abundância e distribuição de Cladocera (Crustacea) na região de água livre da Represa de Curuá-Una, Pará. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1980.

RODRIGUES, J. C.; CASTRO, E. M. R.; FIGUEIREDO, S. J. L. Educação Ambiental e estratégias empresariais na área portuária: um estudo da Companhia Docas do Pará (CDP). **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental PPGEA/FURG-RS**. v. 30, n. 1, p. 264 – 280, jan./jun. 2013. ISSN 1517-1256.

ROSÁRIO, R. P.; BORBA, T. A. C.; SANTOS, A. S.; ROLLNIC, M. Variability of Salinity in Pará River Estuary: 2D Analysis with Flexible Mesh Model. **Journal of Coastal Research**: Special Issue 75 - Proceedings of the 14th International Coastal Symposium, Sydney, 6-11 March 2016: pp. 128 – 132, 2016.

SANT'ANNA, J. A. Diagnóstico da infra-estrutura de transportes. In: **Rede Básica de Transportes da Amazônia**. Brasília: IPEA, 1998. Cap.3, p. 12-39. ISSN 1415-4765.

SANTOS, R. M; NEGREIROS, N. F.; SILVA, L. C.; ROCHA, O.; SANTOS-WISNIEWSKI, M. J. Biomass and production of Cladocera in Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 70, n. 3, p. 879-887, 2010.

SEGEP - Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão Belém, 2012. **Anuário Estatístico Municipal de Belém** v. 16, 2011. [http:// www.belem.pa.gov.br](http://www.belem.pa.gov.br) (Acesso em 27 de dezembro de 2016).

SIOLI, H. Principal biotypes of primary production in the waters of Amazonia. In.: MISRA, R. & VARANASE, B. G. Eds. Proceedings of the Symposium on Recent Advances Ecology. Índia. **International Society for Tropical Ecology**. pp. 591–600, 1968.

SMIRNOV, N. N.; SANTOS-SILVA, E. N. Some littoral anomopods (Crustacea) from Central Amazonia. **Hydrobiologia** v. 15: 227-230, 1995.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: Principles and Practice of Statistics in Biological Research**, New York: WH Freeman, 1995. 887 p.

SÓTER, G.; YURI, A. Após 6 meses de naufrágio, navio e bois ainda estão submersos no PA. G1 Pará. 2016. Disponível em: < <http://g1.globo.com/pa>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

STATSOFT, Inc. **STATISTICA data analysis software system**, version 7. 2004.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie**, 9: 1-38, 1958.

VIEIRA, A. C. B.; MEDEIROS, A. M. A.; RIBEIRO, L. L.; CRISPIM, M. C. Population dynamics of *Moina minuta* Hansen (1899), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1886), and *Diaphanosoma spinulosum* Herbst (1967) (Crustacea: Branchiopoda) in different nutrients (N and P) concentration ranges. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Paulo, v.23, n. 1, p. 48-56, 2011.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Prentice-Hall/Pearson, Englewood Cliffs, NJ, 960 pp., 2010.

## **CAPÍTULO 1**

### **COMUNIDADE DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA) NA REGIÃO PORTUÁRIA DE UM ESTUÁRIO DA AMAZÔNIA (BRASIL)**

Este capítulo foi elaborado de acordo com as normas da Revista Internacional Ecological  
Indicators

Disponível no site: <https://www.journals.elsevier.com/ecological-indicators>

## COMUNIDADE DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA) NA REGIÃO PORTUÁRIA DE UM ESTUÁRIO DA AMAZÔNIA (BRASIL)

### Resumo

As regiões portuárias são importantes vias de acesso rápido para a economia mundial. No entanto, essas regiões são expostas a riscos ambientais, podendo desencadear alterações na composição natural da biota aquática, como a comunidade planctônica. Dentre os componentes do plâncton, destacam-se os Cladocera, microcrustáceos zooplânctônicos, considerados excelentes indicadores da qualidade ambiental. Deste modo, o presente estudo objetivou avaliar as influências dos fatores ambientais sobre a densidade e a composição de Cladocera em uma área portuária na Região Metropolitana de Belém (Pará, Brasil). As coletas foram realizadas trimestralmente de março a dezembro (2014 e 2015). As amostras foram obtidas através de arrastos horizontais na sub-superfície da água, com rede de plâncton (120µm), em quatro locais na Baía do Guajará. Foram efetuadas medições *in situ* dos fatores físico-químicos e coleta de água para análise de nutrientes e concentração de clorofila-*a*. A composição taxonômica foi representada pela sub-ordem Anomopoda, famílias Bosminidae, Moinidae, Daphniidae, Chydoridae, Ilyocryptidae e Macrothricidae; e pela sub-ordem Ctenopoda, família Sididae. As espécies *Moina minuta*, *Diaphanosoma birgei*, *Bosminopsis deitersi* foram as que mais se destacaram, tanto em densidade, quanto frequência e abundância, e também como indicadoras dos processos de alterações ambientais. De acordo com o Índice de Estado Trófico (IET), as águas superficiais foram classificadas como eutrófica e supereutrófica, e algumas variáveis físico-químicas apresentaram variações significativas para a sazonalidade, por exemplo, oxigênio dissolvido, turbidez, demanda química de oxigênio e fósforo total. Os processos de alterações ambientais na qualidade da água da região portuária podem provocar modificações na composição e densidade de Cladocera. Desse modo, é importante o contínuo monitoramento desses organismos aliados aos parâmetros microbiológicos para avaliação da qualidade ambiental da água.

**Palavras-chave:** Indicador Ambiental. Zooplâncton. Qualidade da água.

### Abstract

Port regions are important rapid access routes for the world economy. However, these regions are exposed to environmental risks and may trigger changes in the natural composition of the aquatic biota, such as the planktonic community. Among the components of plankton, Cladocera, zooplanktonic microcrustaceans, are considered excellent indicators of environmental quality. Thus, the present study aimed to evaluate the influence of environmental factors on the density and composition of Cladocera in a port area in the Metropolitan Region of Belém (Pará, Brazil). The collections were held quarterly in march to december (2014 and 2015). The samples were obtained through horizontal trawls on the subsurface of the water, with plankton net (120µm), in four locations in Guajará Bay. *In situ* measurements of physicochemical factors and water collection were performed for nutrient analysis and chlorophyll-*a* concentration. The taxonomic composition was represented by the Anomopoda suborder, families Bosminidae, Moinidae, Daphniidae, Chydoridae, Ilyocryptidae and Macrothricidae; and by the Ctenopoda suborder, Sididae family. The species *Moina minuta*, *Diaphanosoma birgei*, *Bosminopsis deitersi* were the most prominent, both in density, frequency and abundance, and also as indicators of environmental change processes. According to the Trophic State Index (TSI), surface waters were classified as eutrophic and supereutrophic, and some physicochemical variables showed significant variations for seasonality, for example, dissolved oxygen, turbidity, chemical oxygen demand

and total phosphorus. The processes of environmental changes in the water quality of the port region can cause modifications in the composition and density of Cladocera. Thus, the continuous monitoring of these organisms, together with microbiological parameters, is important to evaluate the environmental quality of water.

**Keywords:** Environmental Indicator. Zooplankton. Water quality.

## 1. Introdução

Os principais rios brasileiros na Bacia Amazônica são navegáveis e formam uma extensa malha hidroviária (~ 24 mil km de extensão) de grande relevância econômica e social, Ao longo da qual foram instaladas inúmeras áreas portuárias, estratégicas para o desenvolvimento regional (Sant'anna, 1998). Estas são rápidas e importantes vias de acesso que possibilitam a integração à economia mundial dos produtos desenvolvidos na região a partir das atividades industriais, agropecuárias e minerais (Hofmann, 2015). No entanto, essas também são áreas de risco, a partir de possíveis descargas de resíduos tóxicos oriundos das embarcações (Rodrigues et al., 2013), e podem, de forma sinérgica, alterar a qualidade das águas superficiais e a composição natural da biota aquática existente nessas áreas, destacando a comunidade planctônica (Costa et al., 2016a; Pessoa et al., 2009).

Nessas situações de estresse ambiental, o plâncton pode ser utilizado como indicador de qualidade ambiental, pois possui curto ciclo de vida e são organismos que respondem as mudanças ocorridas no meio (Costa et al., 2004). Dentre os componentes do plâncton, podemos destacar os Cladocera, que são microcrustáceos filtradores e se alimentam de organismos zooplanctônicos menores, bacterioplâncton e microalgas (Murugan et al., 1988). Segundo Paggi (1995), estes organismos habitam ambiente marinho e ambientes continentais, como lagos, rios, represas e baías e representam um elo importante nos níveis tróficos, exercendo a função de ciclagem de energia de um ambiente para outro (Paranaguá et al., 2004).

Entre os principais fatores externos que afetam o desenvolvimento e a reprodução dos Cladocera de água doce se destacam a temperatura, que está relacionada às reações metabólicas, e a qualidade e quantidade de alimentos disponíveis, que pode contribuir para um crescimento bem-sucedido dos organismos (Martínez-Jerónimo et al., 2007; Martínez-Jerónimo e Ventura-Lopez, 2011; Melão, 1999). Devido suas características, são considerados sensíveis às mudanças ambientais (Jeppesen et al., 2011). Estas podem ser refletidas na sua densidade e dinâmica populacional de acordo com o estado trófico do ambiente (Santos et al., 2010).

Desse modo, a caracterização de Cladocera em regiões portuárias, mais especificamente no estuário amazônico, poderá contribuir com o conhecimento da estrutura trófica pelágica em ecossistemas de intensa atividade antrópica. Apresentando as hipóteses: As atividades antropogênicas portuárias influenciam na dinâmica espacial da comunidade de Cladocera na Baía do Guajará; A maior precipitação pluviométrica influencia a variação temporal de Cladocera, aumentando a sua diversidade; A ocorrência de espécies indicadoras de Cladocera é influenciada pelas variações sazonais e tróficas da região portuária de Belém. Assim, este estudo avaliou as influências dos fatores ambientais sobre a densidade e composição de Cladocera de uma área portuária na Baía do Guajará, Região Metropolitana de Belém (Pará, Brasil).

## **2. Material e Métodos**

### *2.1 Área de estudo*

A área de estudo compreende a Baía do Guajará (Latitude 01° 27' S, Longitude 48° 30' W), localizada na cidade de Belém, Região Norte do Brasil, porção da Amazônia Oriental. O clima predominantemente é quente e úmido. A precipitação média anual alcança 2.834 mm, a temperatura média é de 25 °C em fevereiro e 26 °C em novembro (SEGEP, 2012). A umidade relativa do ar pode oscilar entre 65 a 95% (INMET, 2016).

A Baía do Guajará, localizada na margem direita do estuário do Rio Pará, é formada pela confluência dos rios Moju, Guamá, Acará e Pará (Gregório e Mendes, 2009), na qual deságuam bacias que sofrem intensos lançamentos de esgotos provenientes das macrodrenagens da cidade de Belém (Luz et al., 2015; Ponte, 2015).

O ambiente da baía é considerado como altamente dinâmico, pela alta energia hidrodinâmica, com fortes correntes de marés (Rosário et al., 2016). No período de maior pluviosidade a água superficial é doce, devido às altas descargas fluviais que impedem a penetração das águas salobras (Ribeiro, 2004), além de apresentar baixa transparência devido à grande quantidade de material em suspensão (Cordeiro, 1987; Moreira, 1966), característica dos rios de águas brancas, que formam a Sub-bacia do Amazonas (Sioli, 1968).

As coletas foram realizadas na área de abrangência de dois diferentes portos localizados na Baía do Guajará:

- 1) O Porto de Belém (Latitude 01°26' S e Longitude 48°29' W) na margem direita da Baía de Guajará, à jusante do principal mercado da cidade, à montante de uma base da Marinha Brasileira e distante cerca de 120 Km do Oceano Atlântico (Figura 01). O porto de

Belém abrange uma área 333.297,22 m<sup>2</sup>. Atualmente em sua movimentação predomina o transporte de carga em contêineres e do tipo granal sólido (CDP, 2015);

2) O Porto do Outeiro (Latitude 01°16' S e Longitude 48°28' W) que está localizado na ilha fluvial de Caratateua, no distrito do Outeiro, no estuário do Rio Guajará-Açú, à margem direita da Baía do Guajará, e cerca de 19 Km a montante do Porto de Belém (CDP, 2013) (Figura 01). O porto do Outeiro abrange uma área de 313.826,24 m<sup>2</sup> e está voltado para a operação com granéis sólidos e cargas em geral.

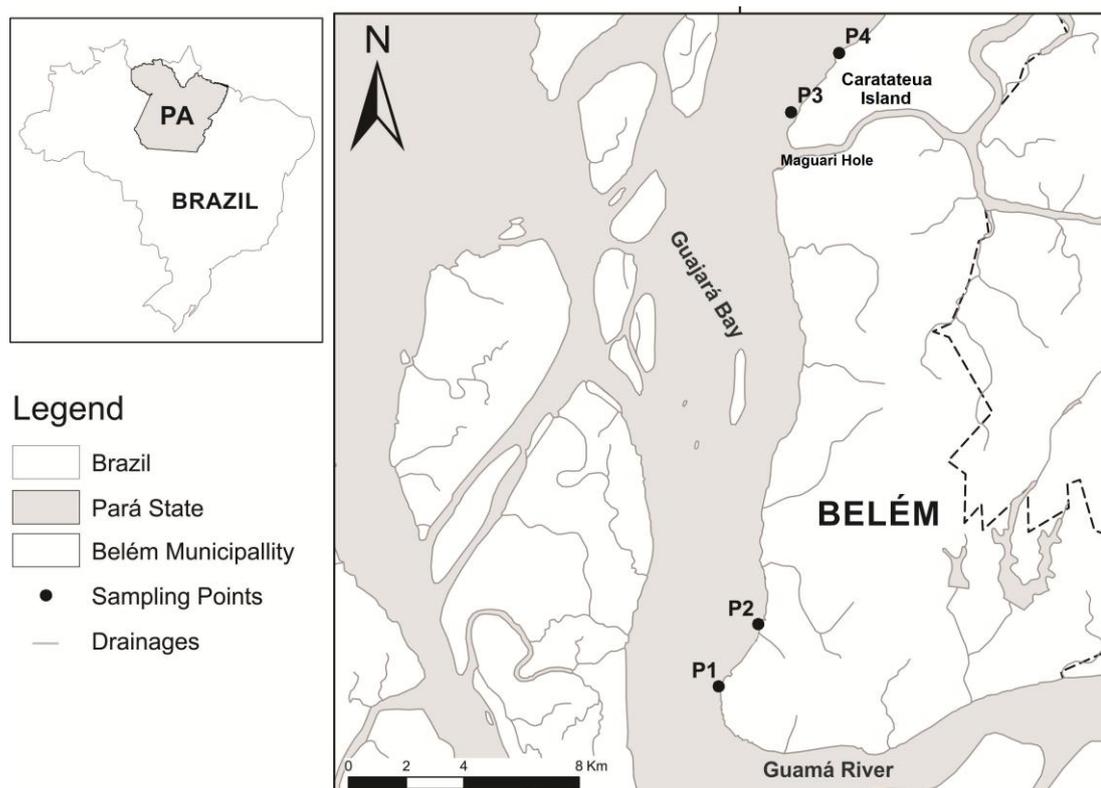


Figura 01. Área de estudo e locais de amostragem na Baía do Guajará. Onde: P1 e P2: Porto Belém; P3 e P4: Porto Outeiro. Fonte: Paulo Trindade, 2013.

## 2.2 Delineamento amostral

As coletas ocorreram trimestralmente em março, junho, setembro e dezembro de 2014 e 2015, durante os períodos de maré enchente e vazante. As amostragens foram realizadas em quatro locais da Baía do Guajará: P1- montante e P2 - jusante do terminal portuário de Belém; P3 - montante e P4 - jusante do porto de Outeiro, totalizando 64 amostras.

## 2.3 Amostragem

Os dados pluviométricos e da velocidade média dos ventos para o período estudado foram obtidos através do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET),

Estação de Belém (82191). Os fatores físico-químicos da água: temperatura (Temp), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade (SAL) e oxigênio dissolvido (OD), foram medidos *in situ* através de uma sonda multiparamétrica HI 9828 (Hanna®, USA); a transparência da água foi estimada através de um disco de Secchi.

Amostras de água foram coletadas para análise em laboratório da turbidez (TURB), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais em suspensão (STS), fósforo total (PTot), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ).

Já as amostras destinadas aos estudos qualitativos e quantitativos dos Cladocera foram obtidas através de arrastos horizontais na sub-superfície da coluna d'água, utilizando-se rede de plâncton de 120 $\mu\text{m}$  de abertura de malha, provida de fluxômetro (General Oceanics, Inc.). O material coletado foi fixado em formalina 4% e armazenado em recipientes plásticos de 250 mL. Para a quantificação das concentrações de clorofila-*a*, foram coletadas 300 mL de água diretamente na superfície da água.

#### 2.4 Análises laboratoriais

A turbidez foi determinada pelo método nefelométrico 2130 B (APHA, 2012) e os sólidos totais em suspensão (STS) pelo método fotométrico (Krawczyk e Gonglewski, 1959). A demanda bioquímica do oxigênio (DBO) foi determinada pelo método 5210 B e a demanda química do oxigênio (DQO) foi pelo método colorimétrico-refluxo fechado (5220 D), ambos determinados pela espectrometria de UV-VIS (modelo DR 3900), de acordo com a APHA (2012).

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ), fósforo total (Ptot) e sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) foram determinados pela cromatografia iônica com supressão química da condutividade do eluente (método 4110 B) APHA (2012) utilizando o cromatógrafo de íons ICS Dual 2000 (Dionex Corporation, Sunnyvale, CA, USA). Já a clorofila-*a* foi analisada através do método espectrofotométrico (Parsons e Strickland, 1963).

A identificação e nomenclatura das espécies de Cladocera foram realizadas de acordo com Balcer et al., 1984; Elmoor-Loureiro, 1997; Gazulha, 2012; Goulden, 1968; Korovchinsky, 1992; Paggi, 1995; Pennak, 1978. Os organismos foram mensurados e fotografados para identificação durante a análise.

A quantificação dos organismos foi realizada a partir da adaptação metodológica descrita por Utermöhl (1958), onde foram feitas duas sub-amostragem totalizando quatro (4 mL) em cubeta, com um microscópio invertido (Axio Vert. A1, Zeiss). Para as amostras qualitativas, foram preparadas três sub-amostragens totalizando seis (6 mL) em placas de Petri, analisadas em microscópio invertido.

### 2.5 Análises estatísticas

A frequência de ocorrência dos táxons das espécies foi estimada segundo Dajoz (1983). A abundância foi calculada a partir da relação entre o número total de determinada espécie, pelo número total de espécies da amostra, expondo em gráficos as espécies com abundância superior a 5% nas amostras, sendo as demais enquadradas como “outros”. Os índices de diversidade específica e a equitabilidade foram calculados baseados nos índices de Shannon (1948) e Pielou (1977), respectivamente. Foi calculado o índice de estado trófico para rios tropicais (Lamparelli, 2004).

Para descrever as diferenças nas variáveis ambientais, índices ecológicos, densidade das espécies e as concentrações de clorofila-*a* entre os anos (2014 e 2015), meses (março, junho, setembro e dezembro), períodos sazonais (maior e menor pluviosidade), marés (enchente e vazante) e locais (P1, P2, P3 e P4) foi utilizado o teste F (ANOVA *one way*) para dados normais, e o teste H (Kruskal-Wallis) foi aplicado para dados não normais (Zar, 2010). Os dados foram transformados em raiz quadrada ou raiz quarta e submetidos aos métodos de Lilliefors (Conover, 1971) e Bartlett (Sokal e Rohlf, 1995), para testar a normalidade e homocedasticidade das variâncias, respectivamente. Para todas as análises foi adotado um nível de significância igual a 5%. O pacote estatístico utilizado foi Statistica 7.0 (StatSoft, 2004).

A relação entre a densidade das espécies com o índice de estado trófico, pluviosidade, vento e outras variáveis ambientais foi realizada através do teste de correlação de Spearman (Zar, 2010). Para ordenar os fatores físico-químicos a partir da média dos meses entre os locais amostrados foi utilizada a análise de componentes principais (ACP). O modelo de *Broken-Stick* (Jackson, 1993) foi usado para determinar o número de eixos na ordenação, com o auxílio do programa R 3.3.1 (R Core Team, 2016). Análises de espécie indicadora (IndVal) foi utilizada para verificar quais espécies apresentam alta especificidade e fidelidade na área do estudo, considerando os locais, meses, sazonalidade e anos, com auxílio do programa PC-ORD 6.0 (McCune e Mefford, 2011).

### 3. Resultados

#### 3.1 Precipitação e Velocidade Média do Vento

A média mensal da pluviosidade e vento para a região em estudo, durante os anos de 2014 e 2015 estão representados na Figura 02. Os registros da precipitação de março e junho de 2014 e 2015, e setembro/2014 estiveram acima da média histórica de 30 anos. A precipitação apresentou volume mínimo de 26 mm (outubro/2015) e máximo de 605 mm (abril/2015). Os meses de março e junho foram considerados período chuvoso; setembro e dezembro como período seco. O vento apresentou valor mínimo de 0,78 mm (março/2015) e máximo de 1,91 mm (novembro/2014) (Figura 02).

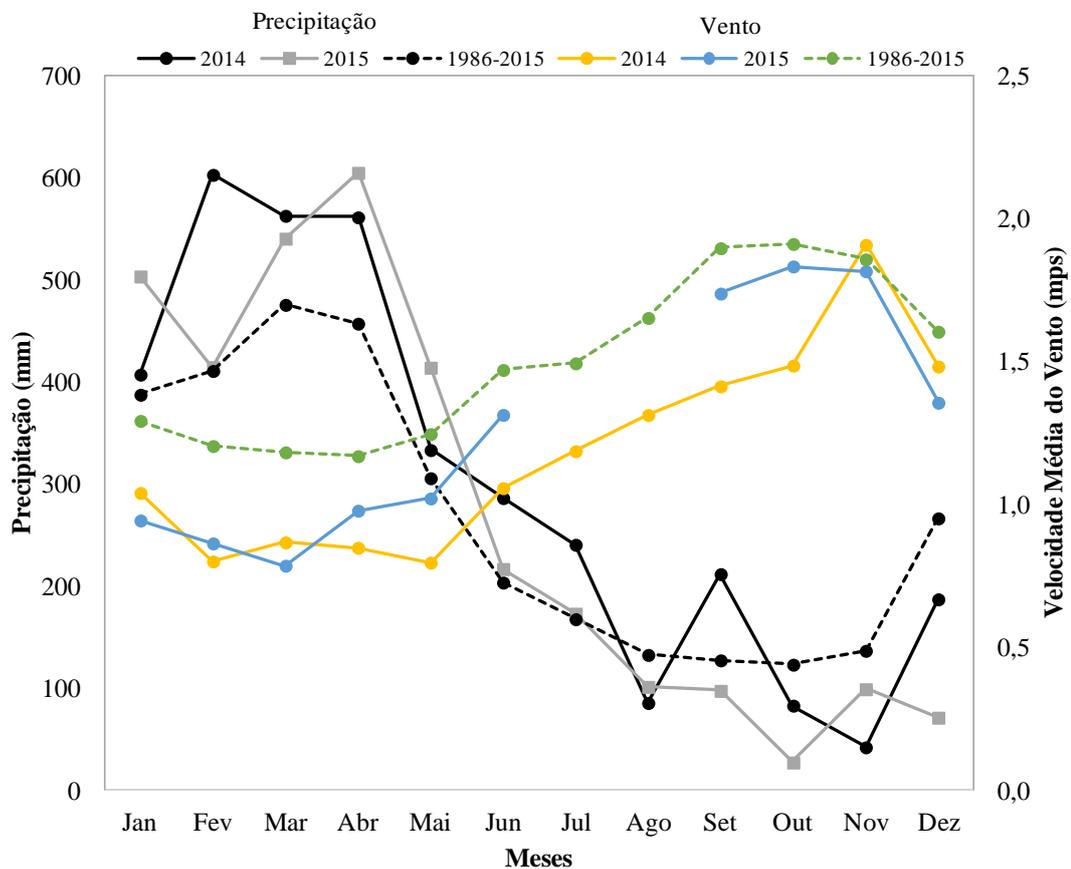


Figura 02. Média Mensal da Pluviosidade (mm) e velocidade média do vento (mps) registrados durante os anos de 2014, 2015 nos últimos 30 anos.

#### 3.2 Variáveis Ambientais e Índice de Estado Trófico

Os resultados da estatística descritiva para as variáveis ambientais e índices de estado trófico, durante o período estudado, estão descritos nas Tabelas 01 e 02 e Figura 03. Foram

registradas diferenças significativas das variáveis físico-químicas da água entre os anos amostrados, meses e períodos sazonais. Essas variáveis apresentaram um padrão sazonal.

Os nutrientes nitrito e nitrato não tiveram diferenças significativas entre os tratamentos testados: ano ( $H=2,68$ ;  $p=0,1$ ;  $H=2,65$ ;  $p=0,1$ , respectivamente), mês ( $H=4,86$ ;  $p=0,18$ ;  $H=3,35$ ;  $p=0,34$ , respectivamente), sazonalidade ( $H=0,14$ ;  $p=0,71$ ;  $H=2,52$ ;  $p=0,11$ , respectivamente), maré ( $H=0,41$ ;  $p=0,52$ ;  $H=0,19$ ;  $p=0,66$ , respectivamente) e local ( $F=1,23$ ;  $p=0,75$ ;  $H=10,64$ ;  $p>0,05$ , respectivamente) (Tabela 02).

Entre os anos amostrados, as médias das variáveis CE ( $558,13 \pm 921,83$ ;  $H=4,33$ ;  $p=0,04$ ), DQO ( $8,56 \pm 7,41$ ;  $F=12,60$ ;  $p<0,05$ ), Ptot ( $0,14 \pm 0,14$ ;  $H=5,58$ ;  $p=0,02$ ) e N-amoniacal ( $0,42 \pm 0,22$ ;  $H=27,99$ ;  $p<0,05$ ) apresentaram valores médios mais elevados no ano de 2015, quando comparados com 2014 (Tabela 02).

Entre os meses estudados, os valores de temperatura ( $28,75 \pm 0,19$ ;  $H=34,94$ ;  $p<0,05$ ), turbidez ( $67,55 \pm 13,30$ ;  $H=32,28$ ;  $p<0,05$ ), DBO ( $10,33 \pm 6,70$ ;  $H=12,58$ ;  $p=0,01$ ), DQO ( $24,06 \pm 7,89$ ;  $H=21,06$ ;  $p<0,05$ ), Ptot ( $0,22 \pm 0,17$ ;  $H=16,79$ ;  $p<0,05$ ) e STS ( $34,78 \pm 10,41$ ;  $H=29,86$ ;  $p<0,05$ ) foram maiores em março. OD ( $6,99 \pm 0,46$ ;  $H=21,37$ ;  $p<0,05$ ) foi maior em junho. A concentração de Clorofila-*a* ( $9,68 \pm 6,74$ ;  $F=8,16$ ;  $p<0,05$ ) foi maior em setembro. O pH ( $7,38 \pm 0,42$ ;  $H=38,17$ ;  $p<0,05$ ), CE ( $1699,56 \pm 905,58$ ;  $H=52,25$ ;  $p<0,05$ ), STD ( $922,88 \pm 482,83$ ;  $H=52,07$ ;  $p<0,05$ ), salinidade ( $0,83 \pm 0,47$ ;  $H=51,30$ ;  $p<0,05$ ) e sulfato ( $58,42 \pm 34,45$ ;  $H=44,45$ ;  $p<0,05$ ) foram maiores em dezembro (Tabela 02).

Entre os períodos sazonais analisados as variáveis OD ( $5,68 \pm 1,49$ ;  $H=8,97$ ;  $p<0,05$ ), turbidez ( $46 \pm 28,97$ ;  $H=32,24$ ;  $p<0,05$ ), DQO ( $15,69 \pm 9,03$ ;  $F=15,38$ ;  $p<0,05$ ) e Ptot ( $0,14 \pm 0,21$ ;  $H=12,51$ ;  $p<0,05$ ) apresentaram valores médios mais elevados durante o período chuvoso. O período seco foi maior que o chuvoso para clorofila-*a* ( $7,50 \pm 4,85$ ;  $H=39,26$ ;  $p<0,05$ ), pH ( $6,74$ ;  $0,75$ ;  $H=35,79$ ;  $p<0,05$ ), temperatura ( $29,21 \pm 0,35$ ;  $H=41,14$ ;  $p<0,05$ ), CE ( $479,16 \pm 924,53$ ;  $H=41,63$ ;  $p<0,05$ ), STD ( $263,85 \pm 497,43$ ;  $H=39,26$ ;  $p<0,05$ ), salinidade ( $0,23 \pm 0,46$ ;  $H=7,76$ ;  $p<0,05$ ) e sulfato ( $16,36 \pm 32,94$ ) (Tabela 02).

De acordo com os valores de IET, as águas superficiais dos portos de Belém e Outeiro oscilaram entre mesotrófico e supereutrófico (Figura 03). Foi observado diferença significativa entre os anos analisados ( $H=16,12$ ;  $p<0,05$ ), onde de 2015 apresentou maior estado eutrófico, destacando os pontos P2 ( $59,12 \pm 5,44$ ) e P3 ( $59,01 \pm 5,35$ ) como supereutróficos.

Tabela 01. Média e desvio padrão (DP) das variáveis ambientais e concentração de clorofila-*a* ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).

<b>Variáveis ambientais</b>	<b>Março</b>	<b>Junho</b>	<b>Setembro</b>	<b>Dezembro</b>
Clorofila- <i>a</i> ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	4,5 $\pm$ 3,81	3,55 $\pm$ 3,18	9,68 $\pm$ 6,74	6,75 $\pm$ 3,12
pH	6,05 $\pm$ 0,26	6,36 $\pm$ 0,37	7,2 $\pm$ 0,23	7,38 $\pm$ 0,42
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,75 $\pm$ 0,19	29,31 $\pm$ 0,36	29,48 $\pm$ 0,35	29,28 $\pm$ 0,16
CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	37,43 $\pm$ 6,67	30,61 $\pm$ 4,06	149,06 $\pm$ 125,60	1699,56 $\pm$ 905,58
STD (mg/L)	22,72 $\pm$ 3,98	18,38 $\pm$ 2,49	91,42 $\pm$ 78,72	922,88 $\pm$ 482,83
Salinidade	0,02 $\pm$ 0,01	0,01 $\pm$ 0,00	0,07 $\pm$ 0,06	0,83 $\pm$ 0,47
OD (mg/L)	5,42 $\pm$ 0,76	6,99 $\pm$ 0,46	4,93 $\pm$ 1,64	5,37 $\pm$ 1,97
Turbidez (UTN)	67,55 $\pm$ 13,30	37,17 $\pm$ 5,54	57,19 $\pm$ 38,12	22,09 $\pm$ 20,58
STS (mg/L)	34,78 $\pm$ 10,41	13,78 $\pm$ 4,76	32,06 $\pm$ 16,93	20,41 $\pm$ 20,91
DBO (mg/L)	10,33 $\pm$ 6,70	6,52 $\pm$ 3,00	9,93 $\pm$ 4,68	4,95 $\pm$ 4,52
DQO (mg/L)	24,06 $\pm$ 7,89	14,50 $\pm$ 4,62	14,69 $\pm$ 5,13	9,50 $\pm$ 7,00
Nitrito (mg/L)	0,02 $\pm$ 0,00	0,02 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,05	0,14 $\pm$ 0,37
Nitrato (mg/L)	0,87 $\pm$ 0,60	0,90 $\pm$ 0,53	0,88 $\pm$ 0,83	0,59 $\pm$ 0,55
Sulfato (mg/L)	1,85 $\pm$ 1,50	1,07 $\pm$ 1,15	4,09 $\pm$ 2,82	58,42 $\pm$ 34,45
Fósforo-Total (mg/L)	0,22 $\pm$ 0,17	0,15 $\pm$ 0,20	0,12 $\pm$ 0,24	0,05 $\pm$ 0,05
N-Amoniacal (mg/L)	0,34 $\pm$ 0,28	0,30 $\pm$ 0,25	0,27 $\pm$ 0,25	0,16 $\pm$ 0,21

Tabela 02. Diferenças das variáveis ambientais e clorofila-*a* ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) entre os diferentes tratamentos (anos, meses, sazonalidade, maré, local e ano) na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).

Variáveis ambientais	Análise de Variância					Post-Hoc		
	Ano	Mês	Sazonalidade	Maré	Local	Ano	Mês	Sazonalidade
Clorofila- <i>a</i> ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	H=3,14; p=0,08	F=8,16; p<0,05	F=21,98; p<0,05	F=0,21; p=0,65	F=1,51; p=0,22		setembro≠março,junho; dezembro≠junho (setembro>dezembro,março,junho)	seco>chuvoso
pH	H=1,32; p=0,25	H=38,17; p<0,05	H=35,79 p<0,05	H=0,87; p=0,35	H=1,56; p=0,67		março≠setembro,dezembro; junho≠setembro,dezembro (dezembro>setembro,junho,março)	seco>chuvoso
Temperatura (°C)	H=1,25; p=0,26	H=34,94; p<0,05	H=15,79; p<0,05	H=0,04; p=0,84	H=0,12; p=0,99		março≠junho,setembro,dezembro (março<dezembro,setembro,junho)	seco>chuvoso
CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	H=4,33; p=0,04	H=52,25; p<0,05	H=41,63; p<0,05	H=0,11; p=0,74	H=0,49; p=0,92	2015>2014	dezembro≠março,junho,setembro; junho≠setembro (dezembro>setembro>março>junho)	seco>chuvoso
STD (mg/L)	H=3,61; p=0,06	H=52,07; p<0,05	H=41,14; p<0,05	H=0,19; p=0,66	H=0,46; p=0,93		março≠dezembro; junho≠setembro,dezembro; setembro≠dezembro (dezembro>setembro,março,junho)	seco>chuvoso
Salinidade	H=2,63; p=0,10	H=51,30; p<0,05	H=39,26; p<0,05	H=0,004; p=0,95	H=2,08; p=0,56		março≠dezembro; junho≠setembro,dezembro; setembro≠dezembro (dezembro>setembro,março,junho)	seco>chuvoso
OD (mg/L)	H=1,15; p=0,28	H=21,37; p<0,05	H=7,76; p<0,05	H=0,44; p=0,51	H=2,59; p=0,46		março≠junho; junho≠setembro,dezembro (junho>dezembro,março,junho)	chuvoso>seco

Tabela 02. (Continuação)

Variáveis ambientais	Análise de Variância					Post-Hoc		
	Ano	Mês	Sazonalidade	Maré	Local	Ano	Mês	Sazonalidade
Turbidez (UTN)	H=0,01; p=0,91	H=32,28; p<0,05	H=8,97; p<0,05	H=1,18; p=0,28	H=3,56; p=0,31		março≠junho,dezembro; setembro≠dezembro (março>setembro>junho>dezembro)	chuvoso>seco
STS (mg/L)	F=0,002; p=0,98	H=29,86; p<0,05	F=0,01; p=0,92	F=0,67; p=0,80	F=1,39; p=0,25		março≠junho, dezembro; junho≠setembro (março>setembro>dezembro>junho)	
DBO (mg/L)	H=1,67; p=0,20	H=12,58; p=0,01	H=0,41; p=0,52	H=0,43; p=0,51	H=0,52; p=0,91		dezembro≠março,setembro (março>setembro>junho>dezembro)	
DQO (mg/L)	F=12,60; p<0,05	H=21,06; p<0,05	F= 15,38; p<0,05	F=3,42; p=0,07	F=0,21; p=0,89	2015>2014	março≠junho,setembro,dezembro (março>setembro,junho,dezembro)	chuvoso>seco
Nitrito (mg/L)	H=2,68; p=0,10	H=4,86; p=0,18	H=0,14; p=0,71	H=0,41; p=0,52	F=1,23; p=0,75			
Nitrato (mg/L)	H=2,65; p=0,10	H=3,35; p=0,34	H=2,52; p=0,11	H=0,19; p=0,66	H=10,64; p=0,01			
Sulfato (mg/L)	H=0,70; p=0,40	H=44,45; p<0,05	H=32,24; p<0,05	H=0,02; p=0,90	H=0,18; p=0,98		dezembro≠março,junho,setembro; junho≠setembro (dezembro>setembro,março,junho)	seco>chuvoso
Fósforo-Total (mg/L)	H=5,58; p=0,02	H=16,79; p<0,05	H=12,51; p<0,05	H=1,07; p= 0,30	H=0,40; p=0,94	2015>2014	março≠setembro,dezembro (março>junho,setembro,dezembro)	chuvoso>seco
N-Amoniacal (mg/L)	H=27,99; p<0,05	H=4,85; p=0,18	H=2,55; p=0,11	H=0,23; p=0,63	H=7,33; p=0,06	2015>2014		

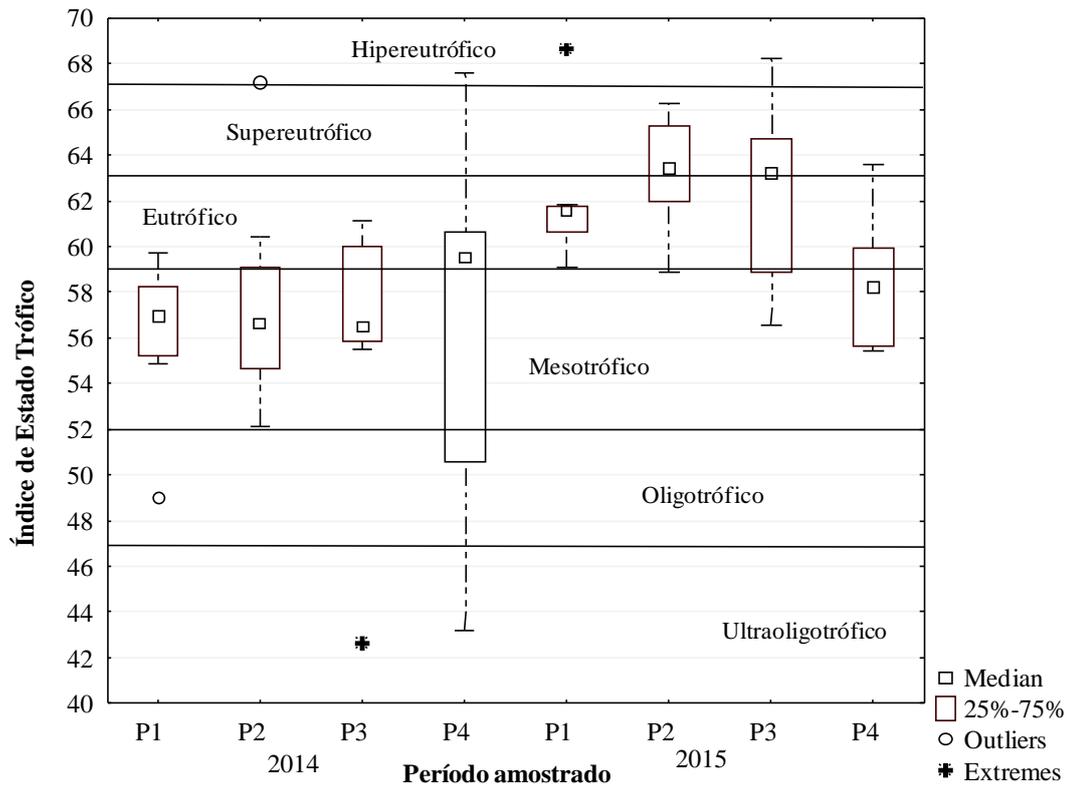


Figura 03. *Box-plot* da mediana e quartis do Índice de Estado Trófico na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).

### 3.3 Composição Taxonômica

As ordens registradas foram: Anomopoda, famílias Bosminidade, Moinidae, Daphniidae, Chydoridae, Ilyocryptidae e Macrothricidae; Ctenopoda, Família Sididae (Tabela 03), destacando as famílias: Bosminidade (25%), Sididae (25%), Moinidae (17%), Chydoridae (9%); Daphniidae (8%), Ilyocryptidae (8%) e Macrothricidae (8%).

### 3.4 Frequência de Ocorrência

Os táxons que foram considerados constantes (>50%) (Figura 04) durante todo o período de estudo foram: *Moina minuta* (100%), *Diaphanosoma birgei* (100%), neonato de Cladocera (100%), *Bosminopsis deitersi* (81%) e *Bosmina longirostris* (69%) (Tabela 03).

Tabela 03. Composição e frequência de ocorrência de Cladocera na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).

Táxons	Março				Junho				Setembro				Dezembro				FR (%)	Classificação		
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4				
Filo: ARTHROPODA																				
Subfilo: CRUSTACEA																				
Classe: BRANCHIOPODA																				
Ordem: DIPLOSTRACA																				
Infra-ordem: CLADOCERA																				
Neonato de Cladocera	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	Constante	
Sub-ordem: ANOMOPODA																				
Família: BOSMINIDAE																				
Gênero: <i>Bosmina</i>																				
<i>Bosmina hagmanni</i> Stingelin, 1904	x		x									x						19	Acidental	
<i>Bosmina longirostris</i> O.F. Muller, 1785	x	x	x	x		x		x				x	x	x	x	x		69	Constante	
Gênero: <i>Bosminopsis</i>																				
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1895	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x			x	x	81	Constante	
Família: MOINIDAE																				
Gênero: <i>Moina</i>																				
<i>Moina</i> sp.	x																	6	Acidental	
<i>Moina minuta</i> Hansen, 1899	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	Constante	
Família: DAPHNIIDAE																				
Gênero: <i>Ceriodaphnia</i>																				
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886						x							x					13	Acidental	
Família: CHYDORIDAE																				
Gênero: <i>Alonella</i>																				
<i>Alonella</i> sp1.																			6	Acidental

Tabela 03. (Continuação)

Táxons	Março		Junho				Setembro				Dezembro				FR (%)	Classificação		
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2			P3	P4
<i>Alonella dadayi</i> Birge, 1910 Família: ILYOCRYPTIDAE Gênero: <i>Ilyocryptus</i>	x				x	x				x							25	Acessória
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882 Família: MACROTHRICIDAE Gênero: <i>Macrothrix</i>		x															6	Acidental
<i>Macrothrix</i> sp1. Sub-ordem: CTENOPODA Família: SIDIDAE Gênero: <i>Diaphanosoma</i>					x												6	Acidental
<i>Diaphanosoma</i> sp1.	x																6	Acidental
<i>Diaphanosoma birgei</i> Korinek, 1981	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	Constante
<i>Diaphanosoma polypina</i> Korovchinsky, 1982					x												6	Acidental

### 3.5 Densidade

A densidade total apresentou diferença significativa entre os locais amostrados ( $H=16,57$ ;  $p<0,05$ ), onde P2 ( $32 \text{ org./m}^3 \pm 58$ ) foi menor que P3 ( $36 \text{ org./m}^3 \pm 58$ ) e P4 ( $35 \text{ org./m}^3 \pm 58$ ). A média da densidade total variou de  $45 \text{ org./m}^3$  (P4, 2014) a  $61 \text{ org./m}^3$  (P4, 2015) (Figura 04). *Moina minuta* foi a espécie que mais contribuiu para as elevadas densidades registradas no P3 e P4, em ambos os anos.

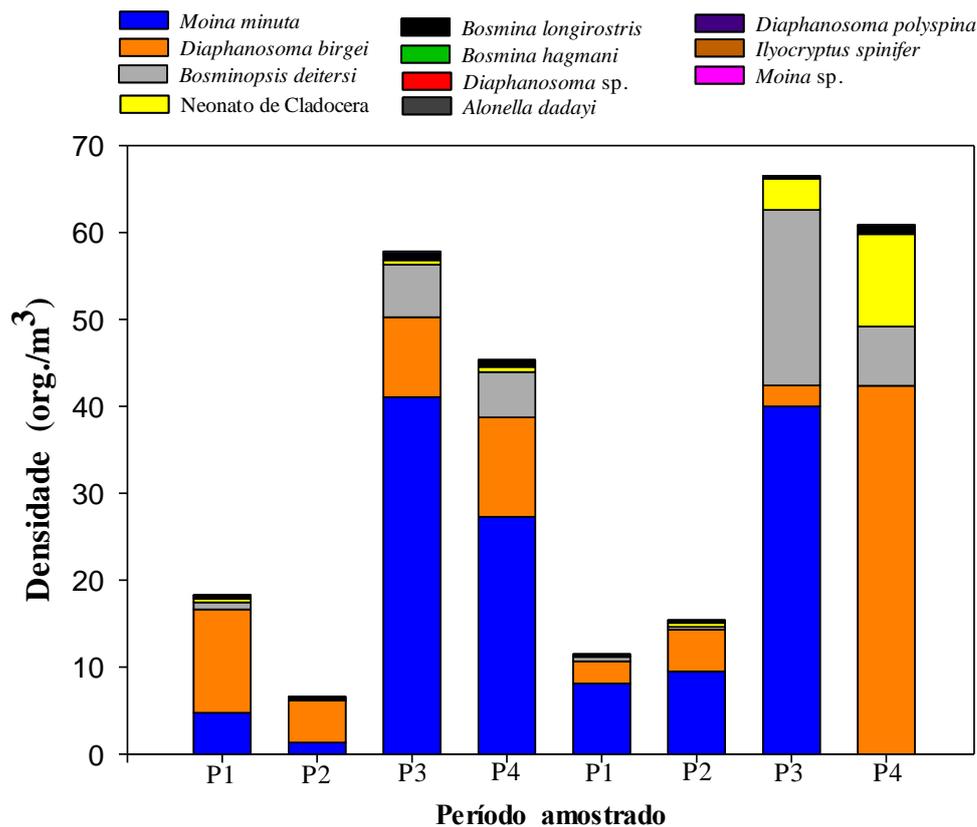


Figura 04. Média da densidade total ( $\text{org./m}^3$ ) de Cladocera na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).

### 3.6 Abundância Relativa e Índices Ecológicos

A diversidade atingiu  $2,1 \text{ bits.ind}^{-1}$  no ano de 2014, em março no ponto P3 (enchente), e  $1,8 \text{ bits.ind}^{-1}$  no ano de 2015, em dezembro no P3 (vazante). Este índice teve diferença significativa entre os meses amostrados ( $H=13,20$ ;  $p=0,004$ ), com valores mais elevados em março ( $0,71 \pm 0,12$ ) e entre os períodos sazonais ( $H=3,96$ ;  $p=0,04$ ), com valores mais elevados no período chuvoso ( $0,99 \pm 0,50$ ). Cerca de 75% do total das amostras foi classificada como diversidade baixa, 12,5% classificada como muito baixa e 12,5% como média.

A equitabilidade atingiu 1 em 2014, no mês de junho no ponto P1 (vazante) e em setembro, vazante dos pontos P1 e P2, e no ano de 2015 em março no P2 (enchente). A equitabilidade não teve diferença significativa durante o período do estudo.

As espécies mais abundantes, com valores acima de 5% de abundância, foram *Moina minuta*, *Diaphanosoma birgei* e *Bosminopsis deitersi*. No ano de 2014, as espécies *Moina minuta* e *Diaphanosoma birgei* tiveram os maiores valores de abundância registrados. *Diaphanosoma birgei* foi mais abundante em março e junho, além de apresentar 100% da abundância registrada no P2, em junho. *Moina minuta* teve 100% da abundância registrada no P4, em dezembro (Figura 05).

Entre os anos analisados, foi possível observar um padrão de variação principalmente da espécie *Moina minuta*, a qual obteve elevados valores AR registrados em 2015. As espécies *D. birgei* e *B. deitersi* também apresentaram variação em suas AR, entre os pontos e anos amostrados (Figura 05).

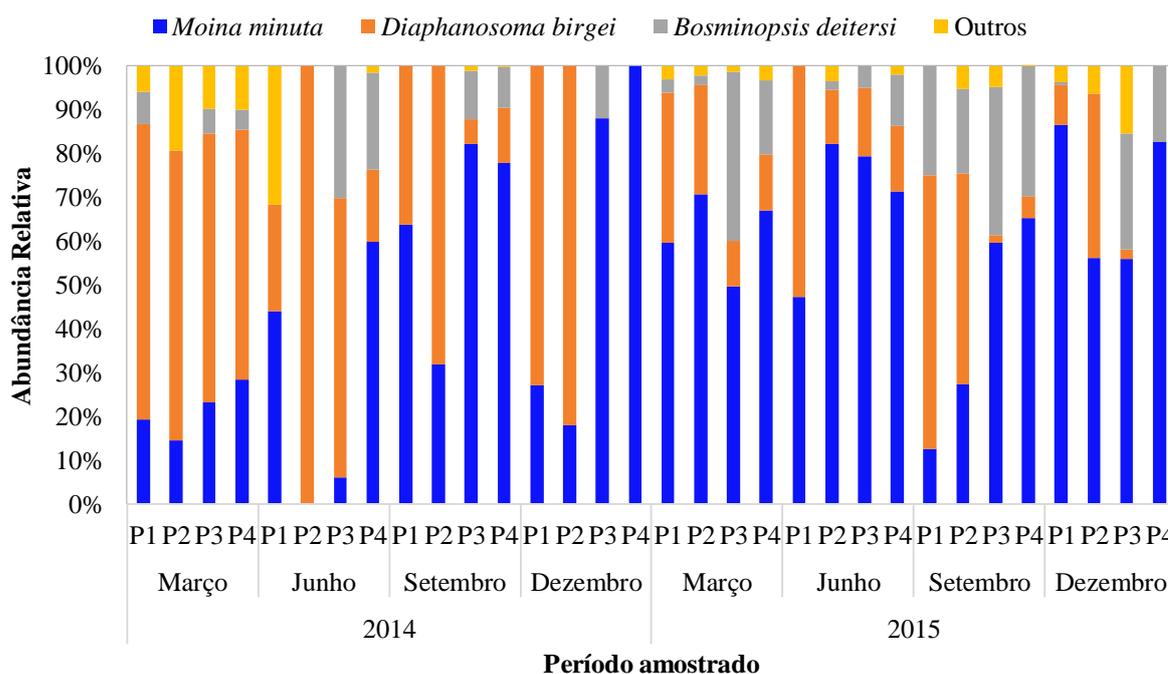


Figura 05. Abundância Relativa (%) de Cladocera na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).

### 3.7 Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais em seus dois principais eixos explicou 45,8% das variáveis físico-químicas (Tabela 04). No primeiro eixo foi explicada uma variação de 34,4% dos dados, a partir do segundo eixo não foi possível explicar as variações visto que os valores

de *Broken-Stick* foram maiores que os autovalores. O eixo 1 estabeleceu um padrão sazonal das variáveis. Houve separação das amostras entre os meses, os quais contribuíram para formação de três grupos: dezembro, março e junho. As concentrações de STD, sulfato, níveis de condutividade elétrica, salinidade, pH, localizados à direita, correlacionaram com amostras do mês de dezembro, período seco. Os valores de turbidez, DQO e pluviosidade, localizados à esquerda, correlacionaram com os meses de março e junho, período chuvoso (Figura 06).

Tabela 04. Resultados da Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando as variáveis ambientais na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).

	PC1	PC2
Autovalor	5,85	1,93
% explicação	34,4	11,38
Clorofila- <i>a</i>	0,07	0,69
pH	0,68	0,45
Temp	0,39	0,67
CE	0,90	-0,20
STD	0,91	-0,20
SAL	0,90	-0,21
OD	0,10	-0,03
Turbidez	-0,68	0,09
STS	-0,44	0,26
DBO	-0,42	0,08
DQO	-0,55	-0,15
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,38	-0,17
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,26	0,18
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,87	-0,24
Ptot	-0,31	-0,23
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,32	0,26
Pluviosidade	-0,68	-0,58

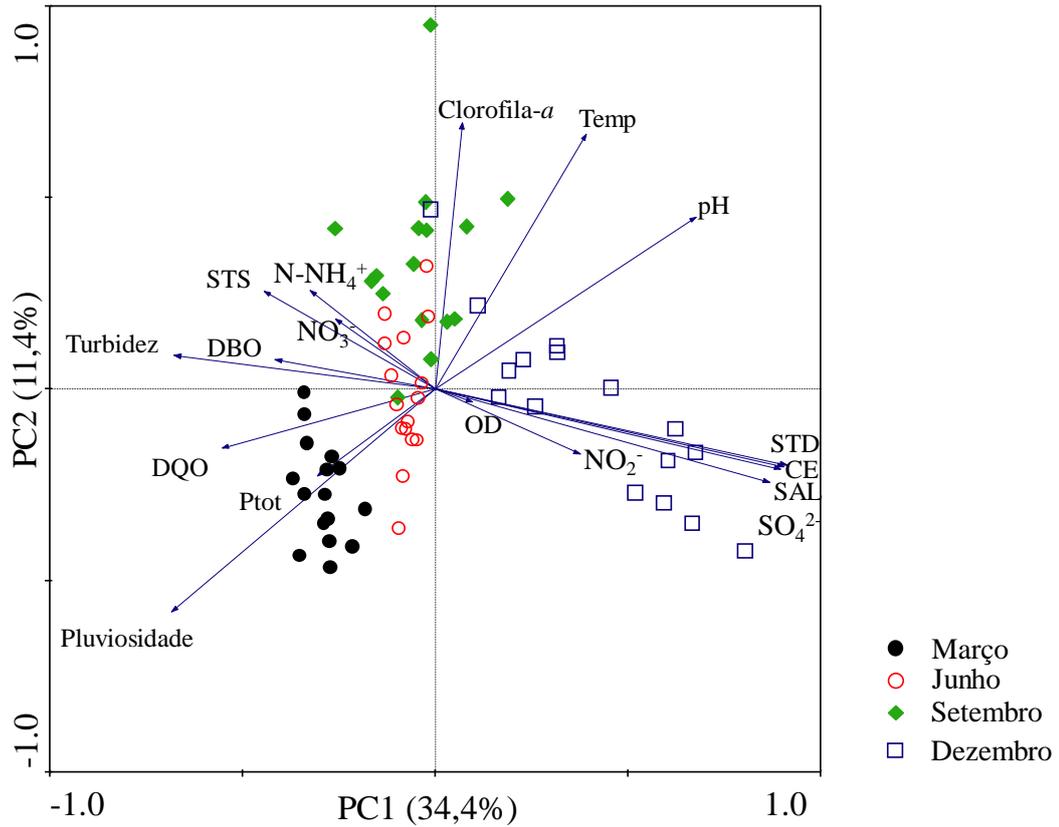


Figura 06. Análise de componentes principais da média mensal dos fatores físico-químicos na área portuária da cidade de Belém, Estado do Pará (Brasil).

### 3.8 Análise Indicadora de Espécies

Apenas a espécie *M. minuta* foi considerada indicadora do mês de dezembro (Grupo 4). *Diaphanosoma birgei* foi indicadora do P2 (Grupo 2) e período chuvoso (Grupo 1). *Bosminopsis deitersi* foi indicadora do P3 (Grupo 3) e do ano 2015 (Grupo 2) (Tabela 05).

Tabela 05. Espécies/grupos de Cladocera com IndVal significativo ( $p \leq 0,05$ ), em relação aos diferentes anos: 2014 (Grupo 1), 2015 (Grupo 2), sazonalidade: chuvoso (Grupo 1), seco (Grupo 2), locais: P1 (Grupo 1), P2 (Grupo 2), P3 (Grupo 3) e P4 (Grupo 4), e meses: março (Grupo 1), junho (Grupo 2), setembro (Grupo 3) e dezembro (Grupo 4).

Espécie	Ano			Sazonal			Mês			Local		
	Grupo (1-2)	Ind-Val	P	Grupo (1-2)	Ind-Val	P	Grupo (1-4)	Ind-Val	P	Grupo (1-4)	Ind-Val	P
<i>Bosminopsis deitersi</i>	2	47,3	0,01	-	-	-	-	-	-	3	34,1	0,01
<i>Diaphanosoma birgei</i>	-	-	-	1	53,9	0,02	-	-	-	2	34,2	0,001
<i>Moina minuta</i>	-	-	-	-	-	-	4	31	0,001	-	-	-

### 3.9 Correlação de Spearman

*Bosminopsis deitersi* correlacionou-se positivamente com DQO ( $r=0,6$ ) no P3; negativamente com fósforo total ( $r=-0,6$ ) em 2015; positivamente com OD ( $r=0,7$ ) e pH ( $r=0,7$ ) em março; positivamente com CE ( $r=0,7$ ), salinidade ( $r=0,7$ ), STD ( $r=0,7$ ) e negativamente com nitrato ( $r=-0,7$ ) em setembro.

*Diaphanosoma birgei* correlacionou positivamente com DBO ( $r=0,6$ ) no P2; positivamente com nitrato ( $r=0,7$ ), pluviosidade ( $r=0,8$ ), turbidez ( $r=0,6$ ) e negativamente com CE ( $r=-0,8$ ), pH ( $r=-0,7$ ), salinidade ( $r=-0,8$ ), STD ( $r=-0,8$ ), sulfato ( $r=-0,8$ ), e vento ( $r=-0,6$ ) no P4; negativamente com CE ( $r=-0,6$ ), STD ( $r=-0,6$ ) e salinidade ( $r=-0,6$ ) no período seco; positivamente com DBO ( $r=0,7$ ) em 2014; positivamente com pluviosidade ( $r=0,7$ ), vento ( $r=0,7$ ), e negativamente com CE ( $r=-0,6$ ), N-amoniaco ( $r=-0,8$ ), STD ( $r=-0,8$ ), turbidez ( $r=-0,6$ ) em março; negativamente com nitrato ( $r=-0,6$ ) em junho; negativamente com a temperatura ( $r=-0,6$ ) em setembro.

*Moina minuta* correlacionou positivamente com pH ( $r=0,6$ ) no P3; positivamente com DBO ( $r=0,7$ ) e negativamente com sulfato ( $r=-0,6$ ) no P4; negativamente com N-amoniaco ( $r=-0,7$ ) em 2014; negativamente com nitrato ( $r=-0,6$ ) em 2015; positivamente com pH ( $r=0,7$ ) em março; negativamente com nitrato ( $r=-0,6$ ) em setembro; positivamente com DQO ( $r=0,7$ ), negativamente com nitrito ( $r=-0,6$ ), OD ( $r=-0,7$ ), pluviosidade ( $r=-0,7$ ) e vento ( $r=-0,7$ ) em setembro.

#### 4. Discussão

Na Baía do Guajará a maioria das variáveis ambientais foi influenciada pela sazonalidade da região. A diferença sazonal da precipitação na Bacia Amazônica afeta de modo significativo as descargas dos rios (Egler e Schawassmann, 1962) e conseqüentemente nas condições limnológicas.

Em relação às concentrações de Clorofila-*a*, pH, temperatura, correntes de vento, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade e sulfato, estas atingiram maiores valores no período seco. A presença dos sólidos totais dissolvidos está relacionada com os valores de condutividade elétrica, já as descargas de esgoto doméstico e efluentes industriais, da orla da cidade de Belém, são consideradas fontes de sulfato e durante o período menos chuvoso há uma maior concentração desse ânion na superfície da água. No trabalho de Paiva et al. (2006), o aumento da biomassa primária, assim como maior transparência e salinidade da água foram observados no período de menor precipitação pluviométrica.

No entanto, no período chuvoso, a precipitação pode ser considerada como fator determinante nas modificações das características da água, tornando menos salinas, mais turva, com maior quantidade de material em suspensão, com maior disponibilidade de oxigênio dissolvido, sólidos totais em suspensão, demanda química de oxigênio e fósforo total. Nesse sentido, o binômio chuvas-material em suspensão é importante para a região, reduzindo o desenvolvimento da produção primária, constituindo-se em um dos fatores limitantes neste período (Paiva et al. 2006). Além disso, altas concentrações de nutrientes são frequentemente associadas a um aumento do fluxo de água do rio para os estuários durante a estação chuvosa (Kimmerer, 2002; Palmer et al., 2011).

As condições tróficas das águas superficiais da Baía do Guajará foram classificadas em sua maioria como mesotrófico, além de eutrófico e supereutrófico, fato que pode ser considerado como reflexo das atividades antrópicas na região. O enriquecimento do ambiente aquático reduz a saúde do ecossistema (Mayer-Pinto e Junqueira, 2003). A crescente eutrofização pode prejudicar a saúde ambiental da Baía do Guajará nas próximas décadas. Viana et al. (2010).

Os efeitos das descargas industriais e dos esgotos lançados na Baía do Guajará não afetam gravemente a região devido à eficiência dos auto purificadores, que diluem o descarte dos poluentes (Viana, et al., 2010), devido o ambiente se altamente dinâmico de energia mista (Gregório e Mendes, 2009). Entretanto, esse cenário pode se agravar, ainda mais quando o Plano Mestre do complexo portuário de Belém organizado pelo governo brasileiro relatou que

em 2016 a movimentação das principais cargas atingiu 25 milhões de toneladas e estima que até 2060, a demanda para o complexo cresça em média 2,4% ao ano, alcançando um total de 98,3 milhões de toneladas (MTPA et al., 2017), aumentando consequentemente o tráfego de navios na região.

A biodiversidade de Cladocera da Baía do Guajará foi considerada baixa se comparada com outras regiões amazônicas (Brito et al., 2015; Ghidini e Santos-Silva, 2011; Melo et al., 2006; Nakajima et al., 2017; Smirnov e Santos-Silva, 1995). Essa diferença da biodiversidade entre as regiões pode ser parcialmente atribuída a espacialização entre as regiões. No entanto, este trabalho apresentou padrão semelhante aos estudos de monitoramento ambiental que utilizaram a comunidade zooplancônica, coletada com redes de 64 µm de abertura de malha, na Baía do Guajará entre os anos de 2013 e 2016 (IEC-SEMAM, 2014a, 2014b, 2016a, 2016b), e que provavelmente representa a atual biodiversidade de Cladocera no estuário guajarino.

Ao contrário do observado com os fatores físico-químicos, a densidade das espécies apresentou variação espacial, com diferença significativa entre os pontos amostrados. Elevadas densidades foram registradas no P3 e P4, ambos localizados na Ilha de Outeiro.

A sazonalidade influenciou a diversidade das espécies, visto que o aumento da hidrodinâmica local no período chuvoso faz com que a matéria orgânica fique suspensa na superfície d'água, proporcionando uma maior fonte alimentar para os Cladocera, que são filtradores planctônicos. No período seco, ocorre uma diminuição da hidrodinâmica da água, onde a matéria orgânica em suspensão, que era depositada na parte mais externa do estuário no período chuvoso, desce para a parte mais interna (Viana et al., 2010), gerando maior disponibilidade de fontes alimentares no estuário da Amazônia (Barthem, 1985) para a biota detritívora e bentônica.

*Moina minuta*, *Diaphanosoma birgei*, *Bosminopsis deitersi* destacaram-se na densidade, frequência, abundância e como indicadoras (para períodos sazonais, meses, anos e locais). Estas espécies também foram registradas em trabalhos da região, como no reservatório de Tucuruí (Espíndola et al., 2000), Rio Murucupi (Costa et al., 2016a) e Lago Batata (Maia-Barbosa e Bozelli, 2006). Além disso, neste lago foram registradas elevadas densidades dessas espécies na estação impactada por rejeitos de bauxita (Sodré et al., 2015). Tais espécies são filtradoras capazes de consumir grandes quantidades de detritos e bactérias (Havel, 2009).

*Bosminopsis deitersi* teve elevadas densidades registradas no P3 e P4, no entanto, de modo geral, não se destacou nos demais locais amostrados. Diferente do que foi registrado no

Rio Murucupi (Pará, Brasil), por Costa et al. (2016a), onde esta espécie se destacou pela maior densidade entre as espécies de Cladocera.

*Bosminopsis deitersi* foi indicadora do P3, classificado como mesotrófico (2014) e supereutrófico (2015), que teve aumento da densidade dessa espécie em relação aos outros locais. Outros estudos apontam esta espécie como indicadora de ambientes oligotrófico e mesotrófico (Arcifa, 1984; Caleffi, 1994; Matsumura-Tundisi, 1984). Estes autores relatam que além de ser uma espécie filtradora de ampla distribuição em águas tropicais, pode se adaptar a ambientes com elevada concentração de compostos húmicos, baixa condutividade elétrica e pH, considerada uma espécie euritópica (Timms e Morton, 1988).

A espécie *M. minuta* ocorreu predominantemente na Baía do Guajará apresentando elevados valores de densidade. Conforme estudo de Nakajima et al. (2017), a densidade de *M. minuta* é maior em água branca do que em água preta, além de ser característica de ambientes oligo-mesotróficos (Rocha e Güntzel, 1999).

De acordo com o IndVal, *M. minuta* foi indicadora apenas para o mês de dezembro. *Moina minuta* e *B. deitersi* foram espécies indicadoras, com especificidade e fidelidade para fevereiro e novembro, que correspondem ao período de maior precipitação pluviométrica no Rio Pará (Pará, Brasil) (Costa et al., 2016b). Além disso, estudos realizados com essa espécie durante a estação chuvosa apresentou uma diminuição da sua densidade em ambiente de represa, rio e lagos no semi-árido do nordeste brasileiro (Crispim et al., 2003; Crispim e Watanabe, 2001; Freitas e Crispim, 2005). Conforme Vieira et al. (2011), essa espécie teve maior crescimento populacional sob tratamento de alta concentração de nitrogênio e fósforo.

*Diaphanosoma birgei* foi considerada a espécie indicadora do P2 e do período chuvoso. Esta espécie apresentou maior tamanho corporal em regiões naturais e impactadas e com maiores biomassas na região natural, em um trabalho comparativo com cinco espécies de Cladocera em uma região impactada por bauxita (Maia-Barbosa e Bozelli, 2005). *Diaphanosoma birgei* foi uma das espécies de Cladocera mais abundante e associada à temperatura superficial da água da Bacia do Norte do Lago Winnipeg, Manitoba, Canadá (Hann e Salki, 2017). Arts et al. (1992) sugeriram que *D. birgei* pode se alimentar de populações bacterianas que foram simultaneamente elevadas com florações de cianobactérias no Lago Humboldt (Estados Unidos), hipereutrófico.

Entre as espécies menos representativas, *Bosmina longirostris* apesar de ser classificada como constante, não se destacou na densidade total de Cladocera. Essa espécie é filtradora e é

considerada como indicadora de grau de trofia em regiões temperadas, tropicais e subtropicais (Pace, 1986).

Com relação aos locais, P3 e P4, ambos localizados ao norte da baía apresentaram elevados registros de densidade. O P4 foi considerado o local de amostragem que mais se destacou com maior número de correlações significativas da densidade de espécies com fatores físico-químicos. Isso pode estar relacionado com sua localização geográfica, situado a jusante dos outros locais de amostragem, o qual recebe toda a descarga de resíduos lançados através das drenagens de Belém, das atividades industriais e portuárias que se localizam ao longo da orla da cidade, conseqüentemente pode influenciar na variação dos fatores físico-químicos da água e no comportamento das espécies. No norte da Baía do Guajará ocorre aumento da intensidade das correntes de maré e diminuição das correntes fluviais (Gregório e Mendes, 2009).

As espécies de Cladocera tiveram diferenças na densidade em relações às variáveis ambientais no estuário guajarino. A densidade de *Moina minuta* aumentou à medida que a pluviosidade e as concentrações de sulfato, N-amoniaco, nitrato e nitrito diminuíram. A densidade de *Diaphanosoma birgei* esteve relacionada com o aumento dos índices de pluviosidade e com a diminuição da temperatura, condutividade elétrica, STD e salinidade. No entanto, *Bosminopsis deitersi* correlacionou positivamente com a condutividade elétrica da água, STD e salinidade.

As espécies de Cladocera do Rio Tigris (Irã) correlacionaram positivamente com a condutividade elétrica durante os meses de verão, período de densidade máxima de Cladocera, onde o grupo mostrou preferência em relação ao aumento da temperatura, pH e salinidade (Abdulwahab e Rabee, 2015). Cursos de água, com baixas transparências causadas pela grande quantidade de material em suspensão, promovem a escassez de alimento, o fitoplâncton, para os Cladocera que apresentam dificuldade de desenvolvimento nesses locais (Serafim-Júnior et al., 2006).

## 5. Conclusão

As variáveis ambientais associadas aos impactos antrópicos da região portuária contribuem para alterações na composição e densidade de Cladocera ao longo da Baía do Guajará, como observado na densidade de espécies que se eleva nos locais à jusante da orla de Belém. A precipitação contribuiu com o aumento da diversidade dos organismos no período chuvoso. Na baía, as espécies *Moina minuta*, *Diaphanosoma birgei*, *Bosminopsis deitersi*

foram consideradas indicadoras das condições locais (períodos sazonais, meses, anos e locais), sensíveis às mudanças do estado trófico, que pode ser consequência do contínuo lançamento de resíduos industriais, portuários e domésticos no estuário guajarinó.

O contínuo monitoramento desses organismos, aliado aos parâmetros microbiológicos para a região portuária-industrial ao longo da Baía do Guajará é importante para avaliação da qualidade ambiental da água, principalmente quando é previsto que a movimentação de cargas nesta região tenha um crescimento excessivo para as próximas décadas, mesmo que os poluentes possam ser diluídos pela elevada hidrodinâmica da baía.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao Instituto Evandro Chagas pelo suporte laboratorial para a pesquisa, IEC/FIDES/CDP, Universidade Federal do Pará (UFPA) e a Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

### **Referências**

Abdulwahab, S., Rabee, A.M., 2015. Ecological factors affecting the distribution of the zooplankton community in the Tigris River at Baghdad region, Iraq. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 41, 187-196.

APHA-American Public Health Association, 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*, 19th ed. Washington.

Arcifa, M.S., 1984. Zooplankton composition of ten reservoirs in southern Brazil. *Hydrobiologia*. 113, 137-45.

Arts, M.T., Evans, M.S., Robarts, R.D., 1992. Seasonal patterns of total and energy reserve lipids of dominant zooplanktonic crustaceans from a hyper-eutrophic lake. *Oecologia*. 90, 560-571.

Balcer, M. D., Korda, N. L., Dodson, S. I., 1984. *Zooplankton of the great lakes. A guide to the identification and ecology of the common crustacean species*, The University of Wisconsin, United States of America.

Barthem, R. B., 1985. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da Baía do Marajó, Estuário Amazônico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. 6, 15-28.

Brito, S.A.C., Camargo, M., Melo, N.F.A.C., Estupiñan, R.A., 2015. A checklist for the zooplankton of the Middle Xingu-an Amazon River system. *Brazilian Journal of Biology*. 75, 3, S55-S64.

Caleffi, S.A., 1994. Represa de Guarapiranga: Estudo da comunidade zooplanctônica e aspectos da eutrofização. Universidade de São Paulo.

CDP - Companhia Docas do Pará, 2013. <http://www.cdp.com.br> (Acesso em 05 de agosto).

CDP - Companhia Docas do Pará, 2015. <http://www.cdp.com.br> (Acesso em 27 de dezembro de 2016).

Conover, W.O.J., 1971. Practical Nonparametric Statistics, John Wiley, New York.

Cordeiro, C.A., 1987. Estudo da salinização do estuário do Rio Pará no trecho Belém - Mosqueiro. Universidade Federal do Pará.

Costa, B.N.S., Pinheiro, S.C.C., Amado, L.L.A., Lima, M.O., 2016a. Microzooplankton as a bioindicator of environmental degradation in the Amazon. *Ecological Indicators*. 61, 526-545.

Costa, B.N.S., Pinheiro, S.C.C., Lima, M.O., Amado, L.L.A., 2016b. Microzooplankton as an indicator of environmental quality at na industrial complex in the Brazilian Amazon. *Ecological Indicators*. 66, 220-229.

Costa, M.F., Neumann-Leitão, S., Santos, L.P.S., 2004. Bioindicadores da Qualidade Ambiental, In: Eskinazi-Leça, E., Neumann-Leitão, S., Costa, M.F. (Eds.), *Oceanografia: um cenário tropical*. Bagaço, Recife, pp. 331.

Crispim, M.C., Paz, R.J., Watanabe, T., 2003. Comparison of different *Moina minuta* populations dynamics ecloded from resting eggs in a semi-arid region in Brazil. *Brazilian Journal of Ecology*. 5-6, 33-38.

Crispim, M.C., Watanabe, T., 2001. What can dry reservoir sediments in a semi-arid region in Brazil tell us about Cladocera? *Hydrobiologia*. 442, 101-105.

Dajoz, R., 1983. *Ecologia geral*, 4ª ed. Vozes/ EDUSP, Petrópolis.

Egler, W.A., Schwassmann, H.O., 1962. Limnological studies in the Amazon Estuary. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. 1, 2-25.

Elmoor-Loureiro, L.M.A., 1997. *Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil*, Editora Universal/ UCB, Brasília.

Espíndola, E.L.G., Matsumura-Tundisi, T., Rietzler, A.C., Tundisi, J.G., 2000. Spatial heterogeneity of the Tucuruí Reservoir (State of Pará, Amazonia, Brazil) and the distribution of zooplanktonic species. *Revista Brasileira de Biologia*. 60, 2, 179-194.

Freitas, G.T.P., Crispim, M.C., 2005. Seasonal effects on zooplankton community in a temporary lagoon of northeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 17, 385-393.

Gazulha, V., 2012. *Zooplâncton límnico: manual ilustrado*, 1 ed. Technical Books Editora, Rio de Janeiro.

- Ghidini, A.R., Santos-Silva, E.N., 2011. Composition, species richness and patterns of nycthemeral vertical distribution of planktonic cladocerans in a black water Amazonian lake. *Nauplius*. 19, 2, 109-122.
- Goulden, C.E., 1968. The systematics and evolution of the Moinidae, 58, 6. The American Philosophical Society, Philadelphia.
- Gregório, A.M.S., Mendes, A.C.M., 2009. Characterization of sedimentary deposits at the confluence of two tributaries of the Para River estuary (Guajará Bay, Amazon). *Continental Shelf Research*. 29, 609-618.
- Hann, B., Salki, A., 2017. Patterns in the crustacean zooplankton community in Lake Winnipeg, Manitoba: Response to long-term environmental change. *Journal of Great Lakes Research*. 43, 1, 80-90.
- Havel, J.E., 2009. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences Encyclopedia of Inland Waters. 611-622.
- Hofmann, R.M., 2015. Impactos ambientais causados pelas obras de construção e ampliação de portos marítimos no Brasil com ênfase nas comunidades pesqueiras, Câmara dos Deputados, Praça dos Três Poderes, Consultoria Legislativa, Brasília.
- IEC-SEMAM - Instituto Evandro Chagas-Seção de Meio Ambiente, 2014a. Relatório Técnico referente ao monitoramento da água superficial da área de influência do Terminal Portuário de Outeiro: Agosto de 2013 à Julho de 2014, n° 025/2014.
- IEC-SEMAM - Instituto Evandro Chagas-Seção de Meio Ambiente, 2014b. Relatório Técnico referente ao monitoramento da água superficial da área de influência do Porto de Belém: Agosto/2013 à Julho de 2014, n° 028/2014.
- IEC-SEMAM - Instituto Evandro Chagas-Seção de Meio Ambiente, 2016a. Relatório Técnico referente ao monitoramento da água superficial da área de influência do Terminal Portuário de Outeiro: Janeiro à Julho de 2016, n° 015/2016.
- IEC-SEMAM - Instituto Evandro Chagas-Seção de Meio Ambiente, 2016b. Relatório Técnico referente ao monitoramento da água superficial da área de influência do Porto de Belém: Janeiro à Julho de 2016, n° 017/2016.
- INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, 2016. <http://www.inmet.gov.br> (Acesso em 27 de dezembro de 2016).
- Jackson, D.A., 1993. Stopping rules in principal components analyses: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology*. 74, 2204-2214.
- Jeppesen, E., Nøges, P., Davidson, T.A., Haberman, J., Nøgoes, T., Blank, K., Lauridsen, T.L., Søndergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R., Johansson, L.S., Bjerring, R., Amsinck, S.L., 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia*. 676, 279-297.

- Kimmerer, W.J., 2002. Physical, biological, and management responses to variable freshwater flow into the San Francisco estuary. *Estuaries*. 25, 1275-1290.
- Korovchinsky, N.M., 1992. Sididae & Holopediidae (Crustacea: Daphniiformes), in: Dumont, H. J. (Eds.), *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*, 3. The Hague: SPB Academic Publishing.
- Krawczyk, D., Gonglewski, N., 1959. Determining suspended solids using a spectrophotometer. *Sewage Ind Waste*. 31, 1159-1164.
- Lamparelli, M.C., 2004. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Universidade de São Paulo.
- Luz, L.M., Rodrigues, J.E.C., Ponte, F.C., 2015. Impactos antropogênicos em bacias urbanas da área central da cidade de Belém-PA. *Revista GeoAmazônia*. 3, 6, 96-109. ISSN: 2358-1778 (on line) 1980-7759 (impresso).
- Maia-Barbosa, P.M., Bozelli, R.L., 2006. Community structure and temporal dynamics of cladocerans in an Amazonian lake (lake Batata, PA, Brazil) impacted by bauxite tailings. *Acta Limnológica Brasiliensia*. 18, 1, 67-75.
- Maia-Barbosa, P.M., Bozelli, R.L., 2005. Length-Weight Relationships for Five Cladoceran Species in an Amazonian Lake. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 48, 2, 303-308.
- Martínez-Jerónimo, F., Rodríguez-Estrada, J., Villaseñor-Córdova, R., 2007. Effect of culture density and volume on *Moina micrura* (Kurz, 1874) reproduction, and sex ratio in the progeny. *Hydrobiologia*. 594, 69-73.
- Martinez-Jeronimo, F., Ventura-Lopez, C., 2011. Population dynamics of the tropical cladoceran *Ceriodaphnia rigaudi* Richard, 1894 (Crustacea: Anomopoda). Effect of food type and temperature. *Journal of Environmental Biology*. 32, 4, 513-521.
- Matsumura-Tundisi, T., 1984. Occurrence of species of the genus *Daphnia* in Brazil. *Hydrobiologia*. 112, 161-165.
- Mayer-Pinto, M., Junqueira, A.O.R., 2003. Effects of organic pollution on the initial development of fouling communities in a tropical bay, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. 46, 1495-1503.
- Mccune, B., Mefford, M.J., 2011. *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data*, Vers. 6; MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, Unity State American.
- Melão, M.G.G., 1999. Desenvolvimento e aspectos reprodutivos de cladóceros e copépodos de águas continentais brasileiras, in: Pompêo, M.L.M. (Ed.) *Perspectivas da Limnologia no Brasil*. Gráfica e Editora União, São Luís, pp. 1-13.
- Melo, N.F.A.C., Paiva, R.S., Silva, M.M.T., 2006. Considerações ecológicas sobre o Zooplâncton do lago Bolonha, Belém, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*. 1, 1, 115-125.

Moreira, E., 1966. Belém e sua expressão geográfica, Imprensa Universitária, Belém.

MTPA - Ministérios dos Transportes, Portos e Aviação Civil, UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, LabTrans - Laboratório de Transportes e Logística, 2017. Plano Mestre Complexo Portuário de Belém e Vila do Conde, Brasil.

Murugan, N., Murugavel, P., Kodarkar, M.S., 1998. Cladocera: The biology, classification, identification and ecology. Indian Association of Aquatic Biologists (IAAB), Hyderabad.

Nakajima, R., Rimachi, E.V., Santos-Silva, E.N., Calixto, L.S.F., Leite, R.G.; Khen, A., Yamane, T., Mazeroll, A.I., Inuma, J.C., Utumi, E.Y.K., Tanaka, A., 2017. The density and biomass of mesozooplankton and ichthyoplankton in the Negro and the Amazon Rivers during the rainy season: the ecological importance of the confluence boundary. PeerJ. 5, e3308. doi: 10.7717/peerj.3308.

Pace, M.L., 1986. An empirical analysis of zooplankton community size structure across lake trophic gradients. Limnology and Oceanography. 31, 10, 45-55.

Paggi, J.C., 1995. Crustacea Cladocera, in: Lopretto, E.C., Tell, G. (Eds.), Ecosistemas de Algas Continentales: Metodologias para su Estudio - Tomas I - II - III. Ediciones SUR, La Plata, pp. 2 - 5.

Paiva, R.S., Eskinazi-Leça, E., Passavante, J.Z.O., Silva-Cunha, M.G.G., Melo, N.F.A.C., 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá, Pará, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais. 1, 2, 133-146.

Palmer, T.A., Montagna, P.A., Pollack, J.B., Kalke, R.D., Deyoe, H.R., 2011. The role of freshwater inflow in lagoons, rivers, and bays. Hydrobiologia. 667, 49-67.

Paranaguá, M.N., Nascimento-Vieira, D.A., Gusmão, L.M.O., Neumann-Leitão, S., Schwamborn, R.E., 2004. Estrutura da comunidade zooplânctônica, in: Eskinazi-Leça, E., Neumann-Leitão, S., Costa, M. F. (Eds.), Oceanografia um cenário tropical. Bagaço, Recife, pp. 441-456.

Parsons, T.R., Strickland, J.D.H., 1963. Discussion of spectrophotometric determination of marine plankton pigments with revised equations of ascertaining Chlorophyll  $\alpha$  and carotenoids. Journal of Marine Research. 21, 3, 155-163.

Pennak, R.W., 1978. Fresh-water invertebrates of the United States, 2 ed. A Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., United States of America.

Pessoa, V.T.P., Neumann-Leitão, S., Gusmão, L.M.O., Silva, A.P., Porto-Neto, F.F., 2009. Comunidade zooplânctônica na baía de Suape e nos estuários dos rios Tatuoca e Massangana, Pernambuco (Brasil). Revista Brasileira de Engenharia de Pesca. 4, 1.

Pielou, E. C., 1977. Mathematical Ecology, John Wiley & Sons, New York

Ponte, J.P.X., 2015. Belém do Pará: cidade e água. Cadernos Metrôpole São Paulo. 17, 33, 41-60.

R Core Team, 2006. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org> (Acesso em 21 de janeiro de 2017).

Ribeiro, K.T.S., 2004. Água e saúde humana em Belém, Cejup, Belém.

Rocha, O., Güntzel, A.M., 1999. Crustáceos branquiópodos, in: Ismael, D., Valenti, W.C., Matsumura-Tundisi, T., Rocha, O. (Eds.), Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil. Invertebrados de Água doce. FAPESP, São Paulo, 4, pp. 107-120.

Rodrigues, J.C., Castro, E.M.R., Figueiredo, S.J.L., 2013. Educação Ambiental e estratégias empresariais na área portuária: um estudo da Companhia Docas do Pará (CDP). Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental PPGEA/FURG-RS. 30, 1, 264-280. ISSN 1517-1256.

Rosário, R.P., Borba, T.A.C., Santos, A.S., Rollnic, M., 2016. Variability of salinity in Pará River Estuary: 2D Analysis with Flexible Mesh Model. Journal of Coastal Research. Special 75, 128-132.

Sant'anna, J.A., 1998. Diagnóstico da infra-estrutura de transportes, in: Rede Básica de Transportes da Amazônia. IPEA, Brasília, 3, pp. 12-39. ISSN 1415-4765.

Santos, R.M., Negreiros, N.F., Silva, L.C., Rocha, O., Santos-Wisniewski, M.J., 2010. Biomass and production of Cladocera in Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil. Brazilian Journal of Biology. 70, 3, 879-887.

SEGEP-Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão Belém, 2012. Anuário Estatístico Municipal de Belém v. 16, 2011. <http://www.belem.pa.gov.br> (Acesso em 27 de dezembro de 2016).

Serafim-Júnior, M., Perbiche-Neves, G., Brito, L., Ghidini, A.R., 2006. Zooplâncton do Rio Itajaí-Açú a jusante da cidade de Blumenau, Santa Catarina, Brasil. Estudos de Biologia. 28, 65, 41-50.

Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. AT&T Technical Journal. 27, 379-423, 623-656.

Sioli, H., 1968. Principal biotypes of primary production in the waters of Amazonia, in: Misra, R., Varanase, B.G. (Eds.), Proceedings of the Symposium on Recent Advances Ecology. International Society for Tropical Ecology, Índia, pp. 591-600.

Smirnov, N.N., Santos-Silva, E.N., 1995. Some littoral anomopods (Crustacea) from Central Amazonia. Hydrobiologia. 15, 227-230.

Sodré, E.O., Lopes, P.M., Figueiredo-Barros, M.P., Roland, F., Esteves, F.A., Bozelli, R.L., 2015. The effects of mining tailings and flood pulse on zooplankton in an Amazonian floodplain environment (Batata Lake, Pará, Brazil). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais. 10, 2, 247-259.

Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1995. Biometry: Principles and Practice of Statistics in Biological Research, WH Freeman, New York.

Statsoft, Inc., 2004. STATISTICA data analysis software system, version 7.

Timms, B.V., Morton, D. W., 1988. Crustacean zooplankton assemblages in freshwaters of tropical Australia. *Hydrobiologia*. 161-164.

Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie*. 9, 1-38.

Viana, A.P., Frédou, F.L., Frédou, T., Torres, M.F., Bordalo, A.O., 2010. Fish fauna as an indicator of environmental quality in an urbanised region of the Amazon estuary. *Journal of Fish Biology*. 76, 467-486.

Vieira, A.C.B., Medeiros, A.M.A., Ribeiro, L.L., Crispim, M.C., 2011. Population dynamics of *Moina minuta* Hansen (1899), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1886), and *Diaphanosoma spinulosum* Herbst (1967) (Crustacea: Branchiopoda) in different nutrients (N and P) concentration ranges. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 23, 1, 48-56.

Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis, Prentice-Hall/Pearson, Englewood Cliffs, New Jersey.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da diferença espacial analisada neste trabalho, onde as maiores densidades de Cladocera registradas ocorreram nos locais próximos ao Porto de Outeiro, isso de alguma forma pode estar relacionado ao fluxo de correntes e da hidrodinâmica da Baía do Guajará. Haja vista que este é um pequeno distrito de Belém que concentra poucas atividades antrópicas em relação aos locais a montante próximos ao Porto de Belém, com exceção das atividades portuárias da ilha.

Durante o período chuvoso houve maior diversidade de Cladocera na região, sendo as chuvas, possivelmente, um fator ambiental diluidor dos efeitos da entrada de nutrientes nas águas da Baía do Guajará. Por outro lado, os *inputs* de matéria orgânica sobre esta baía, provenientes da Região Metropolitana de Belém, devem ser avaliados e mensurados através do fluxo de vazão dos canais de drenagens da região. Assim, o contínuo monitoramento na região portuária pode contribuir para o melhor entendimento da dinâmica da diversidade e densidade dos Cladocera na Baía do Guajará.