

DEJINALVA DA SILVA SANTOS

**MICROZOOPLÂNCTON DO SISTEMA ESTUARINO DO RIO CAPIBARIBE,
PERNAMBUCO, BRASIL**

SERRA TALHADA,

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

**MICROZOOPLÂNCTON DO SISTEMA ESTUARINO DO RIO CAPIBARIBE,
PERNAMBUCO, BRASIL**

Dejinalva da Silva Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Ecologia, Conservação e uso da Biodiversidade de Ambientes Aquáticos

Prof.^a Dra. SIGRID NEUMANN LEITÃO
Orientador

Prof. Dr. MAURO DE MELO JUNIOR
Co-orientador

**SERRA TALHADA,
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

S237m Santos, Dejinalva da Silva
Microzooplâncton do sistema estuarino do Rio Capibaribe,
Pernambuco, Brasil / Dejinalva da Silva Santos. – Serra Talhada, 2018.
112 f. : il.

Orientador (a): Sigrid Neumann Leitão
Coorientador (a): Mauro de Melo Junior

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação)
– Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade
Acadêmica de Serra Talhada, 2018.
Inclui referências e anexos.

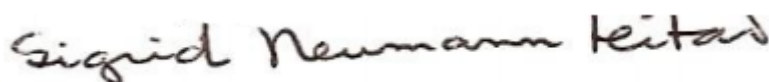
1. Zooplâncton. 2. Estuário. 3. Variáveis ambientais. I. Leitão, Sigrid
Neumann, orient. II. Melo Junior, Mauro de, coorient. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

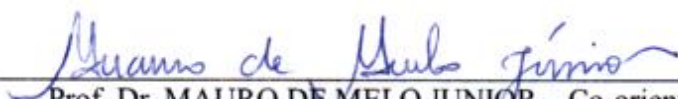
MICROZOOPLÂNCTON DO SISTEMA ESTUARINO DO RIO CAPIBARIBE,
PERNAMBUCO, BRASIL

Dejinalva da Silva Santos

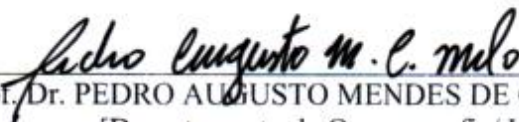
Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Biodiversidade e Conservação. Defendida e aprovada em 21/02/2018 pela seguinte Banca Examinadora.



Prof.^a. Dr.^a. SIGRID NEUMANN LEITÃO - Orientador
[Departamento de Oceanografia/ UFPE]



Prof. Dr. MAURO DE MELO JUNIOR – Co-orientador
[Departamento de Biologia/ UFRPE]



Prof. Dr. PEDRO AUGUSTO MENDES DE CASTRO MELO
[Departamento de Oceanografia/ UFPE]



Prof.^a. Dr.^a. TÂMARA DE ALMEIDA E SILVA
[Departamento de Educação/ UNEB]

Dedico este trabalho ao meu grandioso Deus (EL-SALE'I).

“É do buscar e não do achar que nasce o que eu não
sabia.”

Clarice Lispector

AGRADECIMENTOS

Gratidão. Palavra que define meu sentimento do início ao fim do processo construtivo dessa dissertação. Na inserção num mundo de descobertas fui agraciada por pessoas que preencheram cada momento vivido com otimismo, cooperação, confiança, amizade e aprendizado que transpõe o âmbito acadêmico. Meus sinceros agradecimentos:

Primeiramente ao nosso Pai Celestial, pelo presente em forma de vida, de amor, proteção, família e amigos.

Às queridas professoras Susana Luz, Fátima Lúcia e Tâmara Almeida pela amizade e incentivo para mergulhar em águas mais profundas do conhecimento.

Aos orientadores que são um presente divino para seus alunos: Sigrid Neumann Leitão e Mauro de Melo Junior. Sempre brandos, alegres e atenciosos, nos fazendo esquecer o ambiente muitas vezes hostil da academia. Exemplos de excelência e amor no que fazem.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação pelos novos aprendizados e relações interpessoais enriquecedoras, através dos professores e colegas de turma.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela concessão de bolsa (#IBPG-0986-2.05/15).

Ao Museu de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (MOUFPE) por ceder as amostras para estudo.

Ao Laboratório de Ecologia do Plâncton (LEPLANC), representado pelo professor Mauro e todos os queridos “leplanquianos”, Nati, Claudio Junior, Filipe, José, Alef, Alan e Felipe. Literalmente viajei no mundo do zooplâncton nas melhores companhias, navegando por águas calmas e por momentos de agitação, preocupação e dificuldades. Sempre encontrando o abraço, o sorriso, o auxílio, a compreensão e o café!

À família e amigos, pelo suporte emocional, carinho, apoio e por me fazer sentir especial ao cobrar a minha presença diante tantos dias de ausência.

RESUMO

Foi estudada a estrutura da comunidade zooplânctônica diante as variações ambientais decorrentes da influência da sazonalidade e marés, identificando e destacando espécies indicadoras da qualidade ambiental. As coletas foram realizadas no período seco (outubro a dezembro) e chuvoso (junho a agosto) de 2011/2012 (no estuário) e 2014/2015 (na pluma). As amostras do zooplâncton foram coletadas com rede de plâncton com 64µm de abertura de malha, através de arrastos subsuperficiais. Os maiores valores de densidade foram conferidos no período seco, notadamente da estação intermediária do estuário. Os copépodes foram dominantes (~70%) em todos os pontos estudados, seguidos pelos rotíferos (~10%). Os Nauplius representaram 67% da abundância total dos Copepoda. Destes, os Nauplius de Oithonidae compuseram 84% com maior frequência (90%). *Oithona oswaldocruzi* e *Oithona hebes* foram mais abundantes do zooplâncton (>48% e >27%, respectivamente). As altas densidades de nauplius de Oithonidae ($13390 \pm 33190 \text{ ind.m}^{-3}$) coincidiram com a abundância de copepoditos dessa mesma família ($20013 \pm 40017 \text{ ind.m}^{-3}$). Dentre os rotíferos foram identificadas 11 espécies sendo 9 destas pertencentes à família Brachionidae. *Brachionus plicatilis* apresentou os maiores valores de densidade, principalmente no período seco ($1659 \pm 2330 \text{ ind.m}^{-3}$), ocorrendo em todas as amostras analisadas. A diversidade dos copépodes e rotíferos foi baixa, havendo o aumento da riqueza e da diversidade dos copépodes nas estações próximas à desembocadura do estuário, enquanto para os rotíferos houve uma diminuição da estação interna para a mais externa. A equitabilidade dos copépodes apresentou baixos valores (<0,5) denotando a dominância de alguns táxons, e para os rotíferos apresentou em todas as amostras, valores acima de 0,5; o que indica uma homogeneidade na distribuição dos indivíduos nas espécies de Rotifera. Foram consideradas ótimas indicadoras ambientais: Nauplius de copépodes (IndVal = 90.5%, $p = 0.0002$) como indicativo de maior salinidade; e *Brachionus plicatilis* (IndVal = 93.2%, $p=0.0002$) relacionada à alta salinidade e transparência da água. Os fluxos marinhos e limnéticos conduziram os gradientes de salinidade, influenciando na composição da comunidade zooplânctônica e distribuição das espécies ao longo do ecossistema. Os nauplius de Oithonidae e rotíferos podem ser considerados componentes vitais na teia trófica do sistema estuarino do Rio Capibaribe.

Palavras-chave: Microzooplâncton, bioindicador, variáveis ambientais, estuário antropizado.

ABSTRACT

It was studied the structure of the zooplankton community in face of environmental variations resulting from influence of seasonality and tides, identifying and highlighting species that indicate environmental quality. The collections were carried out in dry (October to December) and rainy (June to August) seasons in 2011/2012. The zooplankton samples were collected with plankton netting with 64 μ m of mesh size through subsurface trawls. The highest values of density were verified in the dry period, especially from the intermediate station of the estuary. Copepods were dominant (~ 70% of relative abundance) at all studied points, followed by rotifers (~ 10%). Nauplius represented almost 67% of the total Copepoda relative abundance. Of these, Nauplius from Oithonidae family showed 84% of relative abundance and were the most frequent (90%). *Oithona oswaldocruzi* and *Oithona hebes* were more abundant in zooplankton (> 48% and > 27%, respectively). The higher densities of Oithonidae nauplius (13390 ± 33190 ind.m⁻³) coincided with the abundance of copepodites from the same family (20013 ± 40017 ind.m⁻³). Regarding to rotifers, 14 species were identified, 10 of which belong to Brachionidae family. *Brachionus plicatilis* presented the highest values of density, mainly in the dry period (1659 ± 2330 ind.m⁻³), occurring in all analyzed samples. The diversity of copepods and rotifers was low, increasing the richness and diversity of copepods in the stations near the estuary's outfall, while for rotifers there was a decrease from the internal to the outermost station. The equitability of copepods presented low values (<0.5) which denotes dominance of some taxa, in contrast rotifers presented values above 0.5 in all samples; which indicates a homogeneity in individuals distribution between species. The following taxa were considered as good environmental indicators: Nauplius of copepods (IndVal = 90.5%, $p = 0.0002$) as indicative of higher salinity; and *Brachionus plicatilis* (IndVal = 93.2%, $p = 0.0002$) related higher salinities and water transparency. The marine and limnetic flows lead the salinity gradients, influencing the composition of the zooplankton community and the distribution of species throughout the ecosystem. The Oithonidae nauplii and rotifers can be considered vital components in trophic web of estuarine system of the Capibaribe River.

Keywords: Microzooplankton, bioindicator, environmental variables, anthropic estuary.

Sumário

Página

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTO

RESUMO

ABSTRACT

1- INTRODUÇÃO.....	12
2- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
3- ARTIGO CIENTÍFICO.....	18
3.1- ARTIGO CIENTÍFICO I.....	19
3.1.1. <i>Resumo.....</i>	20
3.1.2. <i>Introdução.....</i>	21
3.1.3. <i>Material e métodos.....</i>	22
3.1.3.1. <i>Área de estudo.....</i>	22
3.1.3.2. <i>Amostragem do plâncton e abióticos.....</i>	23
3.1.3.3. <i>Análise dos dados.....</i>	23
3.1.4. <i>Resultados.....</i>	24
3.1.4.1. <i>Variáveis ambientais.....</i>	24
3.1.4.2. <i>Estrutura dos Rotifera.....</i>	25
3.1.5. <i>Discussão.....</i>	26
3.1.6. <i>Referências.....</i>	30
3.2- ARTIGO CIENTÍFICO II.....	44
3.2.1. <i>Resumo.....</i>	45
3.2.2. <i>Introdução.....</i>	46
3.2.3. <i>Material e métodos.....</i>	47
3.2.3.1. <i>Área de estudo.....</i>	47
3.2.3.2. <i>Metodologia.....</i>	48
3.2.3.3. <i>Análise dos dados.....</i>	49
3.2.4. <i>Resultados.....</i>	49
3.2.4.1. <i>Variáveis ambientais.....</i>	49
3.2.4.2. <i>Estrutura e composição da comunidade dos Copépodes.....</i>	50
3.2.4.3. <i>Comunidade dos Copépodes e variáveis abióticas.....</i>	52
3.2.4.4. <i>Análises IndVal.....</i>	53

3.2.5. <i>Discussão</i>	53
3.2.6. <i>Referências</i>	57
3.3- ARTIGO CIENTÍFICO III	74
3.3.1. <i>Resumo</i>	75
3.3.2. <i>Introdução</i>	76
3.3.3. <i>Material e métodos</i>	77
3.3.3.1. <i>Área de estudo</i>	77
3.3.3.2. <i>Amostragem e coleta de dados</i>	78
3.3.3.3. <i>Análise dos dados</i>	79
3.3.4. <i>Resultados</i>	79
3.3.4.1. <i>Variáveis ambientais</i>	79
3.3.4.2. <i>Estrutura da comunidade de Zooplâncton</i>	80
3.3.4.3. <i>Análise dos Componentes Principais (ACP)</i>	81
3.3.5. <i>Discussão</i>	81
3.3.6. <i>Referências</i>	84
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
ANEXO 1 Normas para publicação na Ecohydrology.....	99
ANEXO 2 Normas para publicação na Hydrobiologia.....	103

1- Introdução

Os ecossistemas costeiros são caracterizados por zonas de transição entre o continente e o oceano, onde em algumas regiões do planeta forma-se o estuário, um corpo de água semifechado que sofre influência direta dos fluxos fluviais e marinhos, do clima e hidrologia local (DAY JR. et al., 1989; MCLUSKY, 1989). As interações entre água doce oriunda dos rios e da água salgada do mar tornam o ambiente instável e dinâmico apresentando constantes variações nos seus parâmetros físico-químicos e biológicos (ESKINAZI-SANT'ANNA e TUNDISI, 1996; MCLUSKY e ELLIOTT, 2004).

Diante disso, o estuário é considerado um dos ambientes mais produtivos em termos biológicos por acondicionar altas concentrações de nutrientes (inorgânicos e orgânicos) fornecendo alimento e sendo área de reprodução e abrigo para muitas espécies, conferindo uma biodiversidade peculiar (MIRANDA et al., 2002).

Dentre as comunidades biológicas estuarinas, destaca-se o zooplâncton, grupo formado por animais e protistas não fotossintetizantes (BONECKER, 2009), onde o microzooplâncton (tamanho 20-200 μm) é um dos principais constituintes dessa comunidade, sendo consumidor do pico e nanoplâncton, tendo como predadores diversos invertebrados e vertebrados (ESKINAZI-SANT'ANNA e BJÖRNGERG, 2006). Dos quais, os copépodes são os maiores contribuintes em abundância e densidade do zooplâncton (cerca de 70 – 90%), com hábitos alimentares variados, podendo ser herbívoros, carnívoros, onívoros ou detritívoros (BRANDINI et al., 1997). Participam diretamente na transferência de energia e carbono entre os níveis inferiores e superiores da teia alimentar aquática consumindo microplâncton e sendo alimento primordial para várias espécies de peixes e outros organismos (RAKHESH et al., 2013).

A dinâmica das populações planctônicas é influenciada pela pluviosidade, fluxo dulcícola e marés, que promovem variações nos padrões de circulação de água, misturas físico-químicas e recursos biológicos (MELO JÚNIOR et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009), sendo refletidas na estrutura da comunidade e abundância de organismos (CALTET et al., 2001). A oscilação das marés e o regime pluviométrico alteram os gradientes de salinidade e sua distribuição ao longo do estuário, afetando diretamente a conformação da comunidade zooplânctônica (NEUMANN-LEITÃO et al., 1996; SOUZA-PEREIRA e CAMARGO, 2004), em que no período chuvoso o incremento no fluxo do rio reduz a salinidade e transparência, possibilitando a ocorrência de espécies eurihalinas (SILVA et al., 1996).

Esta complexa dinâmica ambiental do estuário pode causar estresse, impactos e mudanças na biota, que somada ao agravante dos efeitos das atividades antrópicas, acarreta em modificações na composição, diversidade e densidade de espécies (COSTA et al., 2016), permitindo o estabelecimento de espécies oportunistas em detrimento de outras espécies (MCLUSKY, 1989; CLOERN, 2001). A manutenção da qualidade ecológica dos ecossistemas requer o entendimento de como os organismos respondem às condições ambientais, conhecendo quais fatores influenciam a diversidade dentro de uma comunidade e como estes interagem entre si (AZEMAR et al., 2010).

Os organismos zooplancônicos são considerados ótimos indicadores das condições ambientais por apresentarem ciclo de vida curto, alta sensibilidade a mudanças abióticas e bióticas que ocorrerem no ecossistema (VIEIRA et al., 2015). Estes têm sido utilizados como bioindicadores em vários estudos relacionados à saúde de ambientes aquáticos (NEUMANN-LEITÃO e EL-DEIR, 2009; SERRANITO et al., 2016; LUCENA-MOYA e DUGGAN, 2017).

O crescimento urbano e industrial tem alterado as condições físicas e químicas das águas dos rios, estuários e zonas costeiras prejudicando toda a biota (CORDEIRO et al., 2014). A urbanização concentrada nas regiões costeiras vem impactando os estuários e esses apresentam vários problemas ambientais (ALMEIDA et al., 2012). O gerenciamento desse recurso torna-se cada vez mais necessário considerando as interações naturais de fatores físicos, químicos e biológicos, bem como a influência de uso humano (ARAÚJO et al., 2008).

O rio Capibaribe apresenta nível elevado de eutrofização, recebendo nutrientes da intensa ação antrópica nas últimas décadas devido o aumento da população, o crescente desenvolvimento industrial e da urbanização (COLLIER et al., 2015). Os rios são importantes agentes transportadores de sedimentos e nutrientes para os oceanos e atuam no ciclo hidrológico global transportando materiais resultantes de processos naturais do intemperismo continental das atividades humanas (MEDEIROS et al., 2014). Ao descarregarem no mar formam plumas que causam mudanças na qualidade da água nessa área de inundação (PETUS et al., 2014).

No Brasil encontramos diversos estudos relacionados ao zooplâncton em ambientes límnicos, estuarinos e marinhos, abordando a dinâmica da comunidade, composição e abundância desses organismos (NEUMANN-LEITÃO et al., 1999; ARAÚJO et al., 2008; MAGRIS et al., 2011; ALMEIDA et al., 2012; ANDRADE et al., 2016).

Estudos do microzooplâncton são recentes, onde podemos citar pesquisas sobre a estrutura da comunidade, dinâmica sazonal, relação com variáveis bióticas e abióticas,

principalmente em ambientes marinhos (FRONEMAN e PERISSINOTTO, 1996; ESKINAZI e BJORNBERG, 2006; MCMANUS et al. 2007; OLIVEIRA et al., 2009; PERBICHE-NEVES et al., 2010; COSTA et al., 2011; COSTA et al., 2016).

Apesar de ser considerado um dos principais consituíntes do zooplâncton de sistemas estuarinos-costeiros, pouco se tem estudado acerca da estrutura dos grupos microzooplancctônicos dominantes, notadamente pela sua relevância ecológica nas teias tróficas desses ambientes. Diante disso, esse trabalho foi realizado visando o melhor entendimento da ecologia desse ecossistema através da análise da composição do zooplâncton e como os descritores ambientais influenciam na estrutura e distribuição dessa comunidade num importante sistema estuarino tropical.

A dissertação foi dividida em três capítulos:

- Capítulo 1 – Rotíferos como indicadores ecológicos de um estuário tropical urbano

Hipótese: Os rotíferos preservam sua estrutura sob pressões ambientais apresentando espécies preditivas de impactos.

- Capítulo 2 – Estrutura da comunidade de Copepoda e contribuição dos nauplius em um estuário tropical altamente impactado

Hipótese: A estrutura dos copépodes confere diferenças em seus atributos ecológicos nas distintas porções do estuário, de acordo com a intensidade dos caracteres ambientais inerentes a cada local estudado.

- Capítulo 3 – Resposta do zooplâncton a estressores ambientais em um estuário tropical fortemente impactado

Hipótese: A comunidade zooplancctônica estuarina tem sua estrutura mantida diante os estressores ambientais naturais e antropogênicos, em que algumas espécies podem ser associadas aos agentes impactantes.

2- Referências bibliográficas

ALMEIDA, L. R.; COSTA, I. S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Composition and abundance of zooplankton community of an impacted estuarine lagoon in Northeast Brazil. **Brazilian Journal Biological**, v. 72 (1), p. 13-24. 2012.

ANDRADE, M. P.; MAGALHÃES, A.; PEREIRA, L. C. C.; FLORES-MONTES, M. J.; PARDAL, E. C.; ANDRADE, T. P.; COSTA, R. M. Effects of a La Niña event on hydrological patterns and copepod community structure in a shallow tropical estuary (Taperaçu, Northern Brazil). **Journal of Marine Systems**, v. 164, p. 128-143. 2016.

ARAUJO, H. M. P.; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SCHWAMBORN, R.; LUCAS, A. P. O.; ALVES, J. P. H. Zooplankton community dynamics in relation to the seasonal cycle and nutrient inputs in an urban tropical estuary in Brazil. **Brazilian Journal Biological**, v. 68 (4), p. 751-762. 2008.

AZEMAR F.; MARIS T., MIALET B.; SEGERS H., VAN DAMME S.; MEIRE P.; TACKX M. Rotifers in the Schelde estuary (Belgium): a test of taxonomic relevance. **Journal of Plankton Research**, v. 32(7), p. 981-997. 2010.

BONECKER, A. C. T. B.; S. L. C.; BASSANI, C. Plâncton marinho. In: PEREIRA, R. C. S.-G., A. (Ed.). **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. cap. 6, p. 213-239.

BRANDINI, F. P.; SPASH, H. L.; LOPES, R. M.; GUTSEIT, K.; SASSI, R. **Planctologia na plataforma continental do Brasil. Diagnose e revisão bibliográfica**. Rio de Janeiro: MMA-CIRM-FEMAR, 1997. 196p.

CALBET, A.; GARRIDO. S.; SAIZ, E.; ALCARAZ, M.; DUARTE, C. M. Annul zooplankton succession in coastal NW Mediterranean waters: the importance of de smaller size fractions. **Journal of Plankton Research**, v. 23, p. 319-331. 2001.

COLLIER, C. A.; ALMEIDA NETO, M. S. DE; ARETAKIS, G. M. A.; SANTOS, R. E.; OLIVEIRA, T. H. DE; MOURÃO, J. S.; SEVERI, W.; EL-DEIR, A. C. A. Integrated approach to the understanding of the degradation of an urban river: local perceptions,

environmental parameters and geoprocessing. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**. 2015.

CORDEIRO, I. A.; FEITOSA, F. A. N.; FLORES MONTES, M. J.; HONORATO DA SILVA, M. Distribuição sazonal e espacial da clorofila *a* e variáveis ambientais na plataforma continental de Pernambuco (Porto do Recife), Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 42 (1), p. 60-76. 2014.

COSTA, R. M. DA P.; ATIQUÊ, K. G. DA C.; L. C. C. PEREIRA, L. C. C. Seasonal and spatial variation in hydrological parameters and microzooplankton communities in an Amazonian estuary. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 64, 2011.

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

CLOERN, J. E. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. **Marine Ecology Progress**, v. 210, p. 223–253. 2001.

DAY JR., J. W.; C. A. J. HALL; W. M. KEMP; A. YANES ARANCIBIA. **Estuarine Ecology**. New York: J. Willey, 1989. 556p.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; TUNDISI, J. G. Zooplâncton do estuário do Pina (Recife Pernambuco Brasil): composição e distribuição temporal. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 44 (1), p. 23-33, 1996.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M., BJÖRNBERG, T. K. S. Seasonal Dynamics of microzooplankton in the São Sebastião channel (SP, Brazil). **Braz. J. Biol.**, v. 66(1B), p. 221-231. 2006.

FRONEMAN, P.; PERISSINOTTO, R. Microzooplankton grazing and protozooplankton community structure in the South Atlantic and in the Atlantic sector of the Southern Ocean. **Deep-Sea. Res. PT I.**, v. 43 (5), p. 703-721. 1996.

LUCENA-MOYA, P.; DUGGAN, I. C. Correspondence between zooplankton assemblages and the Estuary Environment Classification system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 184, p. 1-9. 2017.

MAGRIS, R. A.; PEREIRA, J. B.; FERNANDES, L. F. L. Interannual variability in tropical estuarine copepod assemblages off northeastern Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, v. 31, p. 260-269. 2011.

MCLUSKY, D. S. **The estuarine ecosystem**. 2ª. Glasgow: Blackie, 1989. 215p.

MCLUSKY, D. S.; ELLIOTT, M. **The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats, and Management**. New York: Oxford University Press, 2004.

MCMANUS, G. B.; COSTAS, B. A.; DAM, H. G.; LOPES, R. M.; GAETA, S. A.; SUSINI, S. M; ROSETTA, C. H. Microzooplankton grazing of phytoplankton in a tropical upwelling region. **Hydrobiologia**, v. 575, p. 69–81. 2007.

MEDEIROS, P. R. P.; SANTOS, M. M. DOS; CAVALCANTE, G. H.; SOUZA, W. F. L. DE,; SILVA, W. F. da. Características ambientais do Baixo São Francisco (AL/SE): efeitos de barragens no transporte de materiais na interface continente-oceano. **Geochimica Brasiliensis**, v. 28 (1), p. 65-78. 2014.

MELO JÚNIOR, M. de; PARANAGUÁ, M. N.; SCHWAMBORN, R.,; NEUMANN LEITÃO, S.; EKAU, W. Fluxes of zooplankton biomass between a tidal estuary and the sea in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanographic**, v. 55, p. 239-249. 2007.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física dos Estuários**. São Paulo: Editora da USP, 2002.

NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; NASCIMENTO VIEIRA, D. A.; NOGUEIRA-PARANHOS, J. D. Variação diurna do zooplâncton no estuário do rio Ipojuca - Pernambuco - Brasil. **Trabalhos Oceanográficos**, v. 24, p. 103 – 134. 1996.

NEUMANN LEITÃO, S.; SOUZA, M. R. M.; PORTO NETO, F. de F.; MOURA, M. C. de O.; SILVA, A. P.; GUSMÃO, L. M. de O. Zooplâncton do estuário do Rio São Francisco,

Nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanográficos**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 27(1), p. 33-54. 1999.

NEUMANN-LEITÃO, S., EL-DEIR, S. (Org.). **Bioindicadores da qualidade ambiental**. Instituto Brasileiro Pró-Cidadania. Recife. 2009.

OLIVEIRA, G. C.; GUSMÃO, L. M. O.; SILVA, T. A.; NEUMANN-LEITÃO, S. Variação tidal e temporal do microzooplâncton em um estuário tropical. In: **IX Congresso de ecologia do Brasil**. São Lourenço, p. 13-17. 2009.

PERBICHE-NEVES, G.; FAVARETO, L. R.; NALIATO, D. A. O.; SERAFIM-JÚNIOR, M. Similaridade do micro-zooplâncton e relações com variáveis ambientais em um estuário subtropical. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 8 (1), p. 3-8, jan./mar. 2010.

PETUS, C.; SILVA, E. T. DA; DEVLIN, M.; WENGER, A. S.; ÁLVAREZ-ROMERO, J. G. Using MODIS data for mapping of water types within river plumes in the Great Barrier Reef, Australia: Towards the production of river plume risk maps for reef and seagrass ecosystems. **Journal of Environmental Management**, v. 137, p. 163-177. 2014.

RAKHESH, M.; RAMAN, A. V.; GANESH, T.; CHANDRAMOHAN, P.; DEHAIRS, F. Small copepods structuring mesozooplankton community dynamics in a tropical estuary-coastal system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p. 1-16. 2013.

SILVA, T. de A.; PARANAGUÁ, M. N.; LEITÃO, S. N.; NOGUEIRA-PARANHOS, J. D. Zooplâncton do estuário do rio Capibaribe, Recife – PE (Brasil). **Trabalhos Oceanográficos**, Universidade Federal de Pernambuco, v. 24, p. 79-102, 1996.

SERRANITO, B.; AUBERT, A.; STEMMANN, L.; ROSSI, N.; JAMET, J. L. Proposition of indicators of anthropogenic pressure in the Bay of Toulon (Mediterranean Sea) based on zooplankton time-series. **Continental Shelf Research**, v. 121, p. 3-12. 2016.

VIEIRA, L. R.; GUILHERMINO, L.; MORGADO, F. Zooplankton structure and dynamics in two estuaries from the Atlantic coast in relation to multi-stressors exposure. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 167, p. 347 - 367. 2015.

3- ARTIGO CIENTÍFICO

3. 1 - *Artigo científico I*

Artigo científico a ser encaminhado a Revista [**Ecohydrology**].

Todas as normas de redação e citação, doravante, atendem as estabelecidas pela referida revista, exceto o idioma.

Rotíferos como indicadores ecológicos de um estuário tropical urbano

Resumo

Os estuários são ecossistemas naturalmente estressados, fortemente afetados pela ação das marés, com consequentes variações físicas e químicas no meio ambiente. Para esses ambientes naturalmente estressados se resume a influência negativa de impactos antropogênicos. Para avaliar os impactos naturais e antropogênicos, os estudos foram realizados em um estuário tropical urbano altamente poluído (estuário da Bacia do Pina, cidade de Recife). As amostragens foram realizadas nas marés de vazante e enchente, durante as estações seca e chuvosa em 2011/2012, com uma rede de plâncton (64 μ m de tamanho de malha). Dados abióticos foram obtidos simultaneamente para fins comparativos e para associar à presença de espécies indicadoras. Foram identificadas 11 espécies de Rotifera, das quais a família de Brachionidae dominou com 8 espécies, com a riqueza diminuindo em direção a área costeira. *Brachionus plicatilis* foi dominante em toda a região estuarina, sendo o melhor indicador ambiental (IndVal = 93,2%; $p = 0,0002$) e possivelmente relacionada às condições eutróficas, correlacionadas com maior salinidade da água e transparência. *Rotaria* sp. (IndVal=50,8%; $p = 0,002$) e *B. calyciflorus* (46,8%; $p = 0,034$) foram indicadoras de forte poluição orgânica. Rotíferos foram resistentes a estressores naturais e antropogênicos, com fluxos límnicos poluídos e de maré, como o principal fator que condiciona sua ocorrência.

Palavras-chave: Plâncton, Rotifera, bioindicador, estuário tropical, urbano.

1 INTRODUÇÃO

Estuários são naturalmente estressados por restrições ambientais e suas comunidades ecológicas são consideradas pouco diversificadas. Em regiões tropicais, é bastante notável que sua biodiversidade é consequência de um ambiente heterogêneo (ex. fluxos marinhos e limnéticos, influência do mangue e plâncton, entrada de sedimentos), e esses sistemas geralmente estão relacionados a muitas funções ecológicas e importante produção biológica (Bortone, 2005).

Nos trópicos, o regime de chuvas e marés exercem um importante papel no controle das comunidades biológicas (Day Jr, Kemp, Yanez-Arancibia & Crump, 2002), no entanto, além do controle hidrológico, estuários urbanos estão constantemente sob impactos antropogênicos, causando transtornos capazes de modificar a estrutura e funcionalidade da comunidade (McLusky & Elliot, 2004).

Para entender as mudanças na comunidade, indicadores biológicos têm sido usados como sinalizador da condição geral de sanidade. Assim, um bioindicador (espécie, população ou comunidade) pode ser definido como um alerta, refletindo a condição de um sistema (Van Gestel & Van Brummelen, 1996; Neumann-Leitão & El-Deir, 2009) e avaliando dados disponíveis relativos ao estado funcional do sistema (Adams, 2002). Entre bioindicadores, zooplâncton pode ter sua composição e abundância altamente alterados por variações em parâmetros físico-químicos, sendo importante para avaliar os problemas ambientais (ex. eutrofização, poluição, aquecimento global), ambos em alterações de curto e longo prazo (Bianchi et al., 2003.; Guenther, Araújo, Flores-Montes, Gonzalez-Rodrigues & Neumann-Leitão, 2015a).

Entre o zooplâncton, os rotíferos desempenham um papel importante na regeneração de nutrientes e na transferência de energia nas teias alimentares e são agrupados de acordo com o modo de adquirir e processar o alimento, sendo micrófagos (espécies que se alimentam de pequenas partículas $\leq 20 \mu\text{m}$) ou raptorais, que se alimentam de partículas maiores. Assim, a mudança de hábitos alimentares destes organismos, por exemplo, de raptorais a micrófagos, pode afetar o relacionamento da guilda ecológica e desequilibrar o sistema (Obertegger & Manca, 2011; Obertegger, Smith, Flaim & Wallace, 2011; Balkic, Ternjej & Spoljar, 2018).

Os rotíferos promovem o retorno de algas, bactérias e protozoários degradados para a teia microbiana e podem estimular a atividade microbiana (Arndt, 1993). Os rotíferos têm sido utilizados como indicadores de condições ecológicas, principalmente do estado trófico (poluição orgânica) em corpos d'água, devido a sua condição de r-estrategistas (Sládecek,

1983; Gopko & Telesh, 2013; Ji, Wang & Wang, 2013; Aboul Ezz, Bdel Azis, Abou Zaid, Raey & Abo-Taleb, 2014), respondendo rapidamente aos impactos causados aos sistemas estuarinos.

O sistema estuarino urbano altamente impactado da Bacia do Pina na cidade do Recife (Nordeste do Brasil), recebe os fluxos de cinco rios, todos cortando áreas densamente povoadas e deságuam no complexo do porto de Recife. Este sistema lagunar apresenta elevado nível de eutrofização de impactos antropogênicos intensivos, atividades agrícolas, descarga de esgotos industriais e domésticos (Collier et al., 2015; Schettini et al., 2016). Estudos sobre o zooplâncton neste ambiente foram desenvolvidos desde os anos 90, destacando a composição, distribuição espacial e interações com fatores abióticos (Eskinazi Sant'Anna & Tundisi, 1996; Eskinazi-Sant'Anna, 2000; Paranaguá, Neumann-Leitão, Nogueira-Paranhos, Silva & Matsumura-Tundisi., 2005; Oliveira, Gusmão, Silva & Neumann-Leitão, 2009; Guenther, Araújo, Flores-Montes, Gonzalez-Rodrigues & Neumann-Leitão, 2015a.; Guenther, Royer, Campos & Neumann-Leitão, 2015b; Guenther, Duster, Felismino, Pessoa & Neumann-Leitão, 2015c; Guenther et al, 2017a; Guenther, Gonzalez-Rodrigues, Flores-Montes, Araújo & Neumann-Leitão, 2017b).

No entanto, estudos sobre o uso de rotíferos como indicadores de qualidade ambiental são ainda necessários neste estuário para aperfeiçoar um programa de monitoramento. Hipotetizou-se que a população de Rotifera preserva sua estrutura sob pressões ambientais, apresentando espécies preditivas desses impactos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O complexo estuarino urbano da Bacia do Pina (08°03'S; 34°52'W) é formado pelos rios Pina e Capibaribe, Beberibe, Tejipió, Jordão, localizados na cidade do Recife, Pernambuco, Brasil. Este sistema tem 7 km de comprimento, 250-1000 m de largura e 1-12 m de profundidade. Ligado ao oceano por uma abertura de 300 m na parte interna do Porto do Recife e está separado do oceano por uma linha de recifes de pedra (Figura 1). As marés são semi-diurnas (máximo 2,3 m), com velocidade média de 30 cm s⁻¹ e os tempos de residência de 5-9 h. A salinidade varia 25 a 36 (de acordo com a distância do oceano e época do ano). Temperatura média da água varia entre 25 e 31⁰C, durante a estação chuvosa e seca, respectivamente (Guenther et al., 2017a e b).

O clima é tropical úmido conforme a escala de Köppen. Recife é densamente povoada, com uma área de 218,435 km² e 1.633.697 habitantes e apenas 30% de tratamento de esgoto (IBGE, 2017). Dentro do estuário da Bacia do Pina há uma área de mangue, com aproximadamente 20 km², que é continuamente afetado pela pressão imobiliária, poluição, expansão urbana e ocupação desordenada (Barcellos, Figueira, França, Schettini & Xavier, 2017), no entanto, o fluxo marinho melhora a condição ambiental para a área.

2.2 Amostragem do plâncton e abióticos

Amostras hidrológicas e de plâncton foram coletadas em 3 estações no estuário, Estação 1 (08°05'03 "S e 34°54'06" W), Estação 2 (08°04 55 "S e 34°52 53" W) e Estação 3 (08°04'01 "S e 34°52 16" W) (Figura 1). Coletas foram realizadas de outubro a dezembro de 2011 (Estação seca) e de junho a agosto de 2012 (Estação chuvosa), nas marés enchente e vazante, durante a maré de sizígia. A temperatura da água foi medida através de um termômetro comum (-10 a 60°C) e o pH com pH-Metro Beckman Zeromatic II. A salinidade pelo método de Mhor-Knudsen e o oxigênio dissolvido (OD) pelo método de Winkler (Strickland & Parsons, 1972). Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foi calculada de acordo com a técnica descrita em APHA (1985). A transparência da água foi medida com um disco de Secchi, graduado em metros. Do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obtiveram-se dados de precipitação para o período estudado.

As amostras de plâncton foram obtidas por meio de arrastos subsuperficiais horizontais, realizados por 3 minutos, com uma rede de plâncton cônica (30 cm de diâmetro de boca, malha de 64 µm de tamanho). As amostras foram preservadas em formol a 4%, neutralizada com bórax (5g L⁻¹). No laboratório, inicialmente as amostras foram diluídas, separadamente, num volume conhecido, homogeneizadas, e em seguida retirou-se três subamostras de 1 mL de cada amostra, que foram analisadas sob um microscópio óptico, utilizando uma câmara de Sedwigck-Rafter. Foi realizada a contagem com identificação taxonômica ao nível de espécie baseando-se em Koste (1978), Neumann-Leitão (1986) e Segers (2007). Os nomes das espécies foram verificados na WORMS (World Register of Marine Species).

2.3 Análise de dados

A densidade (ind. m⁻³), abundância relativa (%) e a frequência de ocorrência (%) de cada espécie foram calculadas, com valores de frequência sendo classificados como muito

frequentes ($> 70\%$), frequentes ($70\% \text{ — } 40\%$), pouco frequentes ($40\% \text{ — } 10\%$) e esporádicos ($\leq 10\%$). O teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) foi utilizado para testar diferenças significativas entre os períodos (seco e chuvoso), as marés (enchente x vazante) e estações (estações 1, 2 e 3). A estrutura da comunidade foi descrita usando o índice de diversidade de Shannon (1948) (H') e índice de equitabilidade de Pielou (1967) (J').

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada com base na matriz de dados abióticos e a espécie dominante *Brachionus plicatilis*. A matriz foi padronizada para dados abióticos e $\log(x + 1)$ transformado para a espécie. O índice de correlação de Pearson foi aplicado para a matriz e o autovetor e autovalor extraído usando o programa NTSYS-pc versão 2.1.

A análise de valor do indicador (IndVal) foi realizada usando o método descrito em Dufrêne & Legendre (1997), e ela tem sido usada para expressar a relevância da espécie como indicador de qualidade ambiental em classificações de comunidade. O IndVal foi calculado com o programa PC-ORD versão 6.08, software de MJM, 1995-2011.

3 RESULTADOS

3.1 Variáveis ambientais

Durante o período estudado, o volume de precipitação apresentou um mínimo de 34 mm em outubro de 2011 (período seco) e um máximo de 297 mm em junho de 2012 (período chuvoso) (Figura 2), com diferenças significativas entre as estações do ano ($p = 0,03$). Todos os dados estiveram abaixo da média histórica para os meses estudados (INMET).

A Figura 3 apresenta todos os dados hidrológicos. A temperatura da água variou de 25°C (agosto/2012) a 30°C (novembro e dezembro/2011), com valor médio de $27,44 \pm 1,18^{\circ}\text{C}$. O pH mínimo foi 7,05 (agosto/2012) e máximo 8,72 (dezembro/2011), com média de $7,92 \pm 0,45$. O oxigênio dissolvido variou de 0,46 (julho/2012) a $8,46 \text{ mg.L}^{-1}$ (novembro/2011) com média de $5,06 \pm 1,37 \text{ mg.L}^{-1}$. A demanda bioquímica do oxigênio apresentou um mínimo de 0,16 e um máximo de $13,18 \text{ mg.L}^{-1}$, a média foi de $3,66 \pm 3,02 \text{ mg.L}^{-1}$. A salinidade oscilou entre 3,45 (junho/2012) para 35,49 (julho/2012), com média de $21,31 \pm 10,07$. A transparência mínima foi de 0,01 m e máxima de 1,75 m, ambos os valores em junho/2012.

Diferenças significativas entre período seco e chuvoso ocorreram apenas para temperatura ($p < 0,001$), pH ($p = 0,002$) e DBO ($p = 0,016$). Diferenças significativas entre

enchente e maré vazante ocorreram para a maioria dos fatores: temperatura ($p=0,009$), pH ($p=0,045$), BOD ($p=0,034$), salinidade ($p<0,001$) e transparência ($p=0,013$). Estação 1 foi significativamente diferente de Estações 2 e 3 apenas para a salinidade ($p=0,002$ e $p=0,0004$, respectivamente) e transparência ($p=0,034$ e $p=0,0007$, respectivamente). Estação 2 e 3 foram muito semelhantes em todos os parâmetros.

3.2 Estrutura dos rotíferos

Os rotíferos apresentaram 11 espécies pertencentes a duas famílias (Philodinidae e Brachionidae), nove destas espécies pertencentes à família Brachionidae (Tabela 1; Figura 4). Em termos de frequência de ocorrência *Brachionus plicatilis* (Muller, 1786) ocorreu em todas as amostras (100%), seguidas de *Brachionus calyciflorus* (Pallas, 1766) (50%). As demais espécies ocorreram com menos de 40% (Tabela 1). Cinco espécies ocorreram exclusivamente na maré vazante: *Platytia quadricornis* (Ehrenberg, 1832), *Brachionus angularis* (Gosse, 1851), *Keratella tropica* (Apstein, 1907), *Keratella americana* Carlin, 1943 e *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834). Diferenças significativas foram registradas para duas espécies na maré vazante: *Brachionus plicatilis* (Mann-Whitney; $p = 0,001$) e *Rotaria rotatoria* (Pallas, 1766) (Mann-Whitney; $p = 0,017$).

Brachionus plicatilis apresentou os maiores valores de densidade entre todas as espécies identificadas (Tabela 1). Esta espécie predominou na maioria das amostras, sendo que em cinco amostras outras espécies se destacaram: na Estação 3, vazante em outubro/2011 (*Rotaria rotatoria*) e em novembro/2011 (*B. calyciflorus*, *B. angularis* e *Rotaria rotatoria*); Estação 1, vazante, dezembro/2011 (*B. calyciflorus*, *B. angularis*), Estação 3, vazante, dezembro/2011 (*Rotaria* sp.) e na Estação 1, maré vazante, junho/2012 (*Rotaria rotatoria*, *Rotaria* sp., *B. calyciflorus* e *B. falcatus*) (Figura 5). A densidade total de rotíferos foi maior durante o período chuvoso e marés de vazante. Esta variou de 6,53 (Estações 1 e 2, outubro de 2011, enchente) a 27.593,55 ind.m⁻³ (Estação 1, julho/2012, vazante), com um valor médio de 3.745,85±5.608,99 ind.m⁻³ (Figura 6).

A diversidade de espécies em geral foi baixa, e, considerando as estações onde mais de duas espécies ocorreram, esta variou de 0,03 bits.ind⁻¹ (Estação 1, vazante, julho/2012) a 2,72 bits.ind⁻¹ (Estação 1, vazante, junho/2012), e o valor médio foi de 0,80±0,72 bits.ind⁻¹. A equitabilidade foi muito baixa e variou de 0,01 (Estação 1, vazante, julho/2012) a 0,79 (Estação 1, vazante, junho/2012) com valor médio de 0,23± 0,21 (Figura 7). Doze amostras

apresentaram *Brachionus plicatilis* como a única espécie, quatro amostras no período seco e oito no período chuvoso.

O dendrograma dos rotíferos apresentou 3 grupos de amostras e 2 grupos de espécies (Figura 8), embora a área estuarina seja bem misturada com estações apresentando semelhanças. As amostras foram agrupadas como: Grupo 1, caracterizado principalmente pela maré vazante e Estação 1; Grupo 2, ligando a maioria das amostras da enchente das estações 2 e 3; e, Grupo 3, associado a maré enchente de outubro/2011 e Estação 3 de junho e agosto/2012.

As espécies de rotíferos foram separadas em dois grupos. Grupo 1, caracterizado principalmente por espécies dominantes durante a maré vazante e indicadores de forte poluição orgânica (*Rotaria rotatoria*, *Rotaria* sp., *B. falcatus*, *P. quadricornis*, *B. angularis*, *B. calyciflorus*, *F. longiseta*, *K. americana*, *K. tropica*). O Grupo 2, associou apenas duas espécies, uma muito comum na área dominando em toda a área, principalmente durante a maré de enchente (*B. plicatilis*), e a outra rara para a área (*B. hawaiiensis*).

Na análise de componentes principais o primeiro fator explicou 34,79% da variação de dados e o segundo fator 24,87%. *Brachionus plicatilis* foi influenciada diretamente pela salinidade e transparência (fluxo marinho) e inversamente correlacionada com a temperatura, OD e DBO (Figura 9).

A análise de valor indicador destacou 3 espécies de rotíferos como bons indicadores. *Brachionus plicatilis* foi o melhor indicador com IndVal=93,2% ($p=0,0002$) indicativo da condição salina eutrófica. *Rotaria* sp. (IndVal=50,8%; $p=0,0020$) e *B. calyciflorus* (IndVal=46,8%; $p=0,0346$) foram indicadoras do fluxo de água doce e poluição orgânica (Tabela 2).

4 DISCUSSÃO

O padrão de circulação no estuário do Pina (PE) é muito complexo, sendo classificado como homogêneo (tipo C) de acordo com Tundisi (1970). Este sistema estuarino apresentou um padrão variando de polihalino a limnético, com predominância do regime polihalino na estação seca, de acordo com o sistema classificação da salinidade da água (Venice, 2003). O fluxo limnético reduziu a salinidade, onde o mínimo (3,45) foi resultante da maior descarga de água doce nesta região que comumente ocorre durante a estação chuvosa (junho/julho), no entanto, mesmo durante a estação seca, a salinidade mínima pode ficar em torno de 6, visto

que os níveis dos rios são mantidos elevados devido a efluentes residuais descarregados pelas cidades (Schettini et al., 2016).

Nos estuários, a interação de água doce e água salgada são importantes na distribuição de rotíferos (Medeiros, Barbosa, Medeiros, Rocha & Silva, 2010), e em nosso estudo foi observado um aumento da riqueza em direção à montante, onde a família Brachionidae contribuiu com altas densidades, especialmente durante a estação chuvosa e maré vazante. Estudos estuarinos mostraram a grande contribuição dessa família para a maior abundância de rotíferos (Medeiros, Barbosa, Medeiros, Rocha & Silva, 2010; Santangelo et al., 2014; Ginatullina, Atwell & Saito, 2017).

A comunidade de rotíferos registrada foi característica de um ambiente poluído. Flores Montes et al. (2011) consideraram este estuário em estado crítico, principalmente na maré baixa quando o oxigênio dissolvido apresentou valores de subsaturados. No entanto, a intensa dinâmica estuarina de marés é importante na dispersão, diluição, recuperação e transporte de produtos químicos e matéria orgânica, influenciando a qualidade ambiental (Noriega et al., 2013; Schettini et al., 2016), considerando que este complexo estuarino recebe e armazena grande volume de poluição dos rios que fluem nele.

No período chuvoso, na parte interna do estuário, foi registrada a maior densidade de Rotífera, provavelmente devido o aumento da biomassa de fitoplâncton, favorecido pelo acúmulo de nutrientes na água (Santiago et al., 2010; Nche-Fambo, Schrarter & Tirok, 2015). Ferreira Montes et al (2011) mostraram que os valores de clorofila-*a* variaram consideravelmente neste estuário (de 1,86 $\mu\text{g L}^{-1}$ para 164,0 $\mu\text{g L}^{-1}$), revelando um intenso grau de eutrofização, principalmente na estação chuvosa, quando nutrientes aumentam. Durante o período seco, também foi observada na área portuária uma alta taxa de produção de fitoplâncton, que a pluma estuarina do Pina recebe, como resultado da entrada de muitos nutrientes e radiação de forte intensidade 12 horas por dia, que favorecem as maiores classes de tamanho de fitoplâncton (nano e micro) (Guenther, Araújo, Flores-Montes, Gonzalez-Rodrigues, & Neumann-Leitão, 2015a).

Rotíferos, particularmente *Brachionus* spp., são um elo fundamental na teia alimentar dos sistemas estuarinos e eles são favorecidos pela presença de bactérias, pequenas algas e flagelados como seu alimento mais comum (Sladeczek, 1983; Arndt, 1993). Organismos heterotróficos da teia microbiana fornecem de 10-40% do alimento para rotíferos (Arnd,

1993). Alta concentração de coliformes totais e termotolerantes na água do estuário do Pina foi registrada principalmente no período das chuvas devido a intensas descargas de águas residuais domésticas (Pinto et al., 2012).

Rotifera tem sido usado na classificação dos ambientes em sistemas de eutróficos, como na Estónia (Mäemets, 1983) e Inglaterra (Pontin & Langley, 1993). Gannon & Stenberg (1978) sugerem o uso de espécies de Rotifera como indicadores de qualidade da água e Pejler (1983) como monitores ambientais. Espécies de *Brachionus* são tolerantes a poluição elevada associadas a acumulação de matéria orgânica apontadas como indicadoras do processo de eutrofização (Berzins & Pejler, 1987, 1989; Aboul Ezz, Abdel Azis, Abou Zaid, Rayey, & Abo-Taleb, 2014).

Brachionus plicatilis destacou-se como espécie indicadora na Bacia do Pina, seguida por *Brachionus calyciflorus* e *Rotaria rotatoria*. *Brachionus plicatilis* apresentaram maior percentual de indicação (> 90%), sendo positivamente correlacionadas com maiores níveis de salinidade, transparência e oxigênio dissolvido; é uma espécie cosmopolita, extremamente oportunista e indicadora eutrófica (Ruttner-Kolisko, 1974; Koste, 1978). *Brachionus calyciflorus* aumentou a densidade na maré vazante sendo tolerante à poluição e altos níveis de nutrientes orgânicos. *Rotaria rotatoria* é indicadora, em particular, de águas altamente poluídas (Dollan & Gallegos, 1992; Pontin & Langley, 1993). Além desta, a presença de *Filinia longiseta* assume forte poluição orgânica no ambiente (Koste, 1978; Dollan & Gallegos, 1992; Lucinda, Moreno, Melão & Matsumura-Tundisi, 2004; Wen, Qium, Zhang & Xiang, 2011).

Entre os indicadores de águas poluídas (Dollan Gallegos, 1992; Pontin & Langley, 1993) ocorreu *B. havanensis*, *B. calyciflorus*, *B. angularis*, *Keratella tropica* e *Filinia longiseta*, que foram abundantes rio acima. A predominância de rotíferos no estuário do rio Capibaribe ligado à Bacia do Pina, foi mencionada por Silva, Neumann-Leitão, Schwamborn, Gusmão & Nascimento-Vieira (1993), que registraram muitas das espécies encontradas no presente estudo. Este estuário recebe grande fluxo limnético e é altamente poluído e eutrófico. Vitorio (2006) estudando rotíferos nesta mesma área da Bacia do Pina em 1997/1998 encontrou resultados muito semelhantes e 18 espécies, sete a mais do que encontramos. Este autor observou que a família Brachionidae foi a mais diversa (12 espécies), semelhante às mesmas espécies que encontramos, e a maioria delas indicadoras de alto nível de poluição

orgânica. A menor riqueza em nossa pesquisa pode ser uma consequência da degradação desse ecossistema.

O sistema estuarino do Pina apresentou aumento do número de sólidos em suspensão e matéria orgânica (Flores Montes et al., 2011), que favorecem a presença de espécies que aumentam numericamente (densidade) em condições eutróficas. Como as variações quantitativas de rotíferos, verificou-se uma falta de um padrão sazonal e espacial e este é um aspecto comum a muitos estuários tropicais e subtropicais (Buskey, 1993). No entanto, *Brachionus plicatilis* destacou-se por apresentar altas densidades, atingindo seu máximo entre salinidade 20 e 25 (Omori & Ikeda, 1984). Em estudos realizados por Sant'anna (1993) para o estuário do Pina-PE, *Brachionus plicatilis* destacou-se entre os organismos com maiores densidades. Estas altas densidades de uma única espécie indicam perturbação ambiental.

A comunidade de rotíferos apresentou espécies altamente resilientes diante as pressões sofridas pelo estuário. O aumento na densidade de espécies diretamente relacionadas aos ambientes eutróficos, ricos em detritos orgânicos, nos remete à capacidade de suporte deste ambiente, para que ações possam ser desenvolvidas para reduzir o impacto negativo que se agrava com o aumento substancial do lançamento de efluentes nos principais afluentes deste importante ecossistema.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco pelas amostras estudadas. A Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo o apoio do laboratório. À FACEPE pela bolsa de estudos ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Aboul Ezz, S.M., Abdel Aziz, N.E., Abou Zaid, M., El Raey, M., & Abo-Taleb, H.A. (2014). Environmental assessment of El-Mex, Southern Mediterranean by using rotifers as a plankton bio-indicator. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 40, 43-57.
- Adams, S.M. (2002). *Biological indicators of aquatic ecosystem stress: introduction and overview*. In Adams, S.M. (ed). Bethesda, M.D.: American Fisheries Society, pp. 1-11.
- Arndt, H. (1993). Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) - A review. *Hydrobiologia*, 255 (256), 231–246
- APHA. (1985). *Standard methods for the examination of water and a wastewater*. 16. ed. New York: American Public Health Association. 541p.
- Balkic, A.G., Ternjej, I., & Spoljar, M. (2018). Hydrology driven changes in the rotifer trophic structure and implications for food web interactions. *Ecohydrology*, 11(1), e1917. DOI: 10.1002/eco.1917.
- Barcellos, R.L., Figueira, R.C.L., França, E.J., Schettini, C.A., & Xavier, D.A. (2017). Changes of Estuarine Sedimentation Patterns by Urban Expansion: The Case of Middle Capibaribe Estuary, Northeastern Brazil. *International Journal of Geosciences*, 8, 514-535.
- Berzins, B., & Pejler, B. (1987). Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia*, 147(1), 107-116.
- Berzins, B., & Pejler, B. (1989). Rotifer occurrence in relation to temperature. *Hydrobiologia*, 175, 223–231.
- Bianchi, F., Acri, F., Bernardi Aubry, F., Berton, A., Boldrin, A., Camatti, E., Cassin, D., & Comaschi, A. (2003). Can plankton communities be considered as bioindicators of water quality in the lagoon of Venice? *Marine Pollution Bulletin*, 46 (8), 964-971.
- Bortone, S.A. (2005). *Estuarine indicators*. Londres: CRC Press.
- Buskey, E.J. (1993). Annual pattern of micro- and mesozooplankton and biomass in a subtropical estuary. *Journal of Plankton Research*, 15(8), 907-924.
- Collier, C.A., Almeida Neto, M.S., Aretakis, G.M.A., Santos, R.E., Oliveira, T.H., Mourão, J.S., Severi, W., & El-Deir, A.C.A. (2015). Integrated approach to the understanding of the degradation of an urban river: local perceptions, environmental parameters and geoprocessing. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. doi: 10.1186/s13002-015-0054-y.
- Day Jr, J.W., Kemp, W.M., Yanez-Arancibia, A., & Crump, B.C. (2012). *Estuarine ecology*. Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell. 568p.
- Dolan, J. R., & Gallegos, C. (1992). Trophic role of planktonic rotifers in the Rhode River estuary, spring-summer 1991. *Marine Ecology Progress Series*, 85, 187-199.
- Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67, 345-366.
- Elliott, M., & Quintino, V. (2007). The Estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 640–645.

- Eskinazi-Sant'anna, E.M. (2000). Zooplankton abundance and biomass in a tropical estuary (Pina Estuary-Northeast Brazil). *Trabalhos Oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco*, 28(1), 21- 34.
- Eskinazi-Sant'anna, E.M., & Tundisi, J.G. (1996). Zooplâncton do estuário do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil): composição e distribuição temporal. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 44, 23-33.
- Flores Montes, M. J., Paulo, J.G., Nascimento Filho, G.A., Gaspar, F.L., Feitosa, F.A.N., Santos Junior, A.C., Batista, T.N.F., Travassos, R.K. & Pitanga, M.E. (2011). The trophic state of an urban estuarine complex in Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 64 (Proceedings of the 11th International Coastal Symposium), p 112– 117.
- Gannon, J.E., & Stemberger, R.S. (1978). Zooplankton (Especially Crustaceans and Rotifers) as Indicators of Water Quality. *Transactions from the America Microscopic Society*, 97(1), 16-35.
- Ginatullina, E., Atwell, L., & Saito, L. (2017). Resilience and resistance of zooplankton communities to drought-induced salinity in freshwater and saline lakes of central Asia. *Journal of Arid Environment*, 144, 1-11.
- Gopko, M., & Telesh, I.V. (2013). Estuarine trophic state assessment: New plankton index based on morphology of *Keratella* rotifers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 222-230.
- Guenther, M., Araújo, M., Flores-Montes, M., Gonzalez-Rodrigues, E., & Neumann-Leitão, S. (2015a). Eutrophication effects on phytoplankton size-fractioned biomass and production at a tropical estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 91, 537 – 547.
- Guenther, M., Royer, S., Campos, D.O., & Neumann-Leitão, S. (2015b). Spatial variation of the plankton community over a short-term survey at a tropical hypereutrophic estuary. *Arquivos de Ciência do Mar*, 48, 39 – 48.
- Guenther, M., Duster, R., Felismino, W.S., Pessoa, V.T., & Neumann-Leitão, S. (2015c). Feeding ecology of *Apocyclops procerus* (Copepoda, Cyclopoida) under experimental conditions. *Crustaceana*, 88(3), 283-297.
- Guenther, M., Araújo, M., Noriega, C., Flores-Montes, M., Gonzalez-Rodrigues, E., & Neumann-Leitão, S. (2017a). Plankton carbon metabolism and air–water CO₂ fluxes at a hypereutrophic tropical estuary. *Marine Ecology*, 2017,38:e12423. <https://doi.org/10.1111/maec.1242>
- Guenther, M., Gonzalez-Rodriguez, E., Flores-Montes, M., Araújo, M., & Neumann-Leitao, S. (2017b). High bacterial carbon demand and low growth efficiency at a tropical hypereutrophic estuary: importance of dissolved organic matter remineralization. *Brazilian Journal of Oceanography*, 65, 382-391.
- IBGE. (2017). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://cod.ibge.gov.br/2vto6>.
- Ji, G., Wang, X., & Wang, L. (2013). Planktonic rotifers in a subtropical shallow lake: succession, relationship to environmental factors, and use of bioindicators. *The Scientific World Journal*, 2013, Article ID 702942, 14 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/702942>.
- Koste, W. (1978). *Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas*. Ein Bestimmungswerk begr. von Max Voigt. Überordnung Monogononta. Vol. 1–2, 673 pp. + 234 pl.

- Lucinda, L., Moreno, L.H., Melão, M.G.G., & Matsumura-Tundisi, T. (2004). Rotifers in freshwater habitats in the Upper Tietê River Basin, São Paulo State, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliense*, 16(3), 203-224.
- Mäemets, A. (1983). Rotifers as indicators of lake types in Estonia. *Hydrobiologia*, 104, 357-361.
- McLusky, D.S. & Elliot, M. (2004). *The Estuarine Ecosystem, ecology, threats and management*. Oxford: Oxford University Press. 214p.
- Medeiros, A.M.A., Barbosa, J.E.L., Medeiros, P.R., Rocha, R.M., & Silva, L.F. (2010). Salinity and freshwater discharge determine rotifer distribution at the Mossoró River Estuary (Semiarid Region of Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 70(3), 551-557.
- Nche-Fambo, F.A., Scharter, U.M. & Tirok, K. (2015). Resilience of estuarine phytoplankton and their temporal variability along saline gradients during drought and hypersalinity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 158, 40-52.
- Neumann-Leitão, S. (1986). *Sistemática e Ecologia dos rotíferos (Rotatoria) plantônicos da área estuarina lagunar de Suape- Pernambuco (Brasil)*. 261 p. Dissertation (Master in em Oceanography) Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Neumann-Leitão, S., El-Deir, S. (Org.). (2009). *Bioindicadores da qualidade ambiental*. Recife: Instituto Brasileiro Pró-Cidadania.
- Noriega, C.E.D., Santiago, M.F., Façanha, P. Silva-Cunha, M.G.G., Silva, R.A., Flores Montes, M.J., Araújo Filho, M. Costa, K.M.P., Eskinazi-Leça, E., & Neumann-Leitão, S. (2013). The instantaneous transport of inorganic and organic material in a highly polluted tropical estuary. *Marine and Freshwater Research*, 64, 562-572.
- Obertegger, U., & Manca, M. (2011). Response of rotifer functional groups to changing trophic state and crustacean community. *Journal of Limnology*, 70 (2), 231-238.
- Obertegger, U., H.A. Smith, G. Flaim & R.L. Wallace. (2011). Using the guild ratio to characterize pelagic rotifer communities. *Hydrobiologia*, 662, 157-162.
- Oliveira, G.C., Gusmão, L.M.O., Silva, T.A., & Neumann-Leitão, S. (2009). Variação tidal e temporal do microzooplâncton em um estuário tropical. In: *IX Congresso de Ecologia do Brasil*. São Lourenço, 13 – 17.
- Omori, M., & Ikeda, T. (1984). *Methods in marine zooplankton ecology*. New York: Wiley Interscience Publications. 331p.
- Paranaguá, M. N., Neumann-Leitão, S., Nogueira-Paranhos, J. D., Silva, T. A., & Matsumura-Tundisi, T. (2005) Cladocerans (Branchiopoda) of a tropical estuary in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 65, 107-115.
- Parsons, T. R., Takahashi, M., & Hargrave, B. (1984). *Biological oceanographic processes* (3rd. Edition). Pergamon Press, Oxford. 332 p.
- Pejler, B. (1983). Zooplanktic indicators of trophy and their food. *Hydrobiologia*, 101, 111-114.
- Pielou, E.C. (1967). *An introduction to Mathematical Ecology*. New York: Wiley-Interscience. 286 p.

- Pinto, S.L., Barros, C.N., Vaz, R.V., Souza, M., Mendes, E.S., & Tenorio, D.O. (2011). Mollusks as indicators of environmental quality in a tropical estuary. *Tropical Oceanography*, 40(1), 143-157.
- Pontin, R.M., & Langley, J.M. (1993). The use of rotifer communities to provide a preliminary national classification of small water bodies in England. In: Gilbert, J.J., Lubzens, E., Miracle, M.R. (eds.). *Rotifer Symposium VI*. Developments in Hydrobiology, v.83. Springer, Dordrecht.
- Ruttner-Kolisko, A. (1974). Plankton Rotifers: biology and taxonomy. *Die Binnengewasser*, Stuttgart, 26, 1-146. Supplement.
- Santangelo, J.M., Esteves, F.A., Manca, M., & Bozelli, R.L. (2014). Disturbances due to increased salinity and the resilience of zooplankton communities: the potential role of the resting egg bank. *Hydrobiologia*, 122, 103 – 113.
- Santiago, M.F., Silva-Cunha, S., Neumann-Leitão, S., Costa, K.M.P., Palmeira, G.C.B., Porto Neto, F.F., & Nunes, F.S. (2010). Phytoplankton dynamics in a highly eutrophic estuary in tropical Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(3), 189-205.
- Schettini, C.A.F., Miranda, J.B., Valle-Levinson, A., Truccolo, E.C., & Domingues, E.C. (2016). The circulation of the lower Capibaribe Estuary (Brazil) and its implications for the transport of scalars. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64, 263-276.
- Segers, H. (2007). Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa*, 1564: 1–104.
- Shannon, C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technological Journal*, 27, 379-423.
- Silva, T.A., Neumann-Leitão, S., Schwamborn, R., Gusmão, L.M.O., & Nascimento-Vieira, D.A., (2003). Diel and seasonal changes in the macrozooplankton community of a tropical estuary in Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(3), 439-446.
- Sládecek, V. (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100, 169-201.
- Strickland, J.D.H., & Parsons, T.R. (1972). *A practical handbook of seawater analysis*. Ottawa: Fishery Research Board Canada.
- Tundisi, J.G. (1970). O plâncton estuarino. *Contribuições Avulsas Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*, série Oceanografia Biológica, São Paulo, 19, p. 1-22.
- Van Gestel, C.A.M., & Van Brummelen, T.C. (1996). Incorporation of the biomarker concept in ecotoxicology calls for redefinition of terms. *Ecotoxicology*, 5, 217-222.
- Venice (2003), The Venice System for the Classification of Marine Waters According to Salinity. *Limnology and Oceanography*, 3 (3), doi: 10.4319/lo.1958.3.3.0346.
- Vitório, U.S.R. (2006). Rotíferos (Rotatoria) como indicadores de qualidade ambiental da bacia do Pina, Recife (PE- Brasil). Master Dissertation (Federal University of Pernambuco, Brazil).
- Wen, X.L., Xi, Y.L., Qiu, E.P., Zhang, G., & Xiang, X.L. (2010). Comparative analysis of rotifer community structure in five subtropical shallow lakes in East China: role of physical and chemical conditions. *Hydrobiologia* 661(1), 303-316.

TABELAS

Tabela 1. Lista taxonômica de Rotifera, Densidade total (ind.m⁻³), Média (ind.m⁻³), Desvio Padrão (DP) e Frequência de Ocorrência (FO, %)

Espécies	Densidade Total	Média	DP±	FO
Philodinidae				
<i>Rotaria rotatoria</i> Pallas, 1776	5003.39	156.36	682.01	22.22
<i>Rotaria</i> sp.	1183.84	37.00	110.94	30.56
Brachionidae				
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	4861.66	151.93	468.81	30.56
<i>Brachyonus calyciflorus</i> Pallas, 1766	12145.83	379.56	1200.60	50.00
<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	1009.27	31.54	106.59	19.44
<i>Brachionus havanensis</i> Rousselet, 1911	109.28	3.41	10.84	5.56
<i>Brachionus plicatilis</i> (Müller, 1786)	229198.89	7162.47	21073.95	100.00
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	1213.64	37.93	118.62	25.00
<i>Keratella tropica</i> Apstein, 1907	36.85	1.15	3.80	5.56
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	158.10	4.94	12.72	8.33
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	29.33	0.92	2.55	2.78

Tabela 2. Indicador de valores (IndVal) para Rotifera do estuário da Bacia do Pina, Recife (Pernambuco, Brasil) nos períodos seco (2011) e chuvoso (2012).

Espécies		IndVal (%)	Média-DP	p
<i>Rotaria rotatoria</i>	1	19.2	8.5±12.07	0.1880
<i>Rotaria sp.</i>	2	50.8	8.6±11.80	0.0020
<i>Brachionus angularis</i>	1	29.5	9.6±13.4	0.1088
<i>Brachionus calyciflorus</i>	1	46.8	11.9±16.07	0.0346
<i>Brachionus falcatus</i>	2	14.4	7±9.92	0.2162
<i>Brachionus havanensis</i>	1	3.9	3.9±5.55	0.3439
<i>Brachionus plicatilis</i>	1	93.2	17.33±22.62	0.0002
<i>Filinia longiseta</i>	1	27.7	7.9±10.98	0.0692
<i>Keratella tropica</i>	1	11.8	3.9±5.79	0.1928
<i>Keratella americana</i>	2	8.7	4.6±6.33	0.2294
<i>Platyias quadricornis</i>	2	7.1	NaN	0.1670

FIGURAS

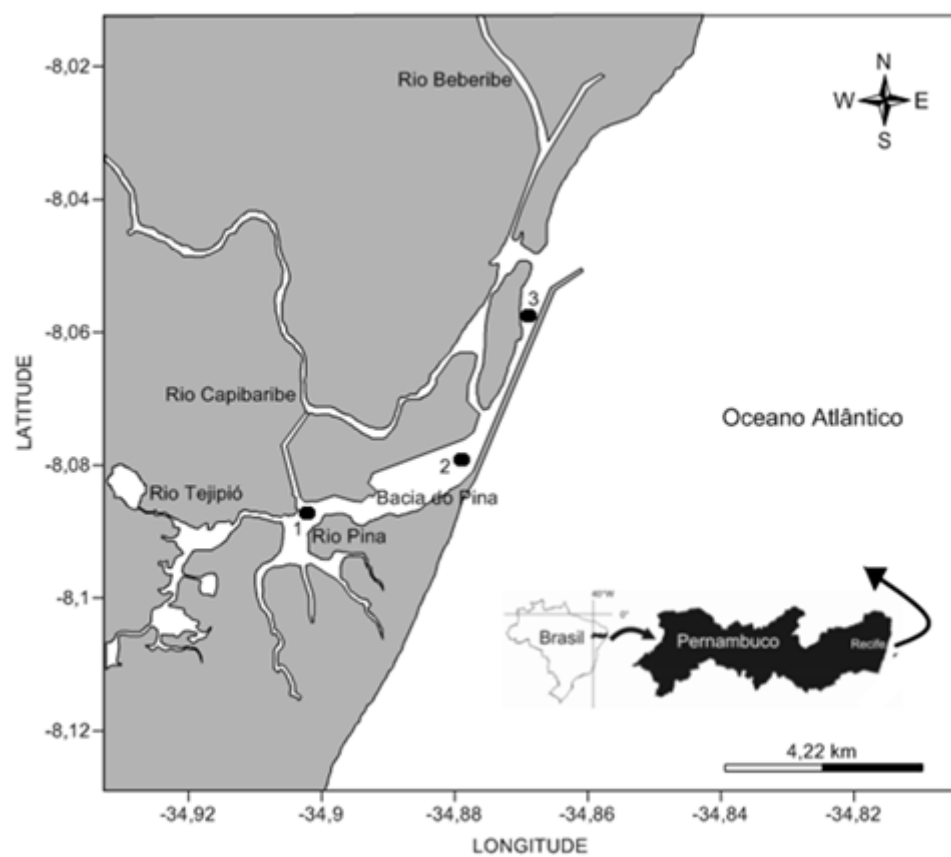


Figura 1. Local estudado e de estações de coleta (●) no sistema estuarino da Bacia do Pina, Recife, Pernambuco (Brasil) em 2011 e 2012.

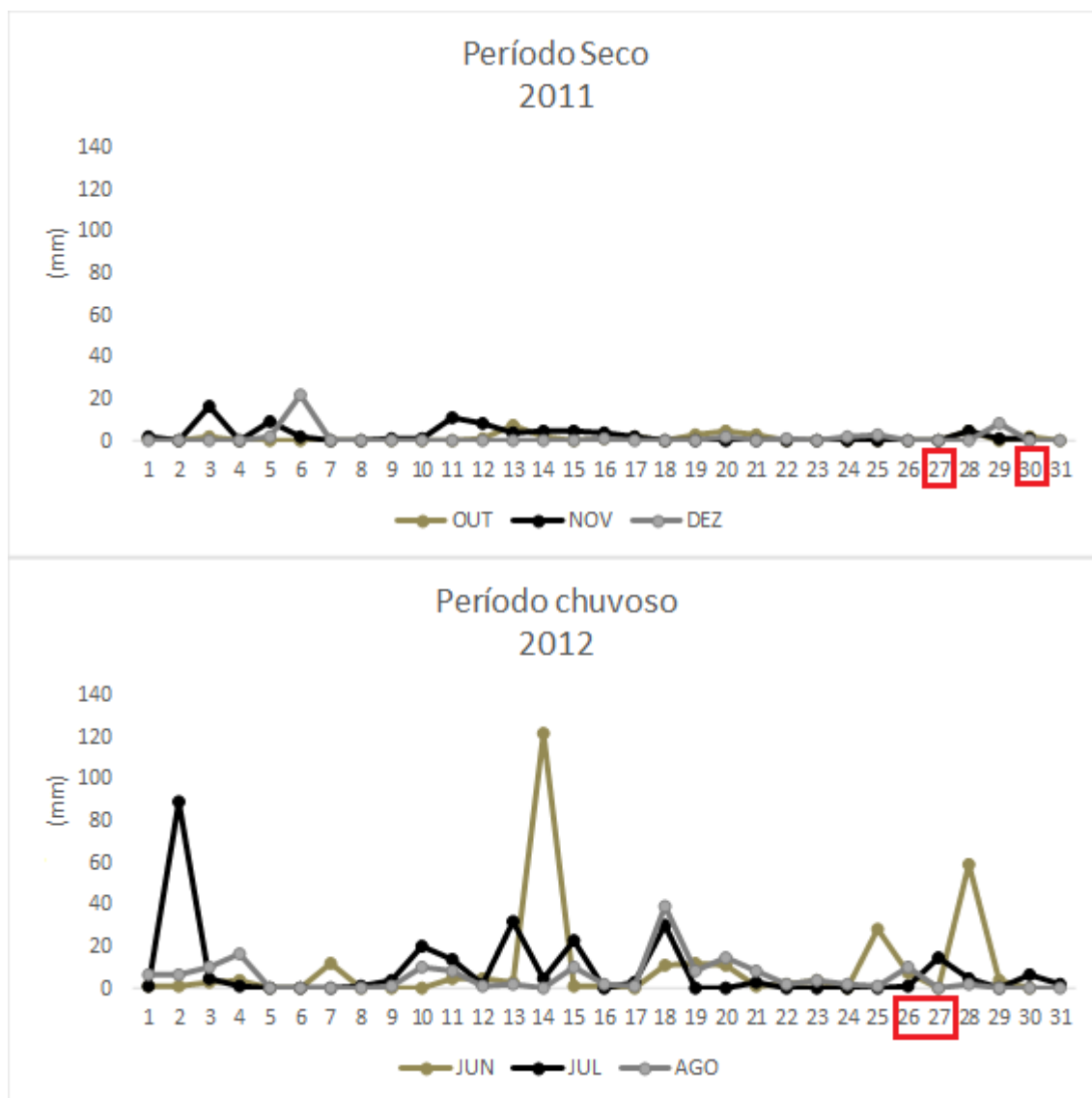


Figura 2. Precipitação (mm) na cidade de Recife em outubro, novembro, dezembro/2011 e junho, julho, agosto/2012. Dias das coletas destacados em vermelho.

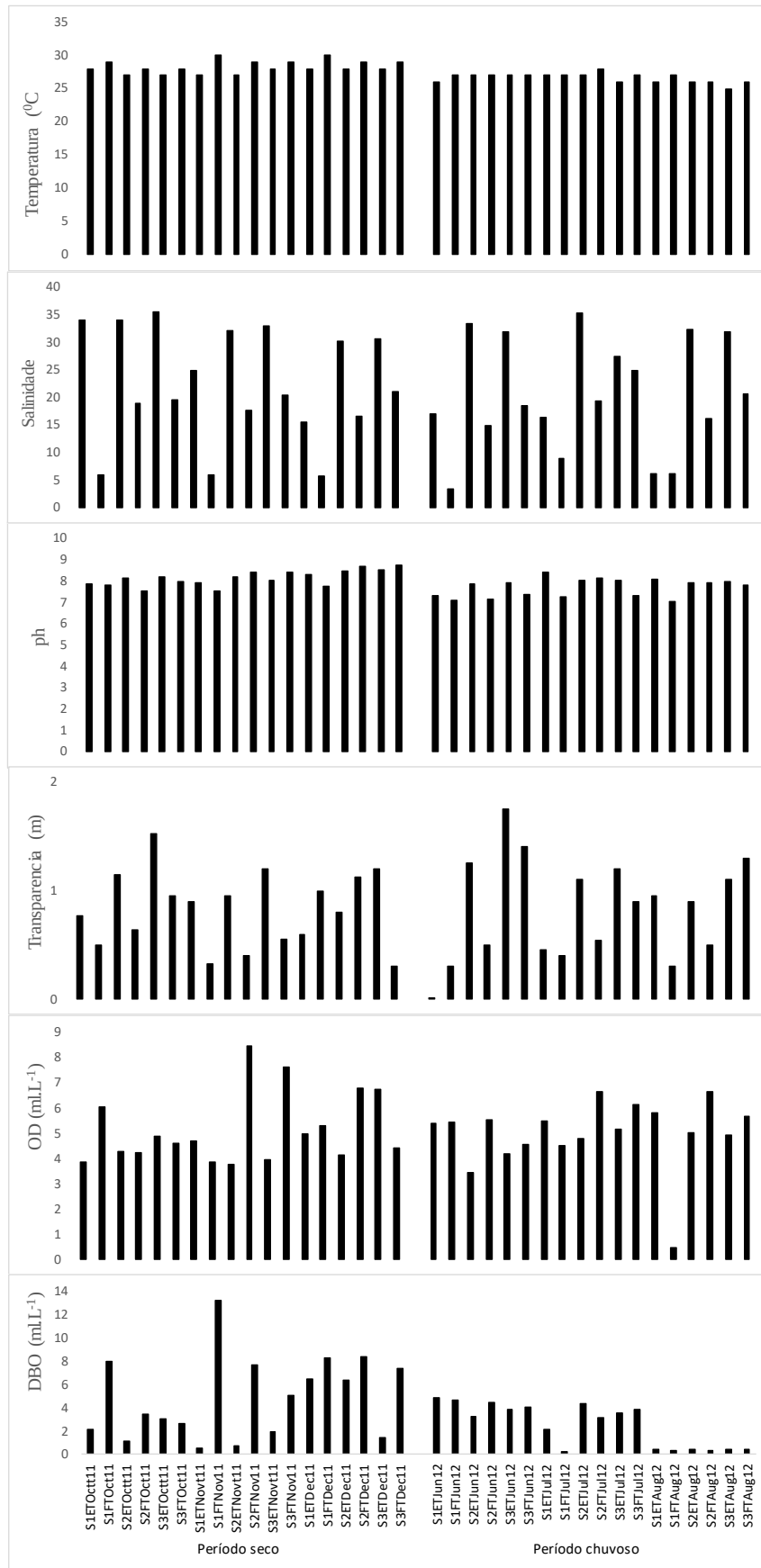


Figura 3. Dados hidrológicos do estuário da Bacia do Pina, Recife (PE-Brasil) durante os períodos seco (2011) e chuvoso (2012). S = Estação, ET = maré vazante, FT = maré enchente



Figura 4. Rotíferos encontrados no estuário da Baía de Pina, cidade de Recife (Pernambuco, Brasil) nas estações seca (2011) e chuvosa (2012). A. *Brachionus plicatilis* (Müller, 1786); B. *Brachionus calyciflorus* Palas, 1766; C. *Brachionus angularis* Gosse, 1851; D. *Brachionus falcatus* Zacharias, 1898; E. *Brachionus havanensis* Rousselet, 1911; F. *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834); G. *Keratella americana* Carlin, 1943; H. *Keratella tropica* Apstein, 1907; I. *Platygaster quadricornis* (Ehrenberg, 1832); J. *Rotaria rotatoria* Pallas, 1776. Fonte: Fig. A (<https://alchetron.com>); Fig. C (<http://cfb.unh.edu>); Fig. J (www.youtube.com/watch?v=WT58WVHOgug).

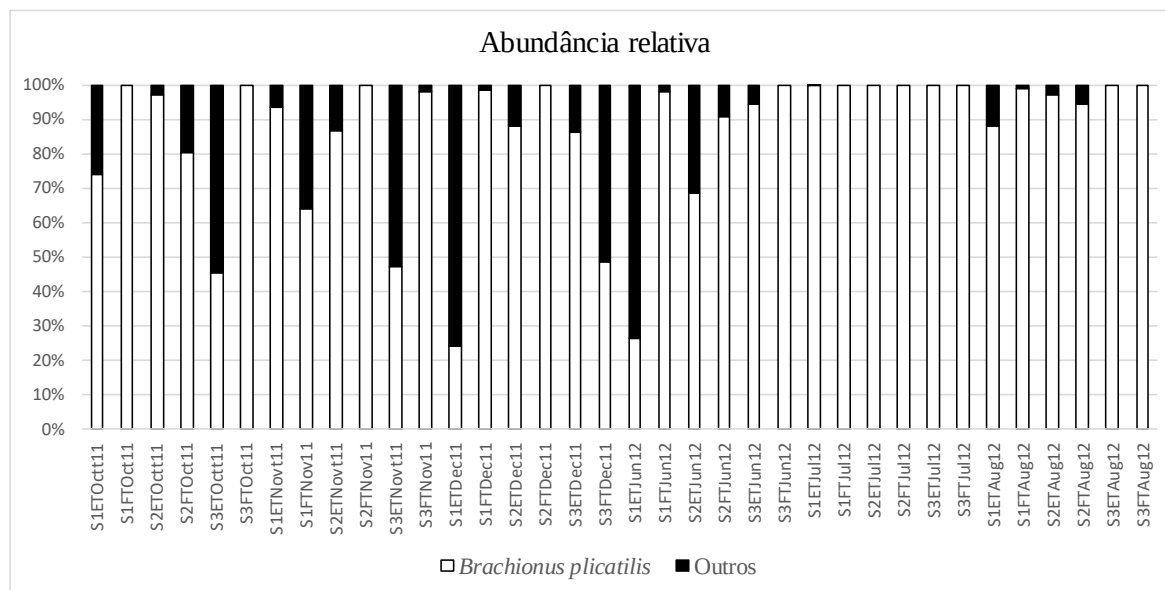


Figura 5. Abundância relativa de *Brachionus plicatilis* em relação às outras espécies de rotíferos no estuário da Bacia de Pina, cidade de Recife (Pernambuco, Brasil) nos períodos seco (2011) e chuvoso (2012). S = Estação, ET = maré vazante, FT = maré enchente

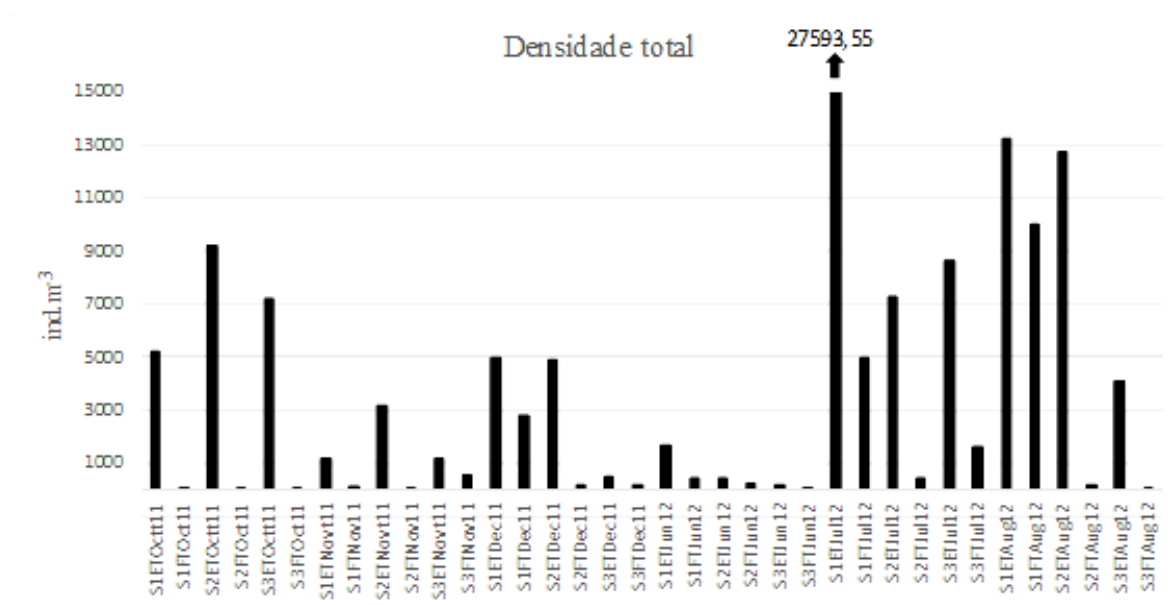


Figura 6. Densidade total dos Rotifera no estuário da Bacia da Pina, Recife (Pernambuco, Brasil) nos períodos seco (2011) e chuvoso (2012). S = Estação, ET = maré vazante, FT = maré enchente.

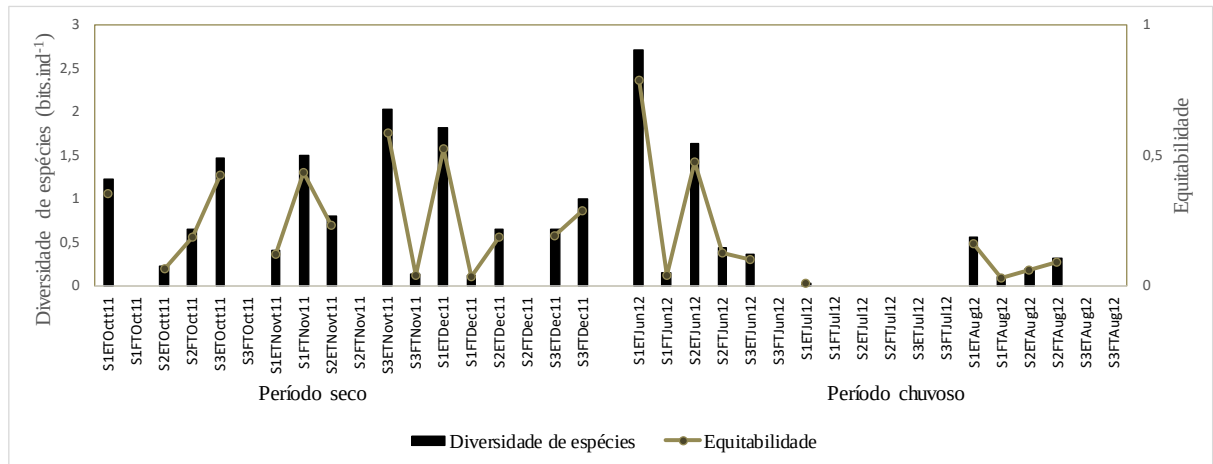


Figura 7. Diversidade e equitabilidade de espécies no estuário da Bacia da Pina, cidade de Recife (Pernambuco, Brasil) nos períodos seco (2011) e chuvoso (2012). S = Estação, ET = maré vazante, FT = maré enchente.

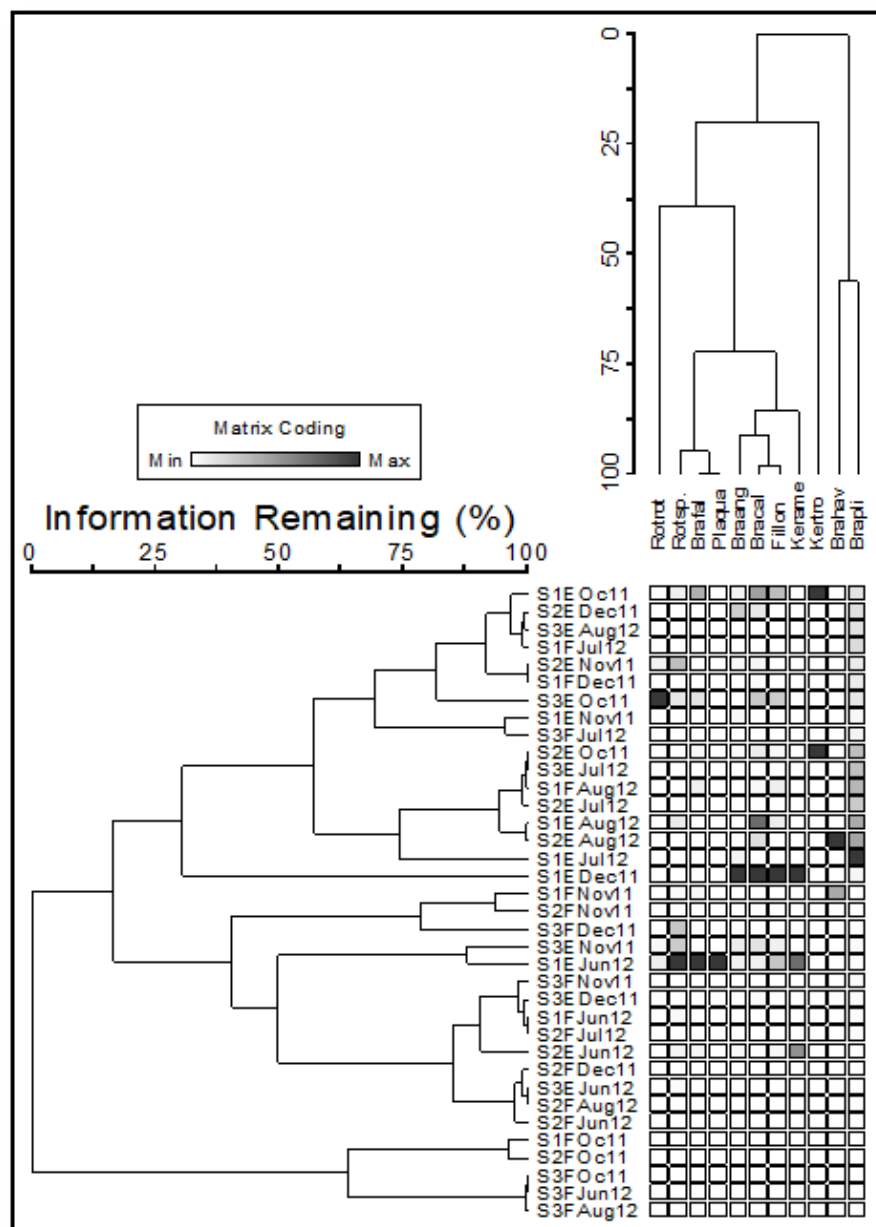


Figura 8. Dendrograma das amostras e das espécies de rotíferos do estuário da Bacia de Pina, cidade de Recife (Pernambuco, Brasil) nos períodos seco (2011) e chuvoso (2012). Rotrot = *Rotaria rotatoria*, Rotsp = *Rotaria* sp., Brafal = *Brachionus falcatus*, Plaqua = *Platyas quadricornis*, Braang = *Brachionus angularis*, Filon = *Filinia longiseta*, Kerame = *Keratella americana*, Kertro = *Keratella tropica*, Brahav = *Brachionus hawaiiensis*, Brapli = *Brachionus plicatilis*. S = Estação, E = maré vazante, F = maré enchente.

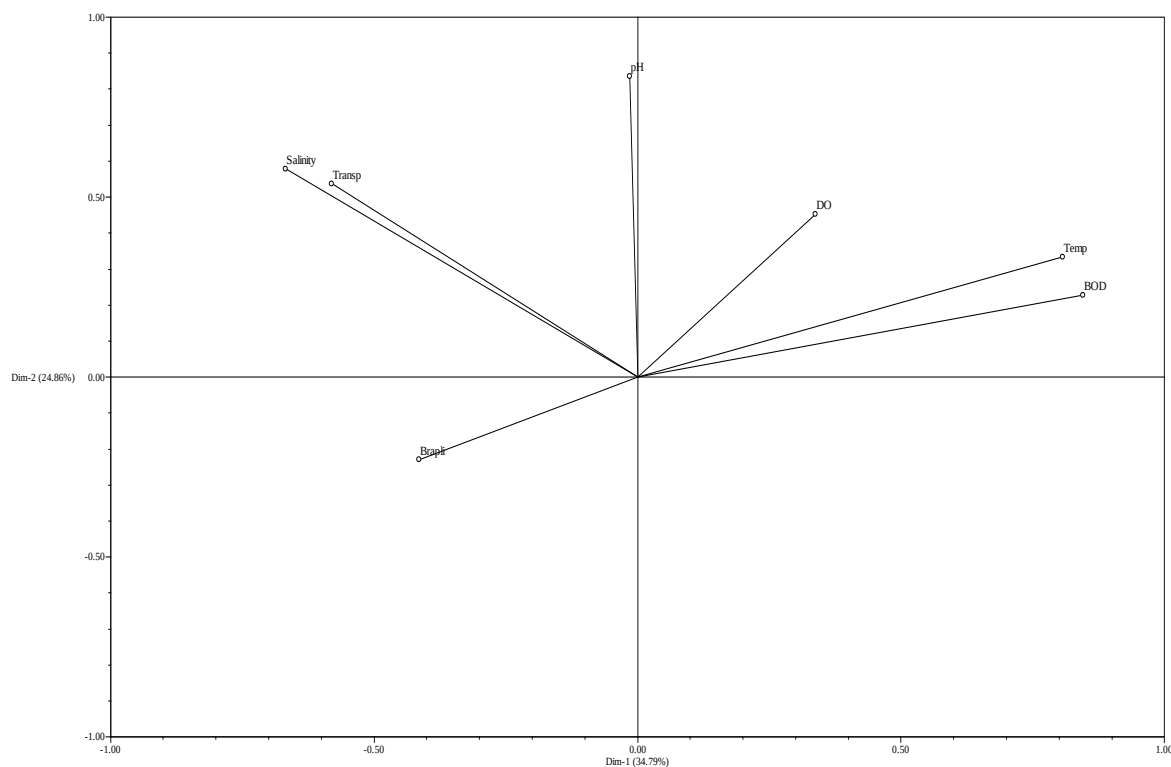


Figura 9. Análise de Componentes Principais do estuário da Bacia de Pina, cidade de Recife (Pernambuco, Brasil) nos períodos seco (2011) e chuvoso (2012). Transp = transparência, Temp = temperatura, DO = oxigênio dissolvido, DBO = demanda bioquímica de oxigênio, Brapli = *Brachionus plicatilis*.

3. 2 - Artigo científico II

Artigo científico a ser encaminhado a Revista [**Hydrobiologia**].

Todas as normas de redação e citação, doravante, atendem as estabelecidas pela referida revista, exceto o idioma.

ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE COPEPODA E CONTRIBUIÇÃO DOS NAUPLIUS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL ALTAMENTE IMPACTADO

Resumo

Estudos sobre a estrutura da assembleia de Copepoda em um estuário urbano tropical altamente impactado (rio Capibaribe, Brasil) e sua pluma costeira foram realizados em 2011/2012 e 2014/2015. O objetivo foi evidenciar a qualidade ambiental através de espécies indicadoras, como forma de usá-las como ferramenta em programas de gestão e monitoramento, bem como conhecer melhor as primeiras fases do ciclo de vida deste táxon e o seu papel em estuários. As amostras provieram de estações localizadas ao longo do estuário e na pluma costeira, com auxílio de rede de plâncton com 64 μm de abertura de malha. Dados abióticos foram obtidos simultaneamente às coletas de plâncton. Foram identificadas 20 espécies de Copepoda, sendo 11 Calanoida, 5 Cyclopoida, 2 Harpacticoida e 2 Poecilostomatoida. A diversidade de espécies e equitabilidade foram em geral muito baixas, com médias de $0,99 \pm 0,63 \text{ bits.ind}^{-1}$ e $0,23 \pm 0,15$, respectivamente. Estes baixos valores indicam predomínio de poucas espécies e desequilíbrio ambiental. Em termos de frequência de ocorrência predominaram na área os nauplius de *Oithona*, seguidos por *Oithona hebes*, *Euterpina acutifrons* e *Parvocalanus crassirostris*. A maior contribuição para abundância total foi de Cyclopoida com 87%, seguido por Calanoida (11%). Os nauplius representaram 67% dos Copepoda, contribuindo os de Oithonidae com 84%. As maiores densidades de nauplius de Oithonidae coincidiu com a maior abundância de copepoditos dessa mesma família, indicativo de período reprodutivo. A densidade apresentou amplas oscilações, com mínimo de $16,19 \text{ ind.m}^{-3}$ (Estação 1, maré vazante, outubro/2011) e máximo de $215.592,2 \text{ ind.m}^{-3}$ (Estação 2, maré enchente, dezembro/2011), com média geral de $19.187,94 \pm 40.183,33 \text{ ind.m}^{-3}$. As estações da área estuarina contribuíram com 90% da densidade total ($847.804,9 \text{ ind.m}^{-3}$), não havendo diferença significativa em toda área entre os períodos seco e chuvoso ($p > 0,05$), nem entre a vazante e a enchente ($p > 0,05$). Os nauplius de *Oithona* foram os melhores indicadores desta área estuarina impactada ($\text{IndVal} = 90,5$; $p = 0,0002$). A Análise dos Componentes Principais (3 primeiros fatores explicaram 50,62% da variação dos dados) mostrou que os fatores salinidade e transparência (fluxo marinho) estiveram correlacionados diretamente com *Oithona hebes*, *O. oculata* e nauplius de *Oithona*, tendo papel importante como estruturadores da comunidade.

PALAVRAS-CHAVE: Copepoda, nauplius, bioindicador, estuário tropical.

1. Introdução

O zooplâncton é formado por organismos microscópicos que ocupam posição relevante nas interações tróficas, participando nos ciclos da matéria e da energia, sendo importante elo nas teias alimentares dentro do ecossistema. São sensíveis às mudanças abióticas e bióticas no ambiente, apresentando espécies indicadoras, sendo grupo chave no entendimento da estrutura da comunidade de um ecossistema antropizado (Neumann Leitão et al., 1999; Oliveira et al., 2009).

Os Copepoda planctônicos são os principais constituintes do zooplâncton nos ecossistemas costeiros, contribuindo com abundâncias maiores que 80% (Tundisi, 1970), sendo componentes vitais nas teias alimentares dos estuários e regiões costeiras. Participam diretamente na transferência de energia e carbono entre os níveis inferiores e superiores da teia alimentar aquática, consumindo o nano- e o microplâncton, sendo por sua vez alimento primordial para várias espécies de peixes e outros organismos (Miyashita et al., 2009; Rakhesh et al., 2013). Nessa estrutura trófica, os grandes Copepoda (>2 mm) estão relacionados à intermediação no fluxo de energia, principalmente para os elos superiores de importância comercial, enquanto os pequenos Copepoda (ex. nauplius e algumas espécies de menor porte), atuam diretamente na alça microbiana, explorando o bacterioplâncton e protistas heterotróficos, sendo fonte de alimento para diversas espécies do meso- e macrozooplâncton, inclusive o ictioplâncton (Turner, 2004).

Copepoda de menor tamanho são contribuintes mais abundantes nos ambientes costeiros tropicais, devido ao ciclo de vida rápido, bem como suas variadas estratégias de alimentação e de reprodução que possibilitam um aumento substancial das suas populações reduzindo o impacto causado pelos seus predadores (Björnberg, 1981). No entanto, a maior abundância de Copepoda menores e a diminuição de Copepoda maiores pode ser um indicativo de eutrofização do ambiente decorrente de atividades antrópicas (Turner, 2004). Esse processo de eutrofização vem sendo constatado nos estuários urbanos em que os altos níveis de nutrientes despejados nas águas dos rios causam desequilíbrios entre a produção e o metabolismo da matéria orgânica, comprometendo a teia trófica e favorecendo as populações r-estrategistas (Cloern, 2001; Cloern et al., 2014).

Os ecossistemas estuarinos e costeiros são altamente susceptíveis aos impactos antrópicos, somando-se a estes ecossistemas flutuações naturais nos seus parâmetros bióticos e abióticos, decorrentes da interação marinha e fluvial, onde oscilam constantemente as marés, a circulação de água, os padrões de misturas físico-químicas e os recursos biológicos (Melo Júnior et al., 2007; Oliveira et al., 2009). Essa alta variabilidade ambiental influencia a dinâmica das populações planctônicas, sendo refletida na estrutura da comunidade e abundância dos organismos (Calbet et al., 2001).

Conhecer os componentes da comunidade zooplancônica, especificamente os Copepoda, é imprescindível para avaliar a qualidade ambiental e a dinâmica trófica do ambiente, através da investigação das flutuações dos fatores bióticos e abióticos. Estudos sobre Copepoda têm sido frequentes em ambientes marinhos em seus diversos aspectos, como produtividade e interações ecológicas (Thompson et al., 2013; Dias et al., 2014; Meunier et al., 2016; Campos et al., 2017). No entanto, o conhecimento acerca dos Copepoda em estuários tropicais, principalmente no Brasil, em sua maior parte é oriundo de pesquisas voltadas ao zooplâncton em geral. Ainda são escassas as informações acerca dos Copepoda da fração do microzooplâncton e poucas são as publicações sobre a estrutura da comunidade desses organismos (Magris et al., 2011; Magalhães et al., 2015; Andrade et al., 2016; Araujo et al., 2017), sobretudo estudos que enfatizem os nauplius, constituintes abundantes no microzooplâncton, que são negligenciados nos estudos do zooplâncton, principalmente pelo uso de redes de coleta inapropriadas (malhas de maior abertura) (Galliene & Robins, 2001). Diante disso, esse estudo teve como objetivo caracterizar a estrutura da comunidade dos Copepoda, enfocando os nauplius, em condições de variações espaço-temporais em um estuário urbano fortemente impactado do Nordeste do Brasil.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

O complexo estuarino do Capibaribe é formado pela confluência dos rios Pina, Capibaribe, Beberibe, Tejipió e Jordão, na porção interna do Porto do Recife, denominada Bacia do Pina (08°03'S; 34°52'W), na cidade do Recife, Pernambuco, Brazil. O estuário apresenta pequena extensão (~10 km²) abrangendo a região metropolitana (Schettini et al., 2016) e se conecta com o oceano através de uma abertura estreita (300 m de largura), onde sofre influência marinha através dos recifes rochosos durante a maré alta (Figura 1). As marés

são semi-diurnas com faixas máximas de 2,3 m. O clima é tropical úmido tipo As' (Köppen, 1900), com duas estações anuais de regime pluviométrico bem definido: período de estiagem (setembro a fevereiro) e chuvoso (março a agosto). A salinidade varia de 25 a 36 (conforme distância do oceano e período do ano), e a temperatura média da água varia entre 25 e 31°C, no período chuvoso e seco, respectivamente (Guenther et al., 2015a). É uma área portuária, onde há um constante tráfego de embarcações, funcionando também como um verdadeiro reservatório para descarga de indústrias e efluentes de esgotos domésticos (Feitosa et al., 1999).

2.2 Metodologia

As amostras do zooplâncton foram coletadas em 7 estações, sendo uma estação interna (E1), uma intermediária (E2), uma externa próxima à desembocadura do rio (E3) nos meses de outubro a dezembro de 2011 (período seco) e junho a agosto de 2012 (período chuvoso), e quatro estações na pluma costeira (E4, E5, E6 e E7), em novembro/2014 (período seco) e março/2015 (período chuvoso), durante as marés enchente e vazante de sizígia. Foram realizados arrastos subsuperficiais horizontais por 3 minutos, utilizando uma rede de plâncton cônica (30 cm de diâmetro de boca), com 65 μm de abertura de malha. As amostras foram preservadas em formol a 4%, neutralizado com bórax (5g L⁻¹). Em laboratório, cada amostra foi diluída e homogeneizada, e destas retiradas 3 subamostras de 1 mL, para a contagem e a identificação dos táxons em câmara de Sedgwick-Rafter, utilizando microscópio ótico, sendo os copépodes classificados a nível de espécie segundo Boltovskoy (1981; 1999) e os nauplius a nível de família (Björnberg et al., 1994).

Dados abióticos foram obtidos simultaneamente apenas para as estações 1, 2 e 3, sendo a salinidade e de oxigênio dissolvido analisados pelo método de Mhor-Knudsen e Winkler, respectivamente. Ambos os métodos descritos em Strickland e Parsons (1972). A temperatura foi aferida através de um termômetro comum (-10 a 60°C), e o pH por intermédio de um pHmetro Beckman Zeromatic II. A demanda bioquímica do oxigênio (DBO) foi calculada de acordo com a técnica descrita na APHA (1985). A transparência da água foi medida utilizando-se um disco de Secchi, graduado em metros. Os dados pluviométricos foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

2.3 Análise dos dados

Para os dados obtidos foram calculadas a densidade por espécie (ind. m^{-3}), a abundância relativa (%) entre ordens, a frequência de ocorrência (%), riqueza de espécies (S), diversidade de Shannon (H') (Shannon, 1948) e índice de equitabilidade de Pielou (Pielou, 1977).

De acordo com a frequência de ocorrência as espécies foram classificadas como dominante (>70%), muito frequente (70%-40%), frequente (40 – 30%), pouco frequente (30 – 10%) e rara ($\leq 10\%$).

Os dados biológicos e variáveis ambientais entre as estações foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis para verificar a diferença entre os dados bióticos e abióticos, e Mann-Whitney para testar diferenças entre períodos sazonais, marés e estações de coleta. A matriz de correlação de Spearman foi usada para verificar as relações entre as variáveis ambientais. Para essas análises foi utilizado o Biostat 5.3, com o nível de 5% de significância.

Foi feita uma análise de agrupamento das amostras e dos taxa com base na matriz de densidade, utilizando-se o índice de Bray-Curtis. O método ligação dos dendrogramas foi o do peso proporcional. A análise dos componentes principais (ACP) foi usada para avaliar as relações entre as variáveis ambientais e as espécies de copépodes dominantes (>30% de frequência de ocorrência), utilizando-se o Programa NTSys-PC v.2.1. O IndVal (Dufrêne e Legendre, 1997) foi utilizado para determinar as espécies indicadoras. Este foi calculado com o programa PC-ORD Version 6.08, do MJM software, 1995-2011.

3. Resultados

3.1. Variáveis ambientais

Os índices pluviométricos apresentaram valor mínimo de 34,6 mm no período seco e máximo de 296,5 mm no período chuvoso, estando abaixo da média histórica para os meses estudados durante o período de coleta.

Alguns parâmetros hidrológicos variaram devido a influência da sazonalidade (Figura 2). Entre as estações seca e chuvosa houve diferença significativa para temperatura ($p < 0,001$) que variou de 25°C (agosto/2012) a 30°C (novembro e dezembro/2011); pH ($p = 0,002$) com

mínimo de 7,05 (agosto/2012) e máximo 8,72 (dezembro/2011); e DBO ($p=0,016$) oscilando de 0,16 a 13,18 mg.L⁻¹.

Diferenças significativas entre marés ocorreram para vários fatores: temperatura ($p=0,009$) entre 27,94±1,25°C (vazante) e 26,94±0,87°C (enchente); pH ($p=0,045$) entre 7,76±0,53 (vazante) e 8,06±0,27 (enchente); DBO ($p=0,034$) oscilando de 4,51±3,51 mg.L⁻¹ (vazante) a 2,37±1,81 mg.L⁻¹ (enchente); salinidade ($p<0,001$) de 14,74±6,83 (vazante) a 27,46±4,84 (enchente), e transparência ($p=0,013$) variando de 0,67±0,34 m (vazante) a 1,09±0,31 m (enchente). A Estação 1 diferiu significativamente das Estações 2 e 3 para salinidade ($p=0,002$ e $p=0,0004$, respectivamente) e transparência ($p=0,034$ e $p=0,0007$, respectivamente). As Estações 2 e 3 não diferiram entre os parâmetros.

3.2. Estrutura e composição da comunidade de Copepoda

Os copépodes foram os principais componentes do zooplâncton compreendendo 70% da densidade total. No período seco representaram 77% da densidade total do zooplâncton e 67% no período chuvoso. A assembleia de Copepoda abrangeu 20 espécies: 11 Calanoida, 5 Cyclopoida, 2 Harpacticoida e 2 Poecilostomatoida (Tabela 1). O táxon que apresentou o maior número de famílias foi Calanoida (7 famílias). Os demais táxons foram representados por 2 famílias cada um. A família Paracalanidae teve o maior número de espécies (6 espécies), seguida pela família Oithonidae (4 espécies). Para a fase naupliar, Calanoida foi o táxon com maior número de famílias (6 famílias), seguido por Cyclopoida (2 famílias) e Harpacticoida (2 famílias). Nauplius de Oithonidae foram muito frequentes (> 90%), principalmente na estação 2 do estuário (Tabela 2). Os nauplius das respectivas famílias identificadas estão representados na Figura 3.

Em termos de frequência de ocorrência foram dominantes na área estudada nauplius de Oithonidae, *Oithona hebes*, *Euterpina acutifrons* e *Parvocalanus crassirostris*. Os muito frequentes foram *Oithona oswaldocruzi*, nauplius de Paracalanidae, *Apocyclops procerus* e *Oithona oculata*. Foram frequentes *Acartia lilljeborgi*, *Paracalanus aculeatus* e *Oithona nana*. As demais espécies foram pouco frequentes e raras (Figura 4).

Quanto a abundância relativa total entre as ordens de Copepoda, destacou-se Cyclopoida com um total de 88%, seguida por Calanoida (11%) e Harpacticoida + Poecilostomatoida (1%). Dentre os Cyclopoida os nauplius de *Oithona* contribuíram com 66%. Observando-se as

diferentes amostras na figura 5, verifica-se o predomínio em toda área estuarina dos Cyclopoida, exceto nas estações 1 e 2 de outubro de 2011, durante a vazante (*Parvocalanus crassirostris*) e Estação 1 de novembro de 2011, na maré vazante (*Acartia lilljeborgi*). Na área costeira ocorreu uma alternância entre Calanoida e Cyclopoida, com tendência a maior abundância relativa de Calanoida. Nas duas áreas estudadas Harpacticoida e Poecilostomatoida foram pouquíssimos abundantes.

A densidade total dos Copepoda variou de 16,19 ind.m⁻³ (Estação 1, maré vazante, outubro/2011) a 215.592 ind.m⁻³ (Estação 2, maré enchente, dezembro/2011) (Figura 6), com média geral de 19.188± 40.183 ind.m⁻³.

Os copepoditos (representados por formas juvenis e adultas) apresentaram densidade média de 20.013 ± 40.017 ind.m⁻³, com maior valor na Estação 2 (45.000 ind.m⁻³) e a menor densidade registrada na E3 (9.275 ind.m⁻³). Entre as estações de coleta não houve variação significativa (Kruskal–Wallis; H = 4,788, p = 0,091).

A densidade média total dos nauplius de *Paracalanus*+*Oithona* foi de 12.477 ± 33.332 ind.m⁻³ tendo variado de 0 (Estação 3, maré enchente, novembro de 2011; Estações 3, 4 e 5, maré vazante, março/2015) a 210.849 ind. m⁻³ (Estação 2, maré enchente, dezembro/2011). Os nauplius de Oithonidae predominaram nas estações 1 (7,84 ind.m⁻³), 2 (31,77 ind.m⁻³) e 3 (4,71 ind.m⁻³), enquanto nas região da pluma o predomínio foi de Acartiidae (2,06 ind.m⁻³). Os nauplius Oithonidae, Paracalanidae, Temoridae e Pseudodiaptomidae ocorreram em todas as estações de coleta (Tabela 2).

A comunidade de Copepoda apresentou riqueza total de espécies igual a 20, com valor máximo e mínimo igual a 17 (E1) e 6 (E2), nas marés enchente e vazante, respectivamente. A riqueza apresentou diferença significativa entre maré vazante e enchente (Mann-Whitney; U = 1,00; p = 0,04). Nas Estações 1 e 2, houve o aumento da riqueza sendo reduzida nas estações da pluma, ambas durante o período seco.

A diversidade de espécies de Copepoda (Shannon) em geral foi muito baixa, com apenas um valor pontual mais elevado. Variou de 0 (Estação 3, maré vazante, junho/2012) a 3,35 bits.ind⁻¹ (Estação 1, maré enchente, outubro/2011) (Figura 7) com média geral de 0,99± 0,63 bits.ind⁻¹. Não houve diferença significativa entre as estações de coleta (Kruskal–Wallis; H = 3,858; p = 0,277). A equitabilidade variou de 0 (Estação 3, maré vazante, junho/2012) a 0,79

(Estação 1, maré enchente, outubro/2011), com média geral de $0,23 \pm 0,15$. Estes baixos valores denotam a dominância de alguns táxons, como *O. oswaldocruzi* (48,29% de abundância relativa total) e *O. hebes* (27,15%). A equitabilidade não apresentou diferença significativa entre as estações estudadas (Kruskal–Wallis; $H = 3,883$, $p = 0,274$).

A associação das amostras evidenciou 3 grandes grupos (análise cofenética $>0,8$). O primeiro grupo apresentou tendência de associar estações estuarinas e costeiras da maré vazante de outubro/2011 e março/2014. O Grupo 2, caracterizou-se por associar estações do estuário e costeiras, maioria da maré enchente do período chuvoso. O Grupo 3 uniu a maioria das estações estuarinas e costeiras da maré vazante do período seco (Figura 8).

A análise de similaridade dos Copepoda evidenciou quatro grupos (análise cofenética $>0,8$). O Grupo 1 reuniu as espécies de Paracalanidae costeiras que variaram de pouco frequentes a frequentes. O Grupo 2 associou as espécies estuarinas dominantes e muito frequentes. O Grupo 3 associou duas espécies que podem ocorrer tanto no estuário como na área costeira, sendo uma pouco frequente e a outra rara. O Grupo 4 reuniu duas espécies costeiras, sendo uma pouco frequente e outra rara (Figura 9). Por ser a área estuarina e sua pluma sujeita a grandes oscilações nas diferentes marés, muitas das amostras e espécies tendem a se misturar, evidenciando os dendrogramas, apenas tendências gerais.

3.3. Comunidade dos Copepoda e variáveis abióticas

Na análise das relações bióticas *versus* abiótica, apenas três espécies se correlacionaram significativamente com alguns parâmetros abióticos. *Apocyclops procerus* (Herbst, 1955) teve correlação negativa com a salinidade (Spearman; $r_s = -0,60$; $p = 0,0005$) e pH (Spearman; $r_s = -0,37$; $p = 0,02$) e *O. hebes* com a transparência (Spearman; $r_s = -0,32$; $p = 0,02$). *Parvocalanus crassirostris* (F. Dahl, 1894) apresentou correlação positiva com a salinidade (Spearman; $r_s = 0,36$; $p = 0,04$).

A análise dos componentes principais mostrou que os três primeiros fatores explicaram 50,62% da variação dos dados, sendo que o Componente 1 explicou 21,82%, o Componente 2 explicou 15,53% e o terceiro 13,26%. A projeção bi-dimensional dos componentes 1 e 2 (Figura 10) mostram que as maiores salinidades e a transparência (fluxo marinho) foram condicionantes da comunidade, estando os nauplius de *Oithona*, *Oithona hebes* e *O. oculata* correlacionados diretamente com estes parâmetros (Figura 10, A). Todos estes, estiveram

inversamente correlacionados com a temperatura, DBO, *O. oswaldocruzi* e *Apocyclops procerus* (Figura 10, B). Os nauplius de *Paracalanus*, *Parvocalanus crassirostris* e *Euterpina acutifrons* estiveram correlacionados positivamente com o oxigênio dissolvido (Figura 10, C).

3.4. Análises IndVal

Foram consideradas indicadoras ambientais: Nauplius de Oithonidae (IndVal = 90,5%; $p = 0,0002$) como indicativo da presença de massas de água salgada; *Apocyclops procerus* (IndVal = 86,2%; $p = 0,010$), indicando a influência limnética no ambiente; *Acartia lilljeborgi* (IndVal = 77,3%; $p = 0,005$) e *Paracalanus aculeatus* (IndVal = 63,3%; $p = 0,030$), relacionadas a condição polihalina e *Oithona nana* (IndVal = 64,5%; $p = 0,015$) indicativa do maior fluxo marinho no ambiente.

4. Discussão

O ecossistema estuarino da Bacia do Pina e área costeira sob influência de sua pluma sofreu de forma significativa os efeitos da sazonalidade, quando os Copepoda se distribuíram diferentemente diante das oscilações ambientais causadas pelas chuvas. Durante o período seco, a redução dos índices pluviométricos, aumento da salinidade e maior influência do fluxo marinho, principalmente nas proximidades da desembocadura, favoreceu a maior densidade de Copepoda no estuário, principalmente durante as marés enchentes. Copepoda colaborou com aproximadamente 70% da abundância total do zooplâncton, caracterizando-se como componente essencial da teia trófica estuarina (Rakhesh et al., 2013). Estes resultados corroboram com estudos anteriormente realizados neste ambiente (Eskinazi-Sant'Anna e Tundisi, 1996; Oliveira et al., 2009; Guenther et al., 2015b) e em outros estuários brasileiros (Palma et al., 2013; Salvador & Bersano, 2017). Durante o período chuvoso o maior aporte de águas doces reduziu a salinidade na Bacia do Pina e favoreceu uma maior densidade de espécies de copépodes na pluma estuarina. Este fato, foi também constatado por Schlacher et al. (2008) ao estudar a influência límnic sobre o plâncton na pluma de um estuário tropical, onde houve um aumento significativo de espécies estuarinas eurialinas na área costeira.

Dentre os Copepoda foram dominantes as famílias Paracalanidae e Oithonidae, fato comum a áreas estuarinas do Brasil (Neumann-Leitão, 1994/1995). Dentre os Paracalanidae, o gênero *Paracalanus* é conhecido por contribuir muito para assembleias de Copepoda nas águas tropicais da plataforma (Mckinnon e Duggan, 2001) e *Oithona* tem sido descrito como

o Copepoda mais ubíquo e abundante nos oceanos do mundo (Gallienne e Robins, 2001). A maior predominância numérica de Oithonidae foi no interior do estuário, enquanto de Paracalanidae na foz e pluma estuarina.

Ao longo do estuário as espécies de Oithonidade *O. oswaldocruzi* e *O. hebes* foram as mais abundantes (considerando a parcela de copepoditos), predominando em condições polihalina – euhalina. Elevadas densidades dessas espécies foram observadas por Eskinazi-Sant’Anna e Tundisi (1996) e Guenther et al. (2015b) neste mesmo estuário, e por Souza Junior et al. (2013) em estuário amazônico com forte influência limnética. Os nauplius (representados em maior número pela família Oithonidae) foram responsáveis pela maior contribuição dos Copepoda na Bacia do Pina e a ocorrência das altas densidades coincidiu com a maior abundância de copepoditos das espécies dominantes (*O. hebes*, *O. oswaldocruzi*), principalmente no final do período chuvoso.

Essas maiores densidades podem estar relacionadas a redução da salinidade e maior aporte de nutrientes favorecendo a produção primária no ambiente (Andrade et al., 2016). O fitoplâncton é importante componente alimentar do pico e nanoplâncton ($< 20 \mu\text{m}$), e, por conseguinte, nauplius de Oithonidae são fortes consumidores desses itens alimentares (Böttjer et al., 2010). Guenther et al. (2015a) conferiram o acúmulo de microplâncton no final do período chuvoso e associou a presença do zooplâncton à dinâmica fitoplanctônica nesse estuário. Outra espécie de Oithonidade, a *Oithona nana*, ocorreu mais na área nerítica marinha e teve sua ocorrência relacionada às águas mais transparentes, fato registrado durante o período seco no ponto de maior influência marinha (E3) e na pluma.

Pequenos Copepoda da família Oithonidae estão entre os grupos dominantes e produtivos de zooplâncton que ocorrem em águas marinhas e estuarinas do globo (Turner, 2004), devido ao seu ciclo de vida curto e altas taxas reprodutivas (Gallienne & Robins, 2001). Algumas espécies de Oithonidae apresentam características morfológicas e metabólicas que possibilitam a sua adaptação a ambientes oligotróficos e eutróficos (Almeda et al., 2010), sendo associados a ambientes onde o processo de eutrofização permite a proliferação de microorganismos que servem de alimento para os ciclopóides, como diatomáceas e flagelados (Ara, 2004). Com isto, os Oithonidae podem ser considerados bons indicadores de sistemas marinhos antropizados (Serranito et al., 2016). Ecologicamente, eles também podem funcionar como fontes de presas importantes para os estágios larvais de algumas espécies chave da pesca (Viñas & Ramírez, 1996), ou inversamente como dissipadores de energia na

teia trófica de metazoários (Atkinson & Snýder, 1997). Eles são influenciados diretamente pelo fluxo de pelotas fecais que descem às profundidades nas zonas pelágicas (González & Smetacek, 1994), contribuem na regeneração de nutrientes ajudando na produção primária (Ara & Hiromi, 2009), e facilita interações tróficas complexas entre os protozoários e metazoários na teia trófica (Nakamura & Turner, 1997). Oithonidae difere de outras espécies de Calanoida suspensívoros mais estudados, por ser primariamente predador raptorial que usa sinais hidromecânicos para detectar e capturar presas móveis (Svensen & Kiørboe, 2000).

Dentre as espécies de Paracalanidae registradas na Bacia do Pina, *P. aculeatus* teve sua presença relacionada a regiões de salinidade relativamente mais baixas para essa espécie (entre 16 e 19) e baixo teor de oxigênio dissolvido, ocorrendo dentro do estuário durante a maré enchente, enquanto *P. indicus*, *P. nanus* e *P. quasimodo* foram pouco frequentes ou raros, característicos da região costeira. A intrusão dos Paracalanidae no ambiente estuarino ocorre através da entrada de massas de água costeiras, considerando que os espécimes dessa família são frequentemente encontrados em águas neríticas das regiões tropicais e subtropicais (Björnberg, 1963, 1981). Em estudos no estuário do rio Pie (Plum Island Ecosystems, Massachussets, EUA) predominou *Paracalanus aculeatus*, sendo a salinidade registrada variando entre 6,5 e 18,6 (Petr, 1983). Contudo, de acordo com Bowman (1971) *Paracalanus aculeatus* está associado a águas oceânicas, mas ocorre também em áreas neríticas. Esta dualidade levanta a questão sobre esta espécie, marinha ou estuarina? Para Cornils e Held (2014) a ampla distribuição de espécies de Copepoda do gênero *Paracalanus*, evidencia uma crescente especiação críptica e pseudo-críptica, sendo necessário reavaliar o status de complexos de espécies através de estudos moleculares e morfológicos para obter uma imagem mais clara sobre as espécies marinhas pelágicas como unidades evolutivas e suas distribuições.

Considerando o conjunto das espécies de Copepoda, observou-se que as espécies marinhas eurihalinas apresentaram grandes variações entre as estações de coleta, estando geralmente ausentes ou com densidade reduzida quando ocorreram condições oligohalinas. Esta condição de baixas salinidades caracterizou-se pela ocorrência de *P. crassirostris*, *A. lilljeborgi*, *T. turbinata* e *E. acutifrons*, encontradas principalmente nas estações mais internas. Fato similar foi registrado por Araujo et al. (2016) ao estudarem estuários do Rio de Janeiro. De acordo com Atique et al. (2017), a restrição a maiores densidades de algumas destas espécies, se deve a incapacidade desses organismos de se reproduzir em condições de

salinidades reduzidas. *P. crassirostris* foi a espécie mais frequente e numerosa dentre os Calanoida na Bacia do Pina, e junto com *A. lilljeborgi*, *T. turbinata* e *E. acutifrons* caracterizam as áreas estuarinas do Brasil (Björnberg, 1981).

Associada também a ambientes oligohalinos, ocorreu a espécie *A. procerus*, principalmente nas estações mais internas do estuário (E1 e E2), e, nas estações externas (pluma), durante o período de maior influência límnic. Guenther et al. (2015c), percebendo a numerosa presença de *A. procerus* na Bacia do Pina, avaliaram os aspectos alimentares e reprodutivos dessa espécie e constataram a sua alta adaptabilidade às variações ambientais, principalmente alterações da salinidade, não sendo afetados sua produção de ovos e ciclo de vida.

A riqueza de espécies apresentou-se reduzida influenciada pelo ciclo das marés, aumentando durante a maré enchente em todas as estações de coleta. Esse incremento na riqueza pode ser conferido pela maior influência marinha notadamente nas estações mais externas do estuário. Na estação da pluma, a riqueza manteve-se basicamente homogênea entre as marés vazante e enchente. A entrada de massas oceânicas favorece o aumento da riqueza de espécies, especificamente nas estações mais próximas à desembocadura (Campos et al., 2017).

O estuário apresentou baixa diversidade sendo os valores mais elevados encontrados no período chuvoso. A baixa equitabilidade indicou o predomínio de poucas espécies (r-estategistas) no ambiente estudado, como *O. hebes* e *O. oswaldocruzi*. Em estudos anteriores nesse estuário, Eskinazi-Sant'Anna e Tundisi (1996) obtiveram resultados semelhantes, enquanto Oliveira et al. (2009) também registraram altas densidades de poucas espécies e uma maior diversidade durante os meses chuvosos, porém com distribuição homogênea ao longo do estuário, divergindo, assim, da presente pesquisa.

Oithona oswaldocruzi e *Oithona hebes* em todas as fases do ciclo de vida, principalmente naupliar, foram chave para este estuário, indicativo de principal elo na teia trófica do estuário da Bacia do Pina. Estas espécies (inclusive na fase naupliar) são tolerantes a alta variabilidade de salinidade, tipicamente encontradas em estuários, tendo sua densidade alterada conforme a influência marinha e limnética (Boltovskoy, 1981; 1999; Souza Junior et al., 2013; Atique et al., 2017). Além disso, adaptam-se bem a ambientes hiper-eutrofizados (Turner, 2004; Serranito et al., 2016). Björnberg (1963) afirma que *O. oswaldocruzi* e *O.*

hebes são frequentemente encontradas em associação. Neste estudo foi verificada esta associação, sendo também observada por Neumann-Leitão et al. (1996) na área de Suape e por Porto Neto et al. (2000) em sistema recifal de Tamandaré - PE sob influência de pluma estuarina.

Por tudo que foi observado, conclui-se que os Copepoda da porção estuarina estudada revelaram a importância das espécies de pequenos tamanhos na participação da teia trófica desse ambiente, principalmente da fase naupliar. Esta maior contribuição dos nauplius na assembleia dos Copepoda, notadamente da família Oithonidae, mostra a relevância desse grupo na cadeia alimentar do estuário, tanto como forrageadores de microorganismos abundantes em águas eutróficas ricas em matéria orgânica particulada e dissolvida, como sendo alimento primordial para larvas de diversas espécies de peixes e outros organismos planctívoros (Turner, 2004). A dominância de espécies r-estrategistas, como os componentes da família Oithonidae, pode denotar o contínuo aumento da eutrofização desse ambiente. Este desequilíbrio pode causar perda de biodiversidade, o que já se observou no estuário e em todo o sistema costeiro adjacente. Apesar de ser um ambiente naturalmente rico em nutrientes e pela dificuldade em se constatar o real status com relação a qualidade da água e condições ecológicas, é imprescindível implantar um monitoramento considerando os Copepoda de menor porte, como potenciais indicadores de distúrbios nesse importante ecossistema, facilitando o gerenciamento apropriado dos seus recursos naturais.

5. Agradecimentos

Ao Departamento de Oceanografia da UFPE e ao Projeto CARECOS (FACEPE-APQ-0074-1.08/11) por disponibilizar as amostras estudadas. Ao Laboratório de Plâncton da UFRPE pelo apoio laboratorial nas análises das amostras. A primeira autora agradece à FACEPE pela Bolsa de Mestrado (IBPG-0986-2.05/15).

6. Referências

Almeda, A., Augustin, C. B., Alcaraz, M., A. Calbet & E. Saiz, 2010. Zooplankton eat what they need: copepod selective feeding and potential consequences for marine systems. *Oikos*, 125: 50-58.

Andrade, M. P., Magalhães, A., Pereira, L. C. C., Flores-Montes, M. J., Pardal, E. C., T. P. Andrade & R. M. COSTA, 2016. Effects of a La Niña event on hydrological patterns and

copepod community structure in a shallow tropical estuary (Taperaçu, Northern Brazil). *Journal of Marine Systems*, 164: 128-143.

APHA. 1985. Standart methods for the examination of water and a waster. 16. ed. New York.

Ara, K., 2004. Temporal Variability and Production of the Planktonic Copepod Community in the Cananéia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brazil. *Zoological Studies*, 43: 179-186.

Ara, K. & J. Hiromi, 2009. Seasonal Variability in Plankton Food Web Structure and Trophodynamics in the Neritic Area of Sagami Bay, Japan. *Journal of Oceanography*, 65: 757-779.

Araujo, A. V., Dias, C. O. & S. L. C. BONECKER, 2016. Differences in the structure of copepod assemblages in four tropical estuaries: Importance of pollution and the estuary hydrodynamics. *Marine Pollution Bulletin*.

Araujo, A. V., Dias, C. O. & S. L. C. BONECKER, 2017. Effects of environmental and water quality parameters on the functioning of copepod assemblages in tropical estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 194: 150-161.

Atkinson, A. & R. Snýder, 1997. Krill-copepod interactions at South Georgia, Antarctica, I. Omnivory by *Euphausia superba*. *Marine Ecology Progress Series*, 160: 63-76.

Atique, P., Costa, K. G., Monteiro, M. C., Pereira, L. C. C. & R. M. Costa, 2017. Copepod assemblages in a highly dynamic equatorial estuary on the Brazilian Amazon Coast. *Marine Ecology*. 38.

Björnberg, T. K. S. 1963. On the free-living Copepods of Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 15: 361-373.

Björnberg, T. K. S. 1981. Copepoda. In: Boltovoskoy, D. (ed), *Atlas del zooplancton del Atlantico Sudoccidental y métodos de trabajos com el zooplancton marino*. INIDEP, Mar del Plata: 587-679.

Björnberg, T. K. S., Lopes, R. M. & M. H. G. C. Björnberg, 1994. Chave para identificação de náuplios de copépodes planctônicos marinhos do Atlântico Sul-Occidental. *Nauplius*, 2: 1-16.

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlantico Sudoccidental y métodos de com el zooplancton marino. Mar del Plata: INIDEP.

Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic zooplankton Backhuys Publishers, Leiden.

Böttjer, D., Morales, C. E. & U. Bathmann, 2010. Trophic role of small cyclopoid copepod nauplii in the microbial food web: a case study in the coastal upwelling system off central Chile. *Marine Biology*, 157: 689-705.

Bowman, T. E. 1971. The distribution of calanoid copepods off the southeastern United States between Cape Hatteras and southern Florida. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 96: 1-58.

Calbet, A., Garrido. S., Saiz, E., Alcaraz, M. & C. M. Duarte, 2001. Annul zooplankton succesion in coastal NW Mediterranean waters: the importance of de smaller size fractions. *Journal of Plankton Research*, 23: 319-331.

Campos, C. C., Garcia, T. M., Neumann-Leitão, S. & M.O. Soares, 2017. Ecological indicators and functional groups of copepod assemblages. *Ecological Indicators*, 83: 416-426.

Cloern, J. E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress*, 210: 223-253.

Cloern, J.E., Foster, S.Q. & A.E. Kleckner, 2014. Phytoplankton primary production in the world's estuarine-coastal ecosystems. *Biogeosciences*, 11: 2477-2501.

Cornils, A. & C. Held, 2014. Evidence of cryptic and pseudocryptic speciation in the *Paracalanus parvus* species complex (Crustacea, Copepoda, Calanoida). *Frontiers in Zoology*, 11: 19.

Dias, C. O., Araujo, A.V., Vianna, S.C., Loureiro Fernandes, L.F., Paranhos, R., Suzuki, M.S. & S.L.C. BONECKER, 2014. Spatial and temporal changes in biomass, production and assemblage structure of mesozooplanktonic copepods in the tropical south-west Atlantic Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95: 483-496.

Dufrêne, M. & P. Legendre, 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-366.

Eskinazi-Sant'Anna, E. M. & J. G. Tundisi, 1996. Zooplâncton do estuário do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil): composição e distribuição temporal. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 44: 23-33.

Feitosa, F.A.N., Silva-Cunha, M.G.G., Passavante, J.Z.O., Neumann Leitão, S. & I.C. LINS, 1999. Estrutura do microfitoplâncton no sistema estuarino do rio Goiania, Pernambuco, Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 27: 15-25.

Galliene, C. P. & D. B. Robins, 2001. Is *Oithona* the most importante copepod in the world's oceans? *Journal of Plankton Research*, 33: 1421-1432.

Gonzalez, H. E. & V. Smetacek, 1994. The possible role of the cyclopoid copepod *Oithona* in retarding vertical flux of zooplankton faecal material. *Marine Ecology Progress Series*, 113: 233-246.

Guenther, M., Araújo, M., Flores-Montes, M., Gonzalez-Rodrigues, E. & S. Neumann-Leitão, 2015 a. Eutrophication effects on phytoplankton size-fractioned biomass and production at a tropical estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 91: 537-547.

Guenther, M., Royer, S., Campos, D. de O. & S. Neumann-Leitão, 2015b. Spatial variation of the plankton community over a short-term survey at a tropical hypereutrophic estuary. *Arquivos de Ciência do Mar*, 48: 39-48.

Guenther, M., Durst, R., Felismino, W. S., Pessoa, V. T. & S. Neumann-Leitão, 2015c. Feeding ecology of *Apocyclops procerus* (Copepoda, Cyclopoida) under experimental conditions. *Crustaceana*, 88: 283-297.

Magalhães, A., Pereira, L. C. C. & R. M. C. Costa, Relationships between copepod community structure, rainfall regimes, and hydrological variables in a tropical mangrove estuary (Amazon coast, Brazil). *Helgoland Marine Research*, 69: 13-136.

Magris, R. A., Pereira, J. B. & L. F. L. Fernandes, 2011. Interannual variability in tropical estuarine copepod assemblages off northeastern Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 31: 260-269.

- Mckinnon, A. D. & S. Duggan, 2001. Summer egg production rates of paracalanoid copepods in subtropical waters adjacent to Australia's NorthWest Cape. *Hydrobiologia*, 453/454: 121-132.
- Melo Júnior, M., Paranaguá, M.N., Schwamborn, R., Neumann-Leitão, S. & W. Ekau, 2007. Fluxes of zooplankton biomass between a tidal estuary and the sea in northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 55: 239-249.
- Miyashita, L. K., Melo Júnior, M. & R. M. Lopes, 2009. Estuarine and oceanic influences on copepod abundance and production of a subtropical coastal area. *Journal of Plankton Research*, 31: 815-826.
- Meunier, C. L., Boersma, M., Wiltshire, K. H. & A. M. Malzahn, 2016. Zooplankton eat what they need: copepod selective feeding and potential consequences for marine systems. *Oikos*, 125: 50-58.
- Nakamura, Y. & J. T. Turner, 1997. Predation and respiration by the small cyclopoid copepod *Oithona similis*: how important is feeding on ciliates and heterotrophic flagellates? *Journal of Plankton Research* 19: 1275-1288.
- Neumann-Leitão, S. 1994/1995. Resenha literária sobre zooplâncton estuarino no Brasil. *Trabalhos Oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco*, 23: 25-53.
- Neumann-Leitão, S., Gusmão, L. M. O., Nascimento Vieira, D. A. & J. D. Nogueira-Paranhos, 1996. Variação diurna do zooplâncton no estuário do rio Ipojuca - Pernambuco - Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 24: 103 – 134.
- Neumann Leitão, S., Souza, M. R. M., Porto Neto, F. F., Moura, M. C. O., Silva, A. P. & L. M. O. Gusmão, 1999. Zooplâncton do estuário do Rio São Francisco, Nordeste do Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 27: 33-54.
- Oliveira, G. C., Gusmão, L. M. O., Silva, T. A. & S. Neumann-Leitão, 2009. Variação tidal e temporal do microzooplâncton em um estuário tropical. In: IX Congresso de ecologia do Brasil. São Lourenço, 13-17.

Palma M. B., Costa, K. G., Magalhães, A., Flores Montes, M. J., Pereira, L. C. C. & R.M. Costa, (2013) Zooplankton spatial and temporal distribution in an equatorial estuary (Amazon littoral, Brazil). *Journal of Coastal Research*, 65: 1182-1187.

Pielou, E.C. 1977. *Mathematical ecology*. New York, NY, USA.

Porto Neto, F. F., Neumann-Leitão, S., Nascimento-Vieira, D. A., Silva, T. A., Silva, A. P. & M. C. O. MOURA, 2000. Zooplâncton recifal de Tamandaré – PE (Brasil) e a influência dos manguezais na sua biodiversidade e biomassa. In: MANGROVE 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas. Recife: 2000. UFPE, ISME.

Petr, R. 1983. The Purari tropical environment of a high rainfall river basin. The Hague: Kluwer Academic Publishers (*Monographiae Biologicae*), 51: 623p.

Rakhes, M., Raman, A.V., Ganesh, T., Chandramohan, P. & F. Dehairs, 2013. Small copepods structuring mesozooplankton community dynamics in a tropical estuary-coastal system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 126: 7-22.

Salvador, B. & J. G. F Bersano, 2017. Zooplankton variability in the subtropical estuarine system of Paranaguá Bay, Brazil, in 2012 and 2013. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 199: 1-13.

Santiago, M. F., Silva-Cunha, M. G. G., Neumann-Leitão, S., Costa, K.M.P., Palmeira, G. C. B., Porto Neto, F. F. & F. S. Nunes, 2010. Phytoplankton dynamics in a highly eutrophic estuary in tropical Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58: 189 – 205.

Schettini, C. A. F., Miranda, J. B., Valle-Levinson, A., Truccolo, E. C. & E. C. Domingues, 2016. The circulation of the lower Capibaribe Estuary (Brazil) and its implications for the transport of scalars. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64: 263-276.

Schlacher, T. A., Skillington, A. J., Connolly, R. M., Robinson, W. & T. F. Gaston, 2008. Coupling between marine plankton and freshwater flow in the plumes off a small estuary. *International Review of Hydrobiology*, 93: 641 – 658.

Serranito, B., Aubert, A., Stemmann, L., Rossi, N. & J. L. Jamet, 2016. Proposition of indicators of anthropogenic pressure in the Bay of Toulon (Mediterranean Sea) based on zooplankton time-series. *Continental Shelf Research*, 121: 3-12.

- Shannon E. C. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27: 379-423.
- Souza Júnior, A. N., Magalhães, A., Pereira, L. C. C. & R. M. Costa, 2013. Zooplankton dynamics in a tropical Amazon estuary. Journal of Coastal Research, 65: 1230-1235.
- Strickland, J. D. H. & T. R. Parsons, 1972. A Practical handbook of seawater analysis. 2 ed. Bulletin Fisheries Research Board of Canada, 167, Ottawa, 207-211.
- Svensen, C. & T. Kiørboe, 2000. Remote prey detection in *Oithona similis*: hydromechanical versus chemical cues. Journal of Plankton Research, 22: 1155-1166.
- Thompson, G. A., Dinofrio, E. O. & V. A. Alder, 2013. Structure, abundance and biomass size spectra of copepods and other zooplankton communities in upper waters of the Southwestern Atlantic Ocean during summer. Journal of Plankton Research, 35: 610 – 629.
- Tundisi, J. G. 1970. O plâncton estuarino. Contribuições do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Série Oceanografia Biológica, 19: 1-22.
- Turner, J. T. 2004. The Importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. Zoological Studies, 43: 255-266.
- Viñas M. D. & F. C. Ramírez, 1996. Gut analysis of first-feeding anchovy larvae from Patagonian spawning area in relation to food availability. Archive of Fishery and Marine Research, 43: 231-256.

TABELAS

Tabela 1. Lista taxonômica dos Copepoda na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015.

Ordem Calanoida	Ordem Cyclopoida
Família Paracalanidae	Família Oithonidae
<i>Paracalanus aculeatus</i> Giesbrecht, 1888	<i>Oithona hebes</i> Giesbrecht, 1891
<i>Paracalanus indicus</i> Wolfenden, 1905	<i>Oithona nana</i> Giesbrecht, 1892
<i>Paracalanus nanus</i> (G. O. Sars, 1907)	<i>Oithona oculata</i> Farran, 1913
<i>Paracalanus quasimodo</i> Bowman, 1971	<i>Oithona oswaldocruzi</i> Oliveira, 1945
<i>Parvocalanus crassirostris</i> (F. Dahl, 1894)	Família Cyclopidae
Família Centropagidae	<i>Apocyclops procerus</i> (Marsh, 1913)
<i>Centropages velificatus</i> (Oliveira, 1947)	Ordem Harpacticoida
Família Pseudodiaptomidae	Família Euterpinae
<i>Pseudodiaptomus marshi</i> Wright, 1936	<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1849)
<i>Pseudodiaptomus richardi</i> (Dahl, 1894)	Família Longipediidae
Família Temoridae	<i>Longipedia</i> spp.
<i>Temora turbinata</i> (Dana, 1894)	Ordem Poecilostomatoida
Família Pontellidae	Família Oncaeidae
<i>Labidocera fluviatilis</i> Dahl F., 1894	<i>Oncaea media</i> Giesbrecht, 1981
Família Acartiidae	Família Corycaidae
<i>Acartia lilljeborgii</i> Giesbrecht, 1889	<i>Corycaeus</i> spp.

Tabela 2. Densidade média (ind.m⁻³) e frequência de ocorrência (%) das famílias dos nauplius de Copepoda na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015.. Dominante (*****), Muito frequente (****), frequente (***), pouco frequente (**), raro (*), e ausente (-).

	E1		E2		E3		E4	
	Ind.m ⁻³	F	Ind.m ⁻³	F	Ind.m ⁻³	F	Ind.m ⁻³	F
Paracalanidae	2,41	***	0,17	***	0,39	***	1,90	*****
Centropagidae	-	-	-	-	-	-	0,02	*
Pseudodiaptomidae	0,21	*	0,01	*	0,08	**	0,13	***
Temoridae	0,002	*	0,07	**	0,02	***	0,12	***
Pontellidae	-	-	0,01	*	0,004	*	0,03	***
Acartiidae	-	-	0,06	**	0,02	*	2,06	*****
Oithonidae	7,87	*****	31,77	*****	4,71	*****	1,72	*****
Cyclopidae	0,06	*	-	-	0,19	*	-	-
Euterpinae	-	-	0,04	**	0,11	**	0,14	**
Longipediidae	-	-	0,01	*	0,03	*	0,31	*****

FIGURAS

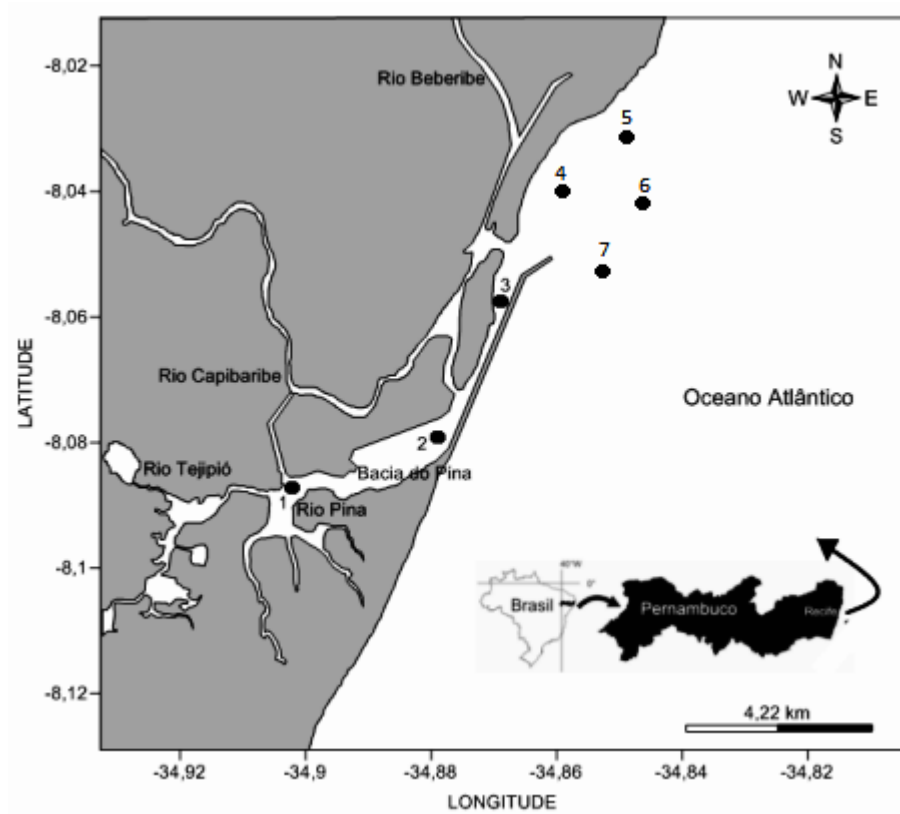


Fig. 1 Área estudada e estações de coleta (●) na Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015.

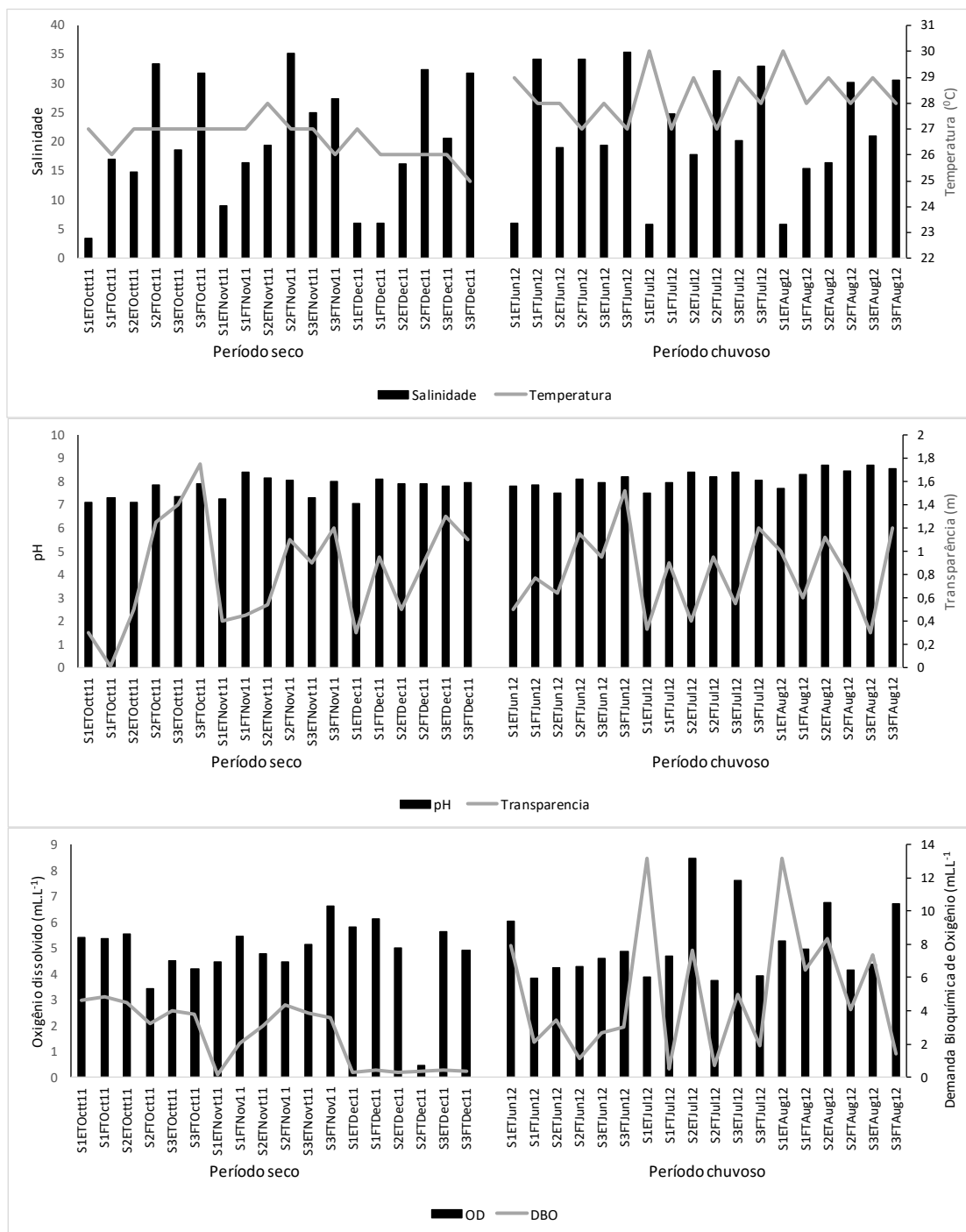


Fig. 2 Dados abióticos da área estuarina da Baía do Pina (Recife, PE, Brasil), em 2011 e 2012. S = Estação, ET = maré vazante, FT = maré enchente.

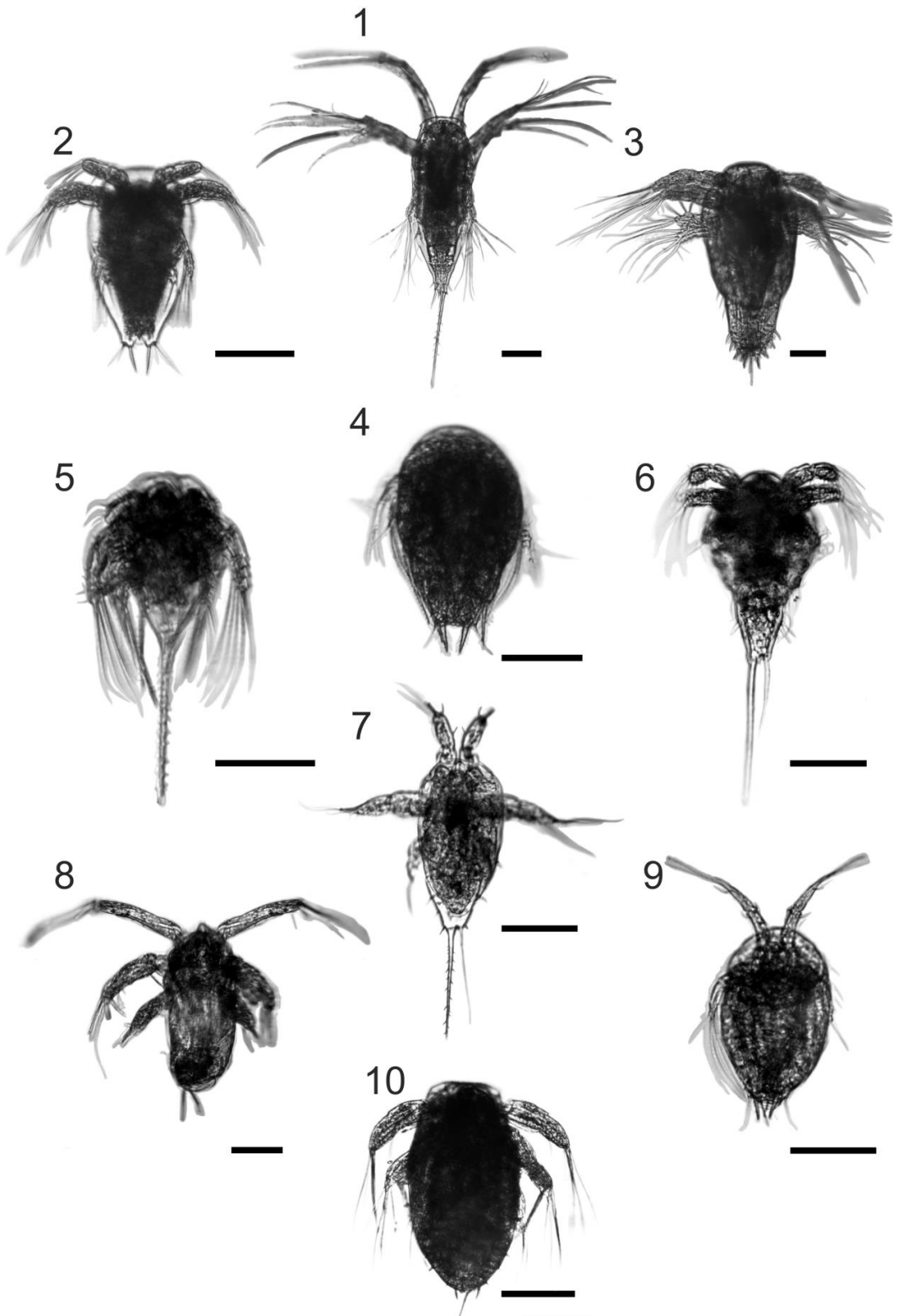


Fig. 3 Famílias de nauplius identificadas para a área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015. Cada traço corresponde a 100 μ m. 1.Pontellidae, 2.Cyclopidae, 3.Paracalanidae, 4.Euterpinae, 5.Longipediidae, 6.Temoridae, 7.Pseudodiaptomidae, 8.Centropagidae, 9.Oithonidae, 10.Acartiidae.

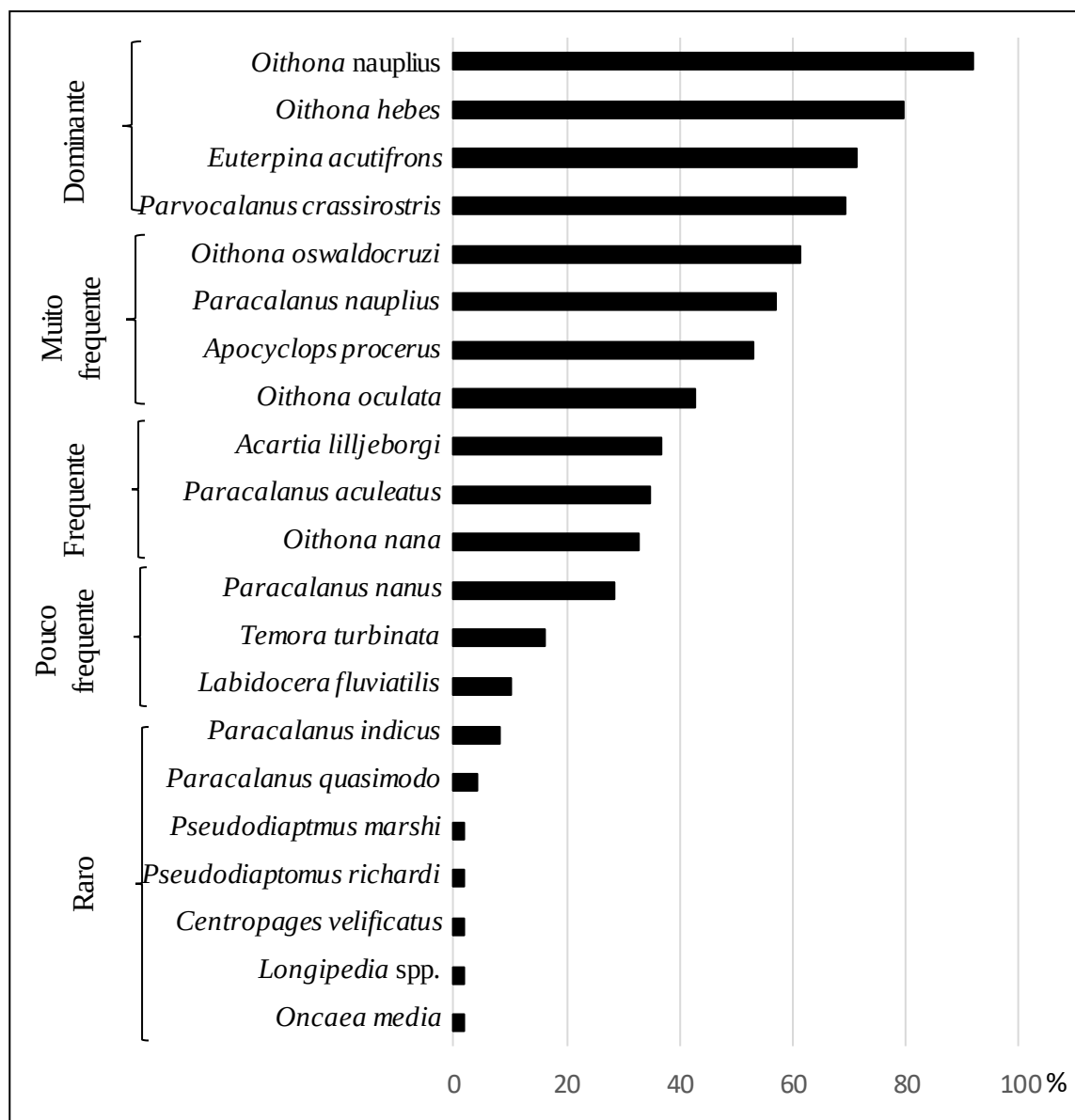


Fig. 4 Frequência de ocorrência dos Copepoda na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015.

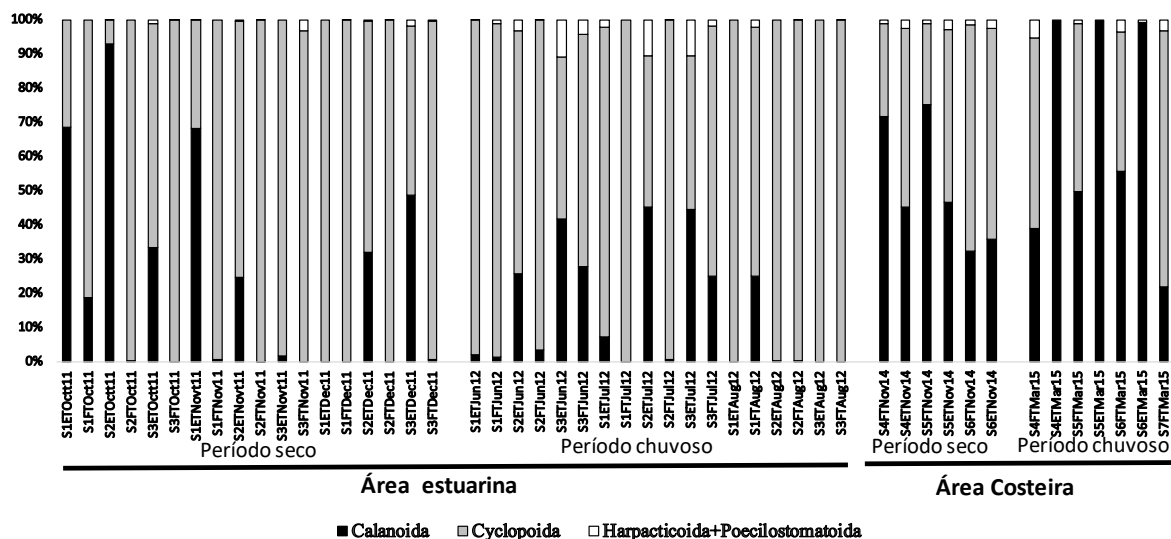


Fig. 5 Abundância relativa das ordens dos Copepoda na área estuarina da Baía do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015. S = Estação, ET = maré vazante, FT = maré enchente.

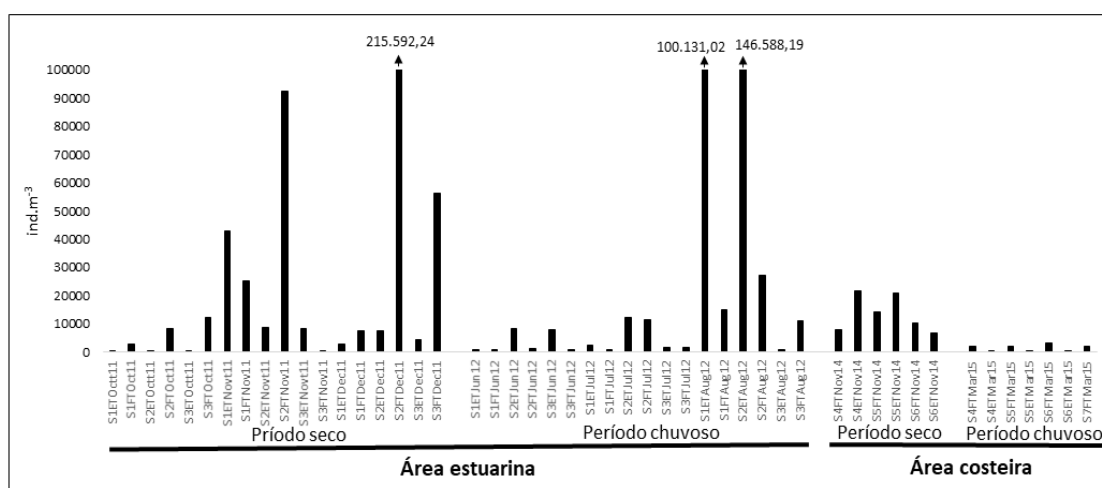


Fig. 6 Densidade total dos Copepoda na área estuarina da Baía do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015. S = Estação, ET = maré vazante, FT = maré enchente.

Fig. 7 Diversidade de espécies e equitabilidade dos copépodes na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015. S = Estação, ET = maré vazante, FT = maré enchente.

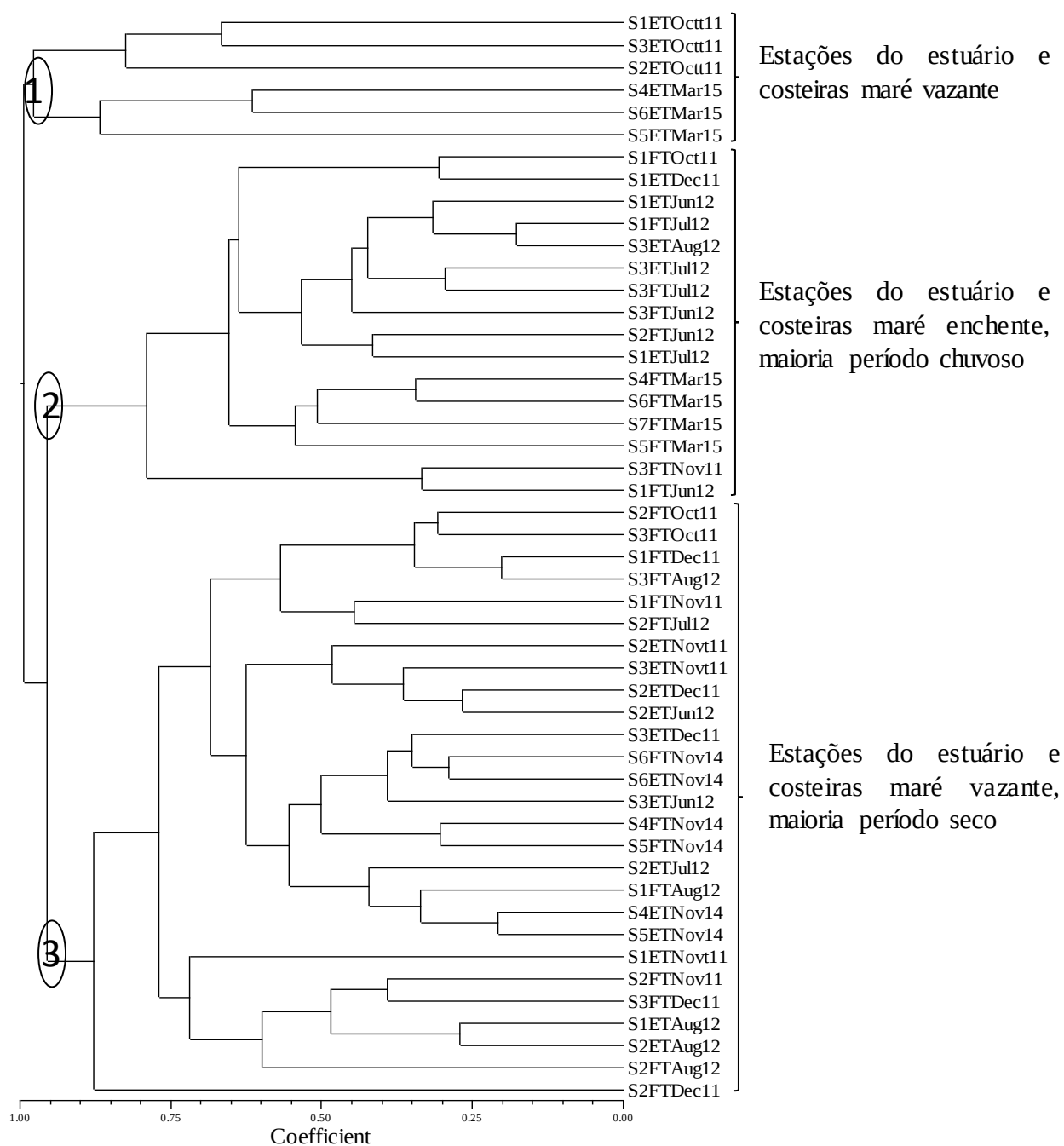


Fig. 8 Dendrograma das amostras dos copépodes na área estuarina da Baía do Pina (Recife, PE, Brasil) na área estuarina da Baía do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015. S = Estação, ET = maré vazante, FT = maré enchente.

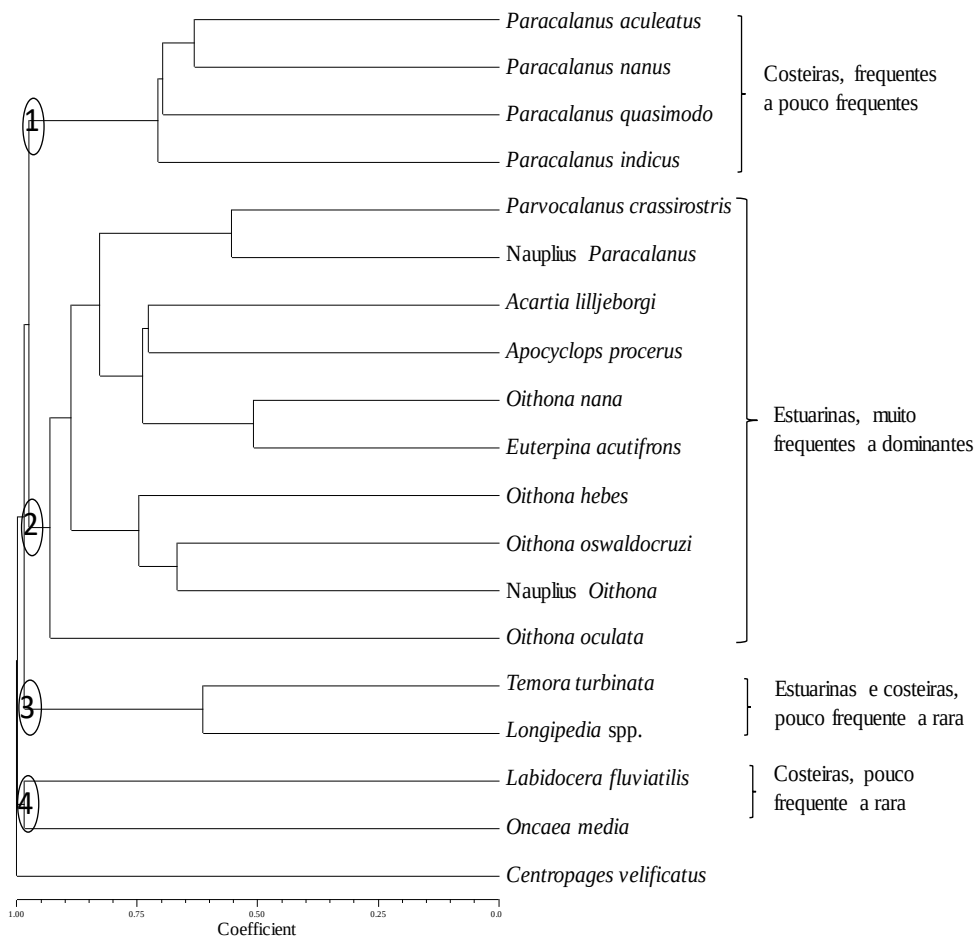


Fig. 9 Dendrograma das espécies de Copepoda na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015.

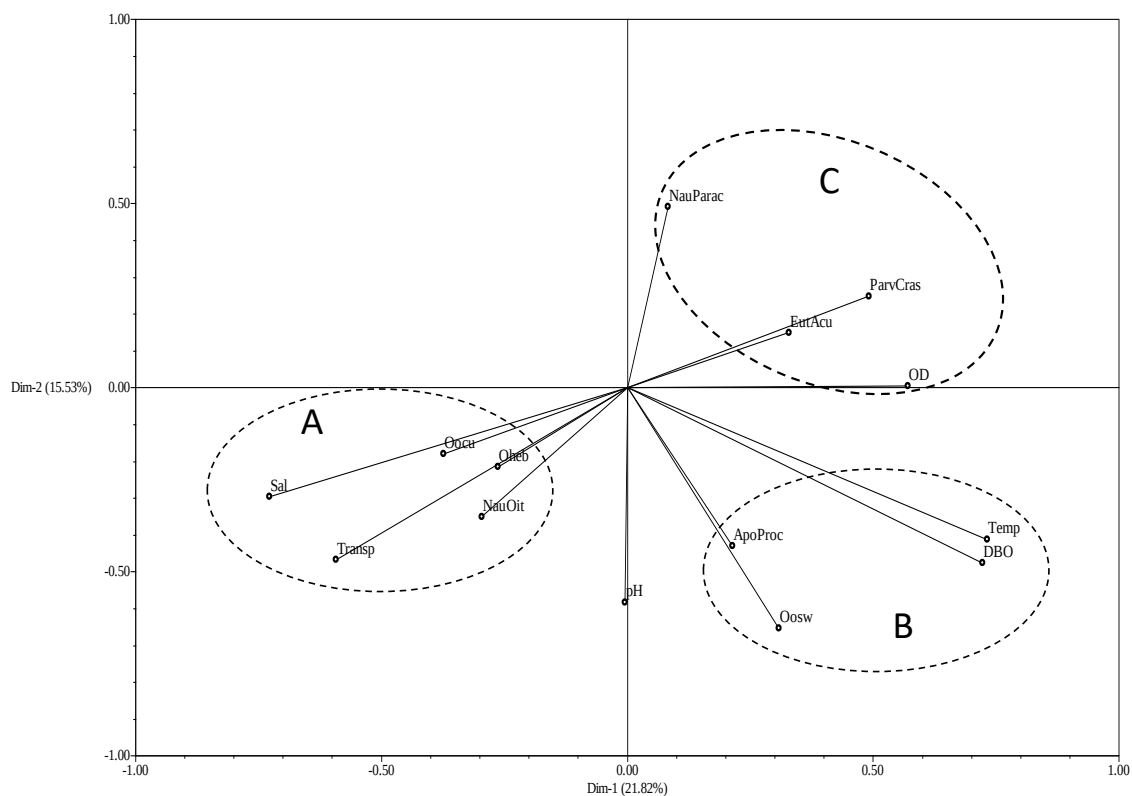


Fig. 10 Análise dos Componentes Principais com base na matriz de dados dos parâmetros ambientais versus Copepoda (>30%) na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012. Sal = salinidade, Temp = temperatura, Transp = transparência, OD = Oxigênio dissolvido, DBO = demanda bioquímica do oxigênio, Oocu = *Oithona oculata*, Oheb = *Oithona hebes*, Oosw = *Oithona oswaldocruzi*, EutAcu = *Euterpina acutifrons*, ParCras = *Parvocalanus crassirostris*, ApoProc = *Apocyclops procerus*.

3.3 - Artigo científico III

Artigo científico a ser encaminhado a Revista [Ecohydrology].

Todas as normas de redação e citação, doravante, atendem as estabelecidas pela referida revista, exceto o idioma.

Resposta do zooplâncton a estressores ambientais em um estuário tropical fortemente impactado

Resumo

Estuários são caracterizados pelas grandes oscilações hidrológicas através da mistura de águas de origem fluvial e marinha. Para verificar o comportamento dos componentes zooplancctônicos diante os fatores ambientais estressantes, foram realizadas amostragens de zooplâncton em 4 pontos distintos do sistema estuarino do Rio Capibaribe, durante marés vazantes e enchentes dos períodos seco e chuvoso de 2011 e 2012, aferindo os parâmetros abióticos in situ e através de análises laboratoriais para associar estes à ocorrência/ausência de espécies preditivas de certas condições ambientais. Copepoda (principalmente na fase naupliar) foi o táxon dominante perfazendo cerca de 70% do total de grupos encontrados (19 táxons), seguido pelos Rotifera (~10% da abundância total do zooplâncton). As densidades do zooplâncton diminuíram ou aumentaram conforme as variações tidais e ciclo sazonal, em que as marés vazantes do período seco e as enchentes do período chuvoso apresentaram maiores densidades. Houve a tendência de diminuição da densidade da estação externa à interna, caracterizando a maior presença de organismo eurihalinos, tolerantes a amplas variações de salinidade. Nas estações que recebem maior influência da água salgada houve notável ocorrência de organismos zooplancctônicos marinhos e nas estações com influência dulcícola acentuada houve o incremento de espécies com preferência oligohalina. A salinidade é a principal condicionante na distribuição dos organismos no ambiente. A ocorrência de espécies indicadoras de condição de eutrofização por nutrientes orgânicos é indício da qualidade ambiental reduzida. No entanto, a comunidade zooplancctônica mostrou-se resistente diante os estressores ambientais tendo a influência da hidrodinâmica papel relevante nessa condição de resiliência.

Palavras-chave: Zooplâncton, fatores ambientais, resistência, estuário eutrófico

Introdução

Os ecossistemas podem sofrer distúrbios capazes de modificar sua funcionalidade e estrutura (LAKE, 2013) e, em resposta, o ambiente e seus organismos podem manter-se estáveis ajustando-se aos diversos estressores, conservando as relações entre as populações; ou, podem se desestruturar levando a mudanças funcionais, descaracterizando o ecossistema (HOLLING, 1973). Essa persistência, ou a não persistência dos sistemas, é conhecida como resiliência alta ou baixa, respectivamente, e tem sido abordada em vários estudos ecológicos de ambientes aquáticos (e.g., KOZLOWSKY-SUZUKI e BOZELLI, 2004; ELLIOTT e QUINTINO, 2007; GINATULLINA et al., 2017).

Nos ecossistemas estuarinos, os estressores naturais decorrem da interação do fluxo de água doce e fluxo tidal marinho, que levam a uma circulação complexa e padrões de mistura de variáveis físico-químicas (salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, nutrientes etc.) e recursos biológicos (BORTONE, 2005; MELO JÚNIOR et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009). Associadas a esta complexa dinâmica ambiental, soma-se as atividades humanas que frequentemente são fontes predominantes de estresse, impactos e mudanças, principalmente sobre as comunidades biológicas (MCLUSKY e ELLIOTT, 2004; MANN e LAZIER, 2006; RESGALLA JUNIOR et al., 2008; ALMEIDA et al., 2012; CORDEIRO et al., 2014; PETUS et al., 2014). Essa interferência de múltiplos estressores nos estuários leva à sua eutrofização e a da zona costeira adjacente, representando os mesmos um grande desafio à determinação de seu *status*, suas tendências em relação à qualidade da água, habitats e condições ecológicas, bem como sua influência e impactos na zona costeira (BORTONE, 2005).

O processo de eutrofização decorrente dos altos níveis de nutrientes despejados causa um grande desequilíbrio entre a produção e o metabolismo da matéria orgânica, afetando todos os componentes da teia trófica, favorecendo as populações r-estrategistas (CLOERN, 2001; CLOERN et al., 2014). A composição da comunidade zooplanctônica, por exemplo, é amplamente utilizada para verificar a resiliência em ambientes sob tais perturbações (LEITE et al., 2014; SANTANGELO et al., 2014; VIEIRA et al., 2015), sendo seus componentes usados como bioindicadores em estudos relacionados à saúde ambiental (SERRANITO et al., 2016; LUCENA-MOYA e DUGGAN, 2017). A excelência do zooplâncton como indicador da qualidade ambiental, se deve ao seu curto ciclo de vida, alta sensibilidade a mudanças abióticas e bióticas no ambiente, sendo seu conhecimento relevante na compreensão dos processos dominantes em um ecossistema, principalmente naqueles impactados (VIEIRA et al., 2015; GUENTHER et al., 2015b).

Problemas ambientais dos ecossistemas estuarinos e costeiros devido ao crescimento industrial e a urbanização tem sido amplamente relatado (ALMEIDA et al., 2012; CORDEIRO et al., 2014), como também, evidências da influência da descarga fluvial na intensificação das atividades biológicas e manutenção dos estoques pesqueiros em estuários e zonas costeiras (MANN e LAZIER, 2006; RESGALLA JUNIOR et al, 2008; PETUS et al., 2014). As elevadas concentrações de nutrientes decorrentes desses dejetos causam a eutrofização dessas águas com consequente desequilíbrio entre a produção e o metabolismo da matéria orgânica, afetando todos os componentes da biodiversidade local, em que populações oportunistas se estabelecem em detrimento de outras (CLOERN, 2001; CLOERN et al, 2014).

Nesse contexto, destaca-se o complexo estuarino da Bacia do Pina, na cidade do Recife – PE, que tem apresentado nível elevado de eutrofização, recebendo nutrientes da intensa ação antrópica nas últimas décadas, pelas atividades agropecuárias, descarga de efluentes industriais e domésticos (COLLIER et al., 2015; SCHETTINI et al, 2016).

Há diversos estudos sobre a ecologia do zooplâncton nesse ambiente evidenciando a composição, distribuição espacial e as interações do zooplâncton com fatores abióticos (ESKINAZI-SANT'ANNA e TUNDISI, 1996; PARANAGUÁ et al, 2005; ARAUJO et al, 2008; OLIVEIRA et al, 2009; GUENTER et al, 2015b), porém nenhuma pesquisa integrada dados de comunidade à resiliência aos possíveis fatores estressantes do ambiente, bem como pouco se tem pesquisado sobre o zooplâncton de menor fração corporal.

Desta forma, esta pesquisa objetivou investigar a resposta do zooplâncton aos fatores ambientais estressantes, em pontos situados na parte interna do estuário Capibaribe e na região da pluma estuarina, através da densidade dos organismos microzooplancônicos e presença de indicadores. Partiu-se da hipótese de que os componentes da comunidade zooplanctônica estuarina apresentam respostas diferenciadas sob pressão de estressores ambientais naturais, em que algumas espécies podem ser associadas a esses agentes impactantes.

Material e Métodos

Área de estudo

O complexo estuarino da Bacia do Pina encontra-se numa região densamente povoada (Figura 1). A Bacia do Pina está situada após a bacia portuária do Porto do Recife, em plena zona urbana da cidade e é separada do Oceano Atlântico por meio de um dique, o qual impede

o contato direto de suas águas com as do mesmo. Possui uma extensão de aproximadamente 3,6 km e larguras variáveis, sendo a mínima de 0,26 km, e a máxima de 0,86 km, perfazendo uma área total de espelho d'água de aproximadamente 2,02 km² (GUENTHER et al., 2015 a).

É um ambiente dinâmico do ponto de vista hidrográfico com características estuarinas sujeitas à ação das marés provenientes do Porto do Recife e às alterações ambientais devido aos despejos de efluentes domésticos e industriais nos seus rios formadores (Tejipió, Pina, Jordão) e contribuinte (rio Capibaribe via braço morto e antiga ponte giratória). Durante o período seco, época mais crítica em termos ambientais, a contribuição das vazões dos rios fica minimizada relativamente à das águas do mar. As marés são semi-diurnas com faixas máximas de 2,3 m. O clima é tropical úmido tipo As' na escala de Köppen. A salinidade varia de 25 a 36, podendo alcançar valores inferiores (<8) dependendo da pluviometria e aportes fluviais. A temperatura da água varia entre 25°C (período chuvoso) e 31°C (período seco) (NORIEGA et al., 2013; GUENTHER et al., 2015 a).

Amostragem e Coleta de dados

As amostras de zooplâncton foram coletadas em 4 estações, sendo três situadas parte interna do estuário - Bacia do Pina (considerando os aportes fluviais) nos meses de outubro a dezembro de 2011 e junho a agosto de 2012, e uma estação na desembocadura (pluma estuarina), em novembro de 2014 e março de 2015 (Figura 1). Em todas as estações e períodos, as coletas foram realizadas durante as marés enchente e vazante, em maré de sizígia. Foram realizados arrastos subsuperficiais horizontais por 3 minutos, utilizando uma rede de plâncton cônica de náilon (0,3 m de diâmetro de boca) com 64 µm de abertura de malha. As amostras foram preservadas em formol a 4%, neutralizado com bórax (5g L⁻¹). Em laboratório, de cada amostra foram retiradas subamostras para a contagem e a identificação dos táxons zooplanctônicos, utilizando lâmina tipo Sedgwick-Rafter sob microscópio composto.

Dados abióticos foram obtidos simultaneamente às coletas do plâncton. Dados de salinidade e de oxigênio foram obtidos pelo método de Mhor-Knudsen e Winkler, respectivamente. Ambos os métodos descritos em Strickland & Parsons (1972). A temperatura foi aferida através de um termômetro comum (-10 a 60°C), e o pH por intermédio de um pH-metro Beckman Zeromatic II. A demanda bioquímica do oxigênio (DBO) foi calculada de acordo com a técnica descrita na APHA (1985). Para medir a transparência da

água foi utilizado um disco de Secchi de cor branca com 30 cm de diâmetro. Os dados pluviométricos foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Análise dos dados

Os dados foram inicialmente analisados descritivamente pelo teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov. Para comparar dados abióticos entre período sazonal e marés foi aplicado o Teste-t ; e o teste de Tukey entre variáveis ambientais e estações de coleta. Dados de temperatura e marés foram submetidos ao teste de Mann-Whitney, e entre estações de coleta ao teste Kruskal-Wallis (com o nível de 5% de significância). Para determinar a associação entre as variáveis abióticas foi utilizada a correlação de Spearmann. As densidades dos grupos zooplancônicos foram comparadas, considerando a sazonalidade, marés e pontos de coleta, através da análise de variância (ANOVA), seguida de um teste de Tukey.

A comparação da composição do zooplâncton foi feita com base na densidade entre as amostras pela análise de variância por permutação (PERMANOVA). A análise dos componentes principais (ACP) foi usada para testar quais variáveis contribuíram para a variação entre período sazonal e pontos de coleta. O IndVal (DUFRENE e LEGENDRE, 1997) foi utilizado para determinar as espécies indicadoras. Foi feita uma análise de agrupamento das amostras com base na matriz de densidade, utilizando-se o índice de Bray-Curtis. O método ligação do dendrograma foi o do peso proporcional. Nestas análises utilizou-se o Programa NTSYS PC versão 2.10t.

Resultados

Variáveis ambientais

A pluviometria variou de 34,6 mm (período seco) a 296,5 mm (período chuvoso), estando abaixo da média histórica para os meses estudados durante o período de coleta. A figura 2 apresenta os valores acumulados para cada mês amostrado no estuário da Bacia do Pina.

A tabela 1 apresenta as médias, além do mínimo e máximo de cada parâmetro abiótico. A temperatura da água apresentou variação de 25 a 30 °C (período seco e chuvoso). A menor salinidade (3,45) foi registrada na estação interna (E1) durante a maré vazante no período chuvoso, enquanto que o maior valor (35,49) foi registrado na estação externa (E3) na maré

enchente do período seco. O pH variou entre 7,05 e 8,72, sendo o menor na E1 na maré vazante (chuvoso) e o maior na E3 durante a vazante (seco). As concentrações de oxigênio dissolvido variaram de 0,46 (E1, vazante, chuvoso) a 8,46 (E2, vazante, seco). A DBO oscilou de 0,16 a 13,18 na E1, maré vazante, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente.

Estrutura da comunidade do zooplâncton

A comunidade zooplânctônica foi composta por 19 grandes grupos (Tabela 2). Copepoda e Rotifera foram os que mais se destacaram, seguidos por Cirripedia (nauplius) e Tintinnina (Figura 3).

A densidade total do zooplâncton variou de 127,89 ind.m⁻³ (Estação 3, enchente, outubro/2011) a 221.932,33 ind.m⁻³ (Estação 2, vazante, dezembro/2011), com média geral de 28.617,41± 41.821, 21 ind.m⁻³. Este maior valor decorreu do predomínio de Copepoda (nauplius e copepodito) que alcançaram 215.592, 24 ind.m⁻³. Este táxon apresentou a maior densidade total (985.353,12 ind.m⁻³) dentre os demais táxons (Figura 3). De uma forma geral, as marés vazantes do período seco e as enchentes do período chuvoso apresentaram maiores densidades. As densidades totais por estação, sazonalidade e maré podem ser observadas na Figura 4.

Em termos de frequência de ocorrência foram dominantes e muito frequentes Copepoda, Rotifera, Polychaeta (larva), Gastropoda (véliger), Cirripedia (nauplius) e Tintinnina. Foram frequentes Foraminifera, Radiolaria, Bivalvia (véliger) e Teleostei (ovos). Dentre os pouco frequentes ocorreram Appendicularia, Echinodermata (larva) e larva de Decapoda. Os demais taxa ocorreram com menos de 20% de frequência de ocorrência (Figura 5).

Quando se leva em consideração a abundância relativa total observa-se que Copepoda (fases naupliar e copepodito) foi dominante dentre toda comunidade com 70%, enquanto Rotifera contribuiu com 10% e os demais organismos do zooplâncton com 20% (Figura 6).

Quando se leva em conta as diferentes amostras Copepoda predominou na maioria, contudo Rotifera se destacou no período chuvoso, principalmente na porção interna estuarina. Outros táxons foram abundantes ultrapassando o Copepoda, como nauplius de Cirripedia e Tintinnina na ocorrência da maré vazante no período seco. As larvas de Polychaeta e organismos do Radiolaria foram abundantes no período chuvoso. Na área da pluma

Appendicularia e véligeres de Gastropoda dominaram na maré enchente do período chuvoso. (Figura 7).

Os Rotifera tiveram relação negativa com a salinidade ($p < 0,0001$; $r_s = - 0,72$) e transparência da água ($p < 0,0001$; $r_s = - 0,53$), porém foram correlacionados positivamente com o oxigênio dissolvido ($p = 0,03$; $r_s = 0,30$). Cirripedia teve relação positiva com o pH ($p = 0,03$; $r_s = 0,35$) Copepoda com a salinidade ($p = 0,04$; $r_s = 0,36$) e a transparência ($p = 0,02$; $r_s = - 0,32$).

A análise de espécies indicadoras (IndVal) demonstrou que Appendicularia (IV = 71%; $p = 0,01$) e Echinodermata (IV = 73%; $p = 0,01$) apresentaram relação à estação da pluma no período chuvoso, Copepoda (IV = 82%; $p = 0,03$) foi relacionada à E1 e E2, na enchente do período chuvoso, e a E2 na maré vazante do período seco (IV = 90%; $p = 0,0002$).

Análise dos Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais (ACP) indicou uma maior influência do fluxo limnético no estuário no período seco, quando o zooplâncton dominou em densidade sendo influenciado pela temperatura, DBO, OD e pH, enquanto que no período chuvoso, durante a maré enchente, foi registrado o maior fluxo marinho, onde a salinidade e a transparência influenciou diretamente a comunidade zooplanctônica (Figura 8).

Na pluma estuarina (área costeira) verificou-se a ocorrência de maior concentração de zooplâncton durante a maré vazante no período seco (Figura 9).

Discussão

Esse estudo mostrou que as assembleias do zooplâncton no estuário e na pluma mantiveram sua variabilidade espaço-temporal e densidades durante as flutuações ambientais, em que se aumentou o número de indivíduos de espécies que se favoreciam com a conformação das variáveis ambientais vigentes durante as mudanças intrínsecas do estuário, denotando a resiliência da comunidade estuarina (HOLLING, 1973; ARAUJO et al., 2017). Supõe-se que no ambiente estuarino as marés são condicionantes primordiais nesse processo através da circulação e renovação de água, realizando a dispersão e transporte de elementos químicos e material suspenso para fora do estuário (NORIEGA et al., 2013; SCHETTINI et

al., 2016), considerando que essa região do complexo estuarino acondiciona grande volume de dejetos oriundos dos rios que ali desagüam.

A comunidade do zooplâncton é constituída principalmente por taxas oligohalinas/mesohalinas, que toleram mudanças de salinidade, e embora tais mudanças não possam afetar seu metabolismo, motilidade e fecundidade, eles conseguem sobreviver, ou rapidamente restabelecem a população após um distúrbio.

Os estudos sobre a resiliência em estuários são escassos (e.g. LEITE et al., 2014; ARAUJO et al., 2017), sendo a maioria das pesquisas relacionadas a resiliência do zooplâncton feitas em lagos e lagoas costeiras e corpos límnicos, onde foram avaliadas as comunidades zooplanctônicas diante a ocorrência de distúrbios, principalmente acarretados pelo aumento de salinidade (e.g. KOZLOWSKY-SUZUKI e BOZELLI, 2004; DIAS et al., 2012; SANTANGELO et al., 2014; GINATULLINA et al., 2017), tendo o zooplâncton mostrado ser resiliente. Em nosso estudo, o ecossistema estuarino sofreu influência significativa dos efeitos da sazonalidade, quando o zooplâncton se comportou diferentemente diante às oscilações das condições ambientais acarretadas pela pluviosidade. Durante o período seco, quando houve a redução dos índices pluviométricos, percebeu-se o aumento da salinidade das águas do ambiente decorrentes da maior influência do fluxo marinho, principalmente nas proximidades da desembocadura. Diretamente relacionado ao incremento da salinidade observou-se o aumento do teor de oxigênio dissolvido na água, onde na parte mais interna do estuário foram obtidos os menores valores de OD durante as marés vazantes, sugerindo a dominância dos processos autotróficos. A mesma relação entre esses parâmetros foi observada por Neumann-Leitão et al. (1996) no estuário do Rio Ipojuca e por Santiago et al. (2010), em seu estudo na Bacia do Pina, ambos no Nordeste do Brasil.

Os fatores abióticos influenciam a estrutura da comunidade zooplanctônica tendo a salinidade como um fator determinante para a variação da composição do zooplâncton, e nesse estudo observou-se que com o incremento dessa variável, principalmente nas estações mais próximas à desembocadura (17,19 – 33,10), houve o aumento na densidade de organismos marinhos, tais como os ciliados (Tintinnina), nauplius de Cirripedia, Appendicularia, Radiolaria, e larvas de Gastropoda e Echinodermata, principalmente na ocorrência das marés enchentes. Tintinnina é um componente importante da comunidade microzooplanctônica na maioria dos ambientes marinhos (LANDRY e HASSET, 1982; CORDEIRO et al., 1997; TILLMANN, 2004), e podem ser importantes ocasionalmente em

águas estuarinas (DOLAN e GALLEGOS, 2001). Grande abundância ocasional, altas taxas de reprodução e curtos períodos de geração, juntamente com alta capacidade de usar um amplo espectro de recursos alimentares, realçam a importância dos Tintinnina como um elo trófico entre a alça microbiana e os metazoários (DOLAN e MARRASÉ, 1995; CAPRIULO et al., 2002). O predomínio eventual de nauplius de Cirripedia foi constatado para a Baía do Pina, chegando a predominar na desembocadura, na maré vazante de dezembro/2011. A alta abundância destes organismos no estágio naupliar reflete os padrões reprodutivos das formas adultas destes organismos bentônicos e mostra sua persistência em um sistema altamente impactado. Nauplius de Cirripedia foram também dominantes no estuário do rio Ipojuca, no estado de Pernambuco, um estuário fortemente poluído (NEUMANN-LEITÃO e MATSUMURA-TUNDISI, 1998). Esses processos estuarinos são refletidos na pluma costeira, principalmente através da descarga fluvial.

Copepoda foi considerado como grupo chave no estuário presentemente estudado, que devido as suas estratégias reprodutivas, contribuíram com elevadas densidades de nauplius ao longo de toda área estuarina e costeira. Foi também o grupo dominante em outros estudos desenvolvidos neste mesmo ecossistema (ESKINAZI-SANT'ANNA e TUNDISI, 1996; OLIVEIRA et al., 2009; GUENTHER et al., 2015b)

Os rotíferos se apresentam abundantes com ampla distribuição ao longo do complexo estuarino, restringindo sua população a ambientes de salinidade mais baixa. A grande quantidade de rotíferos encontradas nesse estudo pode ter relação com o estado de eutrofização das águas do estuário, principalmente no período seco, onde a descarga de águas residuais tem grande influência sobre o aporte dos afluentes (SCHETTINI et al, 2016), considerando que muitas espécies de rotíferos se beneficiam desse estado de eutrofização orgânica do ambiente. Estes organismos são indicadores de hipereutrofia, apresentando espécies detritívoras associadas a partículas em suspensão (NEUMANN-LEITÃO e EL-DEIR, 2009). A maioria dos problemas observados neste estuário está relacionada com o esgoto doméstico, e este intimamente ligado à densidade de população humana. Esta é uma característica comum a maioria dos estuários no nordeste do Brasil, principalmente aqueles perto de grandes cidades (NEUMANN-LEITÃO et al., 1992; 1996; NEUMANN-LEITÃO e MATSUMURA-TUNDISI, 1998; SILVA et al., 2003).

As variações hidrológicas ocasionadas pelos fatores climáticos e regime tidal são categóricos para a dinâmica e distribuição das populações estuarinas, conforme o controle

exercido pelas variáveis ambientais (por exemplo, marés, salinidade, oxigênio dissolvido, entre outros). A interação desses diversos fatores induz a produtividade primária e secundária consequente do nível de nutrientes carreados pelas massas de água de origem límnic e marinha, afetando a abundância e riqueza de espécies do ecossistema. Diversos estudos têm confirmado a influência dos fatores hidrológicos e hidrodinâmicos sobre a ecologia do zooplâncton nesses ecossistemas costeiros (COSTA et al., 2013; ANGLY et al., 2016; LIU et al., 2017; SALVADOR e BERSANO, 2017).

Com isso, as assembleias zooplancônicas se apresentam resistentes ao estresse ambiental desse sistema estuarino antropizado tendo as influências hidrológicas (fluxos marinho e limnético) crucial relevância para a consolidação desse estado de resiliência. Essa tolerância aos estressores naturais, e, possivelmente, antropogênicos, garante a permanência desses organismos diante a forte carga de dejetos de diversas origens que são continuamente lançados nos rios afluentes.

Referências

ALMEIDA, L. R.; COSTA, I. S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Composition and abundance of zooplankton community of an impacted estuarine lagoon in Northeast Brazil.

Brazilian Journal of Biology, 72 (1), p. 13-24. 2012

ANGLY, F. E.; HEATH, C.; MORGAN, T. C.; TONIN, H.; RICH, V.; SCHAFFELKE, B.; BOURNE, D. G.; TYSON, G. W. Marine microbial communities of the Great Barrier Reef lagoon are influenced by riverine floodwaters and seasonal weather events. **Peerj**, 2016. DOI 10.7717/peerj.1511.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 16. ed. New York. 1985.

ARAÚJO, H.M.P., NASCIMENTO-VIEIRA, D.A., NEUMANN-LEITÃO, S., SCHWAMBORN, R., LUCAS, A.P. O., ALVES, J.P.H. (2008). Zooplankton community dynamics in relation to the seasonal cycle and nutrient inputs in an urban tropical estuary in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 68(4), p. 751-762. 2008.

ARAUJO, V. A., DIAS, C. O., BONECKER, S. L. C. (2017) Effects of environmental and water quality parameters on the functioning of copepod assemblages in tropical estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 194, p. 150-161.

BORTONE, S. A. **Estuarine indicators**. Londres: CRC Press, 2005. 531p.

CAVALCANTI, E.A.H., NEUMANN-LEITÃO, S., VIEIRA, D.A.N. Mesozooplâncton do sistema estuarino de Barra das Jangadas, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 25(9), p. 436-444. 2008.

CAPRIULO, G.M., SMITH, G., TROY, R., WIKFORS, G.H., PELLET, J., YARISH, C. The planktonic food web structure of a temperate zone estuary, and its alteration due to eutrophication. **Hydrobiologia**, v. 475/476(1), p. 263-333. 2002

CLOERN, J. E. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. **Marine Ecology Progress Series**, v. 210, p. 223-253. 2001

CLOERN, J.E., FOSTER, S.Q., KLECKNER, A.E. Phytoplankton primary production in the world's estuarine-coastal ecosystems. **Biogeosciences**, v.11, p. 2477-2501. 2014

COLLIER, C.A., ALMEIDA NETO, M.S., ARETAKIS, G.M.A., SANTOS, R.E., OLIVEIRA, T.H., MOURÃO, J.S., SEVERI, W., EL-DEIR, A.C. Integrated approach to the understanding of the degradation of an urban river: local perceptions, environmental parameters and geoprocessing. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**. 2015

CORDEIRO, I. A.; FEITOSA, F. A. N.; FLORES MONTES, M. J.; HONORATO DA SILVA, M. Distribuição sazonal e espacial da clorofila *a* e variáveis ambientais na plataforma continental de Pernambuco (Porto do Recife), Brasil. **Tropical Oceanography**, 42(1), p. 60-76. 2014

CORDEIRO, T.A., BRANDINI, F.P., MARTENS, P. Spatial distribution of the Tintinnina (Ciliophora, Protista) in the North Sea, spring of 1986. **Journal of Plankton Research**, 19(10), p. 1371-1383. 1997

COSTA, K. G., BEZERRA, T. R., MONTEIRO, M. C., VALLINOTO, M., BERRÊDO, J. F., PEREIRA, L. C. C., COSTA, R. M. (2013) Tidal-induced changes in the zooplankton community of an amazon estuary. **Journal of Coastal Research**, v. 29, p. 756 -765. 2013

DIAS, J. D., SIMÕES, N. R., BONECKER, C. C. (2012) Zooplankton community resilience and aquatic environmental stability on aquaculture practices: a study using net cages. **Braz. J. Biol.**, p. 1-11.

DOLAN, J.R., MARRASÉ, C. Planktonic ciliate distribution relative to a deep chlorophyll maximum: Catalan Sea, NW Mediterranean June 1993. **Deep-Sea Research Part I**, v. 42(11-12), p. 1965-1987. 1995

DOLAN, J.R., GALLEGOS, C. Estuarine diversity of tintinnids (planktonic ciliates). **Journal of Plankton Research**, v. 23 (9), p. 1009-1027. 2001

DUFRENE, M., LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, p. 345-366. 1997

ELLIOTT, M.; QUINTINO, V. The Estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, p. 640–645. 2007

ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M. BJÖRNBERG, T.K.S. Seasonal Dynamics of Microzooplankton in the São Sebastião Channel (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66 (1B), p. 221-231. 2006

ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M., TUNDISI, J.G. Zooplâncton do estuário do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil): composição e distribuição temporal. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 44 (1), p. 23-33. 1996

GINATULLINA, E., ATWELL, L., SAITO, L. Resilience and resistance of zooplankton communities to drought induced salinity in freshwater and saline lakes of Central Asia. **Journal of Arid Environments**, p. 1-11. 2017

GUENTER, M., ARAÚJO, M., FLORES-MONTES, M., GONZALEZ-RODRIGUES, E., NEUMANN-LEITÃO, S. Eutrophication effects on phytoplankton size-fractioned biomass and production at a tropical estuary. **Marine Pollution Bulletin**, p. 537 -547. 2015a

GUENTHER, M., ROYER, S., CAMPOS, D.O.; NEUMANN-LEITÃO, S. Spatial variation of the plankton community over a short-term survey at a tropical hypereutrophic estuary. **Arquivos de Ciência do Mar**, v.48(1), p. 39-48. 2015b

HOLLING, C.S. Resilience and stability of ecological systems. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** v. 4, p. 1-23. 1973

KÖPPEN, W. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. **Geogr. Z.**, p. 593 – 611, 657– 679. 1900

KOZLOWSKY-SUZUKI, B., BOZELLI, R. L. Resilience of a zooplankton community subjected to marine intrusion in a tropical coastal lagoon. **Hydrobiologia**, v. 522, p. 165–177. 2004

LAKE, P. S. (2013) Resistance, resilience and restoration. **Ecological Management & Restoration**, v. 14, p. 20-24. 2013

LANDRY, M.R., HASSETT, R.P. Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton. **Marine Biology**, v. 67(3), p. 283-288. 1982

LEITE, N.; GUERRA, A.; ALMEIDA, A.; MARQUES, J. C.; MARTINS, I. Long term variation of an amphipod species' population secondary production as indicator of incomplete resilience in a temperate estuary. **Ecological Indicators**, v. 36, p. 324–333. 2014

LIU, H., ZHANG, X., YANG, Q., ZUO, T., QUIGG, A. Mesozooplankton dynamics In relation to environmental factors and juvenile fish in a subtropical estuary of the Gulf of Mexico. **Journal of Coastal Research**, v. 33, p. 1038-1050. 2017

LUCENA-MOYA, P., DUGGAN, I.C. Correspondence between zooplankton assemblages and the Estuary Environment Classification system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 184, p.1-9. 2017

MANN, K.H., LAZIER, J.R.N. **Dynamics of marine ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans**. Boston: Blackwell Scientific Publications, Inc. 2006

MCLUSKY, D.S., ELLIOT, M. **The Estuarine Ecosystem, ecology, threats and management**. Oxford University Press. Oxford. 214p. 2004

MELO JÚNIOR, M. de; PARANAGUÁ, M. N.; SCHWAMBORN, R.; NEUMANN LEITÃO, S.; EKAU, W. Fluxes of zooplankton biomass between a tidal estuary and the sea in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 55(4), p. 239-249. 2007

NEUMANN-LEITÃO, S., GUSMÃO, L. M. O., NASCIMENTO VIEIRA, D. A.; NOGUEIRA-PARANHOS, J. D. Variação diurna do zooplâncton no estuário do rio Ipojuca - Pernambuco - Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 24, p. 103 – 134. 1996

NEUMANN-LEITÃO, S., MATSUMURA-TUNDISI, T. (1998). Dynamics of a perturbed Estuarine Zooplanktonic Community: Port of Suape, PE, Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limnologie**, v. 26 (3), p. 1981-1988. 1998

NEUMANN LEITÃO, S., SOUZA, M.R.M., PORTO NETO, F.F., MOURA, M.C.O., SILVA, A.P.; GUSMÃO, L.M.O. Zooplâncton do estuário do Rio São Francisco, Nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 27(1), p. 33-54. 1999

NEUMANN-LEITÃO, S., EL-DEIR, S. (Org.). Bioindicadores da qualidade ambiental. Recife: Instituto Brasileiro Pró-Cidadania. 2009. 298 p.

NORIEGA, C.E.D., SANTIAGO, M.F., FAÇANHA, P. SILVA-CUNHA, M.G.G., SILVA, R.A., FLORES MONTES, M.J., ARAÚJO FILHO, M. COSTA, K.M.P., ESKINAZI-LEÇA, E., NEUMANN-LEITÃO, S. The instantaneous transport of inorganic and organic material in a highly polluted tropical estuary. **Marine and Freshwater Research**, v. 64, p. 562-572. 2013

OLIVEIRA, G.C., GUSMÃO, L.M.O., SILVA, T.A., NEUMANN-LEITÃO, S. (2009). Variação tidal e temporal do microzooplâncton em um estuário tropical. In: **IX CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL**, 2009, São Lourenço. *Anais...* São Lourenço, p.13-17.

PARANAGUÁ, M.N., NEUMANN-LEITÃO, S., NOGUEIRA-PARANHOS, J.D., SILVA, T.A., MATSUMURA-TUNDISI, T. (2005). Cladocerans (Branchiopoda) of a tropical estuary in Brazil. **Brazilian Journal Biological**, v. 65(1), p. 107-115. 2005

PETUS, C., SILVA, E. T., DEVLIN, M., WENGER, A.S., ÁLVAREZ-ROMERO, J.G. Using MODIS data for mapping of water types within river plumes in the Great Barrier Reef, Australia: Towards the production of river plume risk maps for reef and seagrass ecosystems. **Journal of Environmental Management**, v.137, p. 163-177. 2014

- RESGALLA JUNIOR, C.; SOUZA, V. G. C. DE; RÖRIG, L. R.; SCHETTINI, C. A. F. Spatial and temporal variation of the zooplankton community in the area of influence of the Itajaí-açu river, SC (Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 56, n. 3, p. 211-224. 2008
- SALVADOR, B., BERSANO, J. G. F. Zooplankton variability in the subtropical estuarine system of Paranaguá Bay, Brazil, in 2012 and 2013. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 2017
- SANTANGELO, J. M., ESTEVES, F. A., MANCA, M., BOZELLI, R. L. Disturbances due to increased salinity and the resilience of zooplankton communities: the potential role of the resting egg bank. **Hydrobiologia**, v. 122, p.103-113. 2014
- SANTIAGO, M. F., SILVA-CUNHA, M. G. G., NEUMANN-LEITÃO, S., COSTA, K. M. P., PALMEIRA, G. C. B., PORTO NETO, F. F., NUNES, F. S. Phytoplankton dynamics in a highly eutrophic estuary in tropical Brazil. **Brazilian Journal Of Oceanography**, v. 58, p. 189-205. 2010
- SCHETTINI, C. A. F., MIRANDA, J. B., VALLE-LEVINSON, A., TRUCCOLO, E. C., DOMINGUES, E. C. The circulation of the lower Capibaribe Estuary (Brazil) and its implications for the transport of scalars. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, p. 263-276. 2016
- SERRANITO, B., AUBERT, A., STEMMANN, L., ROSSI, N., JAMET, J. L. Proposition of indicators of anthropogenic pressure in the Bay of Toulon (Mediterranean Sea) based on zooplankton time-series. **Continental Shelf Research**, v. 121, p. 3-12. 2016
- SILVA, T.A., PARANAGUÁ, M. N., NEUMANN-LEITÃO, S., NOGUEIRA PARANHOS, J.D. Zooplâncton do estuário do Rio Capibaribe, Recife – PE (Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 24, 79-102. 1996
- STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A Practical handbook of seawater analysis. 2 ed. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 167, p. 207- 211. 1972
- TILLMANN, U. Interactions between planktonic microalgae and protozoan grazers. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 51(2), p. 156-168. 2004

TURNER, J.T. The Importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. **Zoological Studies**, v. 43(2), p. 255-266. 2004

VIEIRA, L.R., GUILHERMINO, L., MORGADO, F. Zooplankton structure and dynamics in two estuaries from the Atlantic coast in relation to multi-stressors exposure. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 167, p. 347 - 367. 2015

TABELAS

Tabela 1. Dados hidrológicos do estuário da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012.

PERÍODO	CHUVOSO			SECO		
PARÂMETROS	MÉDIA	MÍN	MÁX	MÉDIA	MÍN	MÁX
Salinidade	20,29	3,45	35,32	22,33	5,82	35,49
Temperatura (°C)	26,61	25,00	28,00	28,28	27,00	30,00
pH	7,70	7,05	8,42	8,14	7,53	8,72
Transparência (m)	0,83	0,01	1,75	0,83	0,30	1,52
Oxigênio dissolvido (mL.L ⁻¹)	4,86	0,46	6,62	5,14	3,76	8,46
Demanda Bioquímica do Oxigênio (mL.L ⁻¹)	2,46	0,16	4,86	5,01	0,50	13,20

Tabela 2. Composição e ocorrência do zooplâncton, nas 4 estações de coleta de um estuário tropical (2011/2012). (E1 = estação interna, E2 = estação intermediária, E3 = estação externa) e E4 = estação da pluma (2014/2015).

TÁXON	E1	E2	E3	E4
Radiolaria	X	X	X	X
Foramimnifera	X	X	X	X
Tintinnina	X	X	X	X
Hydrozoa	X	X		
Rotifera	X	X	X	X
Gastropoda (véliger)	X	X	X	X
Bivalvia (véliger)	X	X	X	X
Polychaeta (larva)	X	X	X	X
Cladocera	X		X	
Ostracoda	X	X	X	X
Copepoda	X	X	X	X
Decapoda (larva)	X	X	X	X
Cirripedia (nauplius)	X	X	X	X
Chaetognata			X	
Appendicularia	X	X	X	X
Echinodermata (larva)	X	X	X	X
Bryozoa (cyphonauta)	X			
Teleostei (ovo)	X	X	X	X
Teleostei (larva)	X	X	X	X

FIGURAS

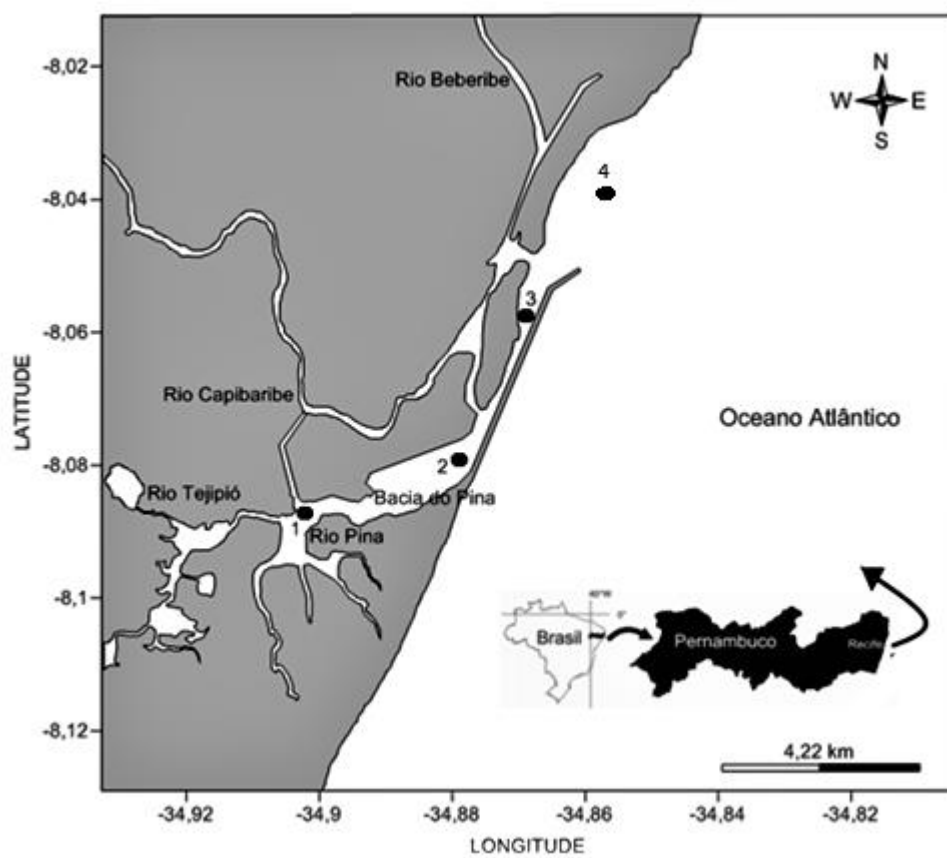


Figura 1. Área de estudo e localização das estações (●) no estuário da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012, e na área costeira (pluma) em 2014 e 2015.

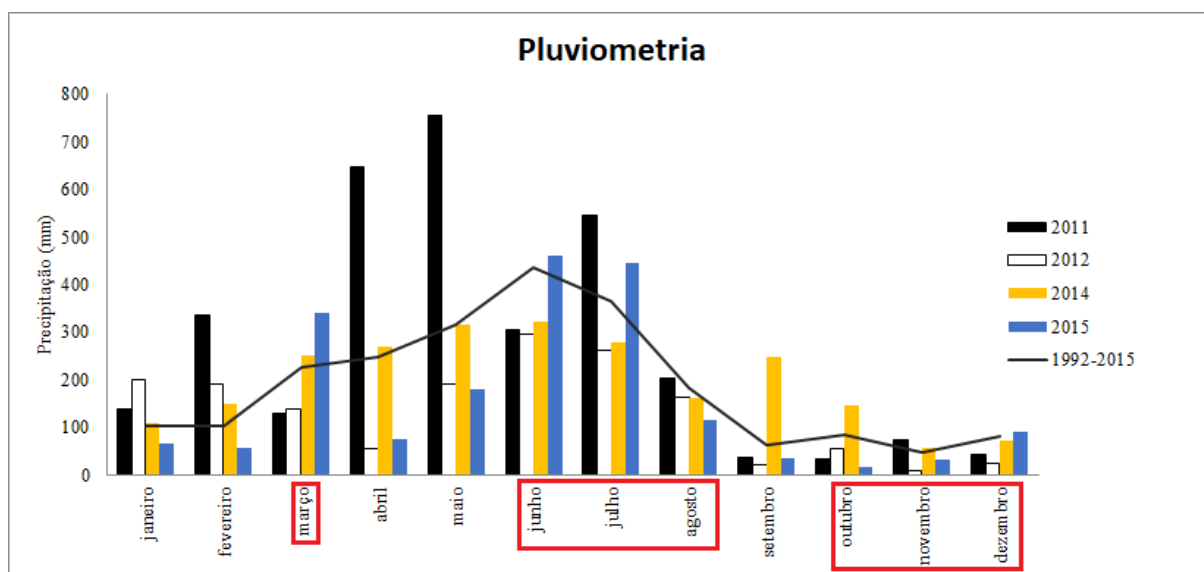


Figura 2. Pluviometria acumulada (mm) de janeiro/2011 a dezembro/2015 e média mensal de chuvas (1992 – 2015), na cidade do Recife (Estação Meteorológica do Curado, Recife-PE). Meses de realização de coletas em destaque.

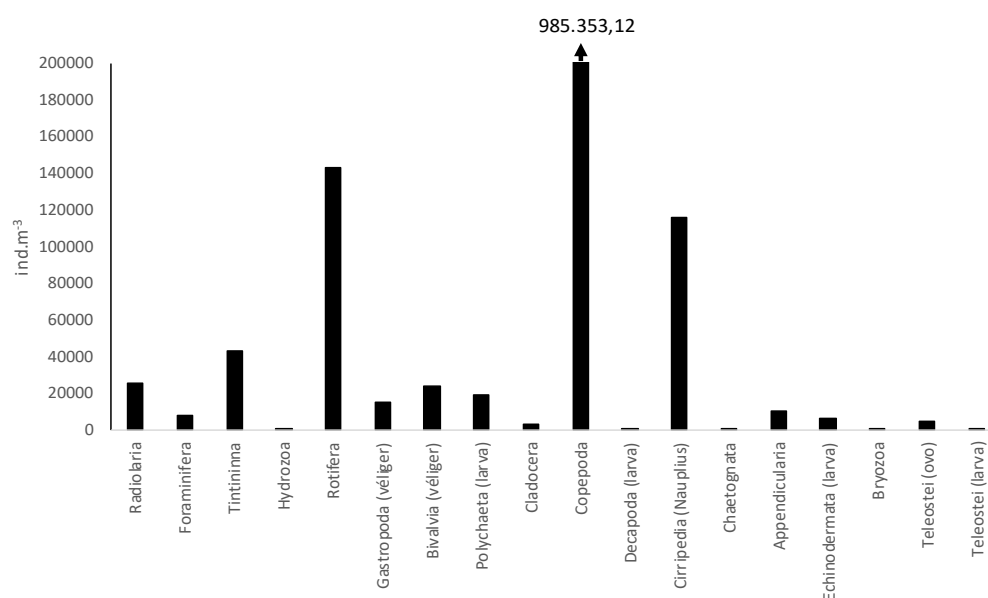


Figura 3. Densidade total do zooplâncton por táxon na área estuarina da Baía do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015.

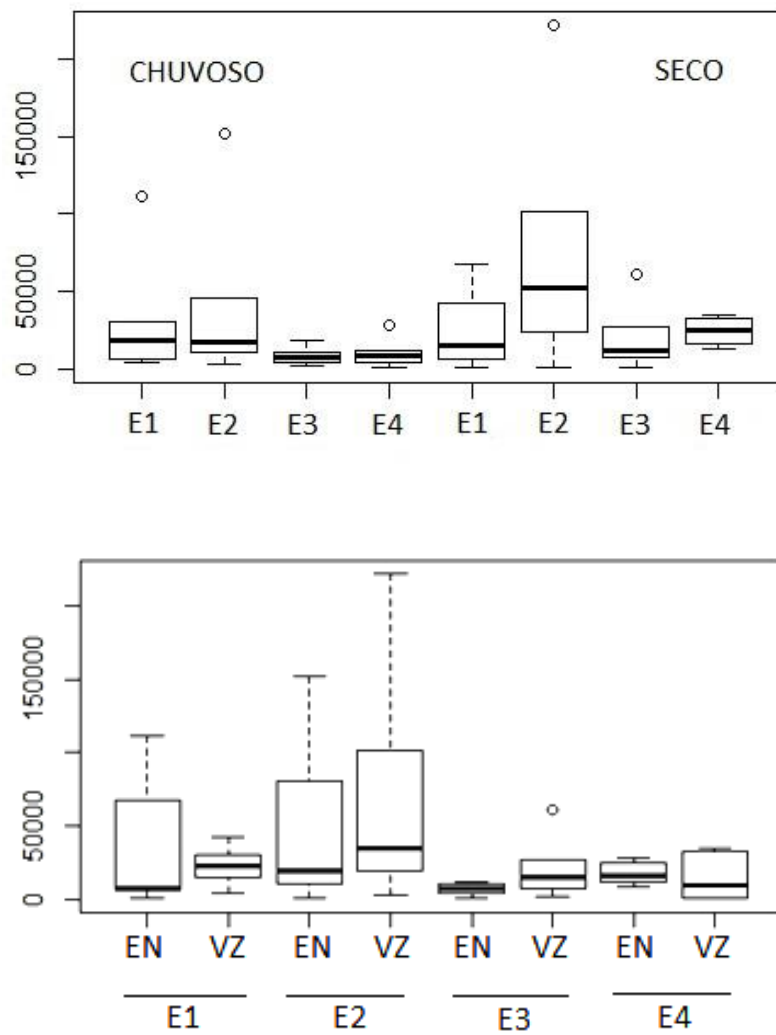


Figura 4. Densidade total do zooplâncton em cada estação de coleta nos períodos chuvoso e seco, e marés enchente e vazante. (EN = maré enchente; VZ = maré vazante; E1 = Estação 1; E2 = Estação 2; E3 = Estação 3; E4 = Estação 4).

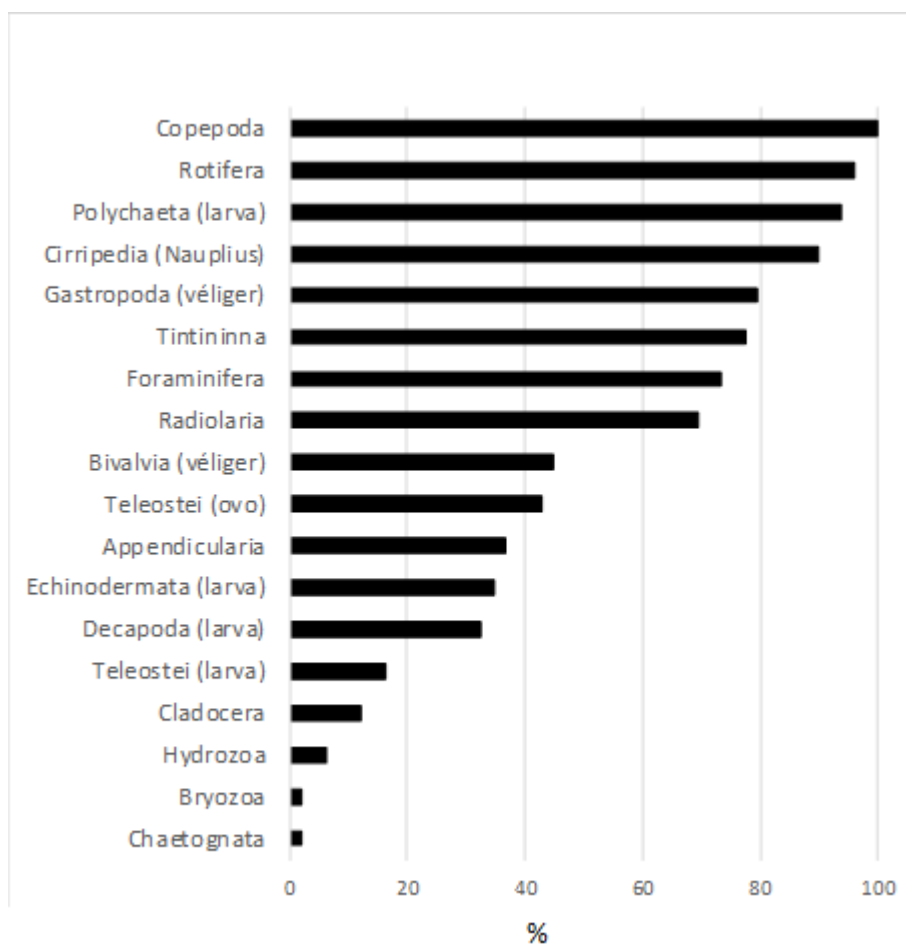


Figura 5. Frequência de ocorrência do zooplâncton na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015.

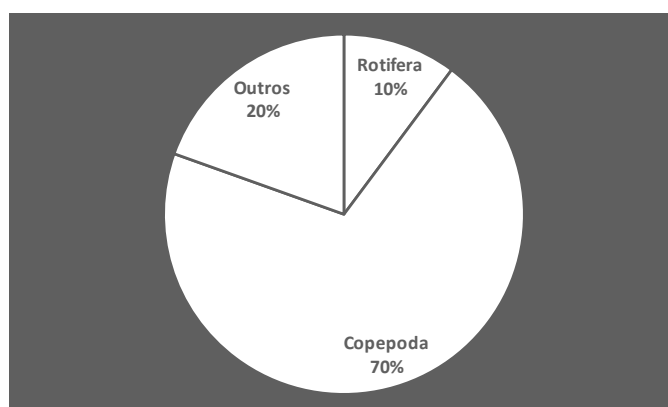


Figura 6. Abundância relativa total dos táxons do zooplâncton por amostra na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015.

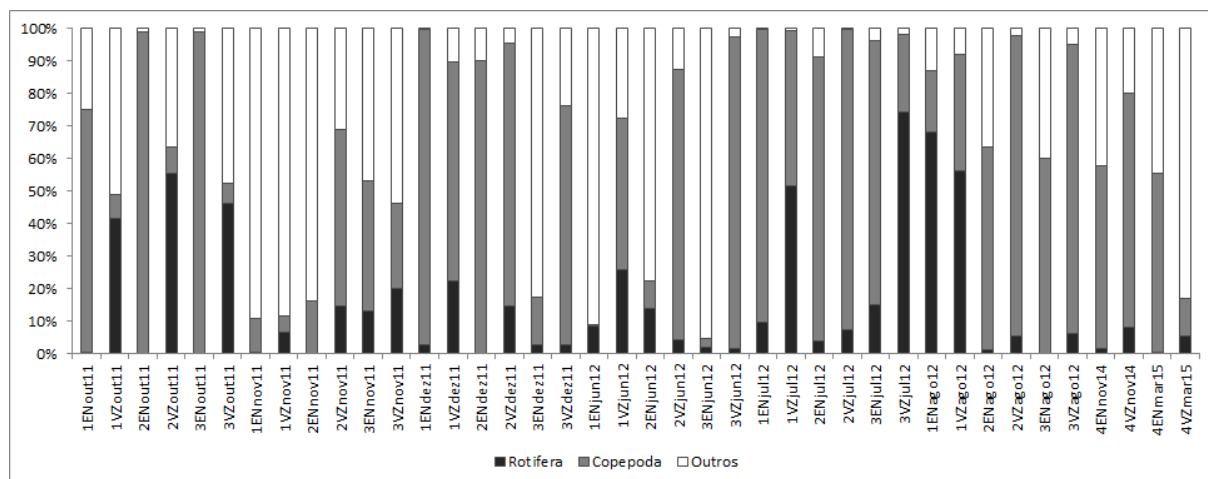


Figura 7. Abundância relativa dos táxons do zooplâncton por amostra na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012 e área costeira adjacente, em 2014 e 2015. VZ = maré vazante, EN = maré enchente.

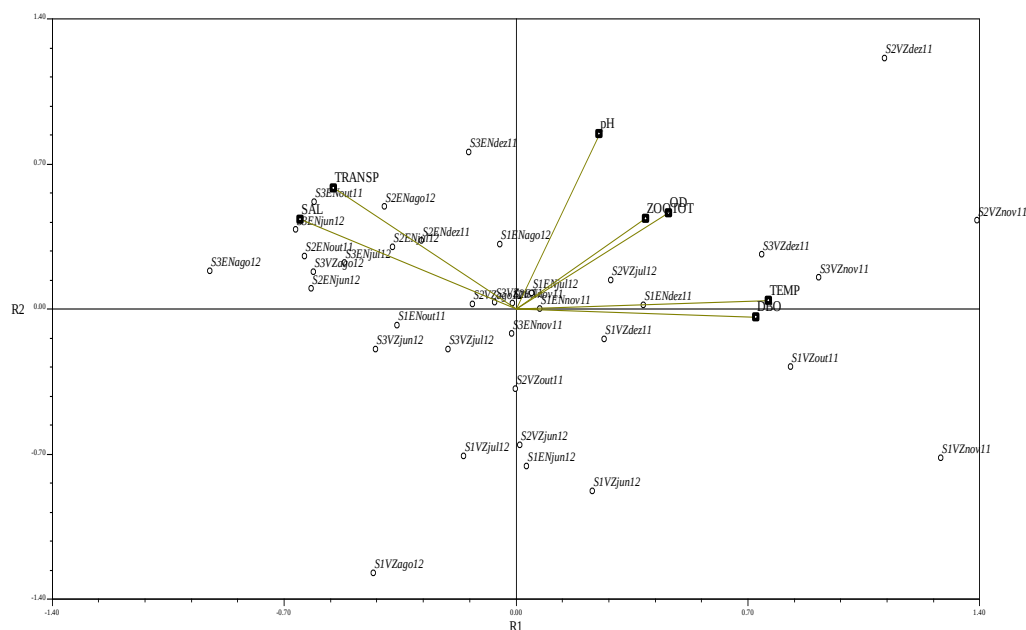


Figura 8. Análise de Componentes Principais (ACP) do zooplâncton total e parâmetros ambientais na área estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2011 e 2012. ZOOTOT = zooplâncton total, TEMP = temperatura, DBO = demanda bioquímica de oxigênio, OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogeniônico, TRANSP = transparência, SAL = salinidade.

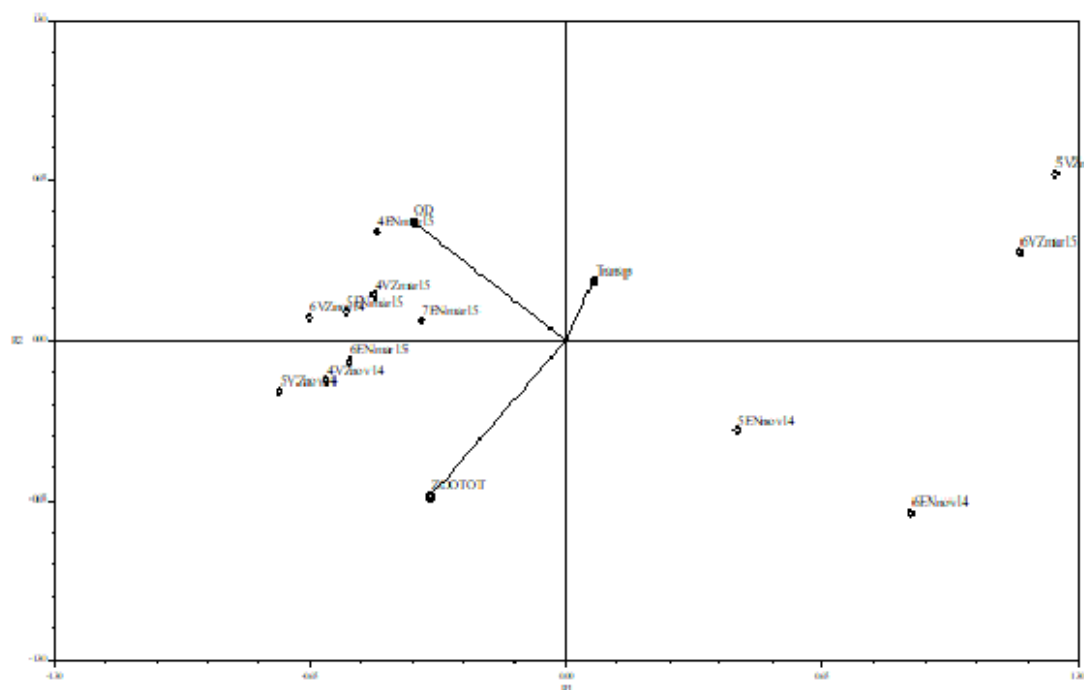


Figura 9. Análise dos Componentes Principais do zooplâncton total e parâmetros abióticos na área costeira da pluma estuarina da Bacia do Pina (Recife, PE, Brasil) em 2014 e 2015. (ZOOTOT = zooplâncton total, OD = oxigênio dissolvido, TRANSP = transparência).

4 - CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nesse estudo, percebe-se que mesmo sendo considerado um sistema em estado de degradação e em constante impacto da antropização e estressores naturais, o complexo estuarino da Bacia do Pina apresenta sua comunidade zooplanctônica composta por grupos de fundamental importância para a vida nos ecossistemas costeiros, onde espécies resistentes às constantes oscilações predominam, o que foi aqui constatado ao serem identificadas espécies indicadoras de condições, oligotróficas e/ou eutróficas, bem como de diferentes gradientes de salinidade.

Mesmo sendo os mais abundantes no zooplâncton, os pequenos copépodes não recebem a atenção devida nos estudos ecológicos, notadamente nos ambientes estuarinos. Constatamos que copépodes na fase naupliar contribuem com a quase totalidade desse grupo, e que uma família domina toda a porção do estuário.

É importante salientar que o predomínio de espécies altamente resilientes podem interferir e até reduzir a biodiversidade local. Com isto, são relevantes os estudos acerca da competição, alimentação, predação e reprodução dos organismos zooplanctônicos sob as diversas condições e influências ambientais dos ecossistemas costeiros e estuarinos.

ANEXO 1 Normas para publicação na *Ecohydrology*

MANUSCRIPT SUBMISSION

Ecohydrology operates an online submission and peer review system that allows authors to submit articles online and track their progress via a web interface. Please read the remainder of these instructions to authors and then visit <http://mc.manuscriptcentral.com/ecohydrology> and navigate to the *Ecohydrology* online submission site. IMPORTANT: Please check whether you already have an account in the system before trying to create a new one. If you have reviewed or authored for the journal in the past year it is likely that you will have had an account created.

All papers must be submitted via the online system.

File types. Preferred formats for the text and tables of your manuscript are .doc, .docx, .rtf, .ppt, .xls. **LaTeX** files may be submitted provided that an .eps or .pdf file is provided **in addition** to the source files. Figures may be provided in .tiff or .eps format.

INITIAL SUBMISSION

NON-LATEX USERS: Upload your manuscript files. At this stage, further source files do not need to be uploaded. LATEX USERS: For reviewing purposes you should upload a single .pdf that you have generated from your source files. You must use the File Designation "Main Document" from the dropdown box.

REVISION SUBMISSION

NON-LATEX USERS: Editable source files must be uploaded at this stage. Tables must be on separate pages after the reference list, and not be incorporated into the main text. Figures should be uploaded as separate figure files.

LATEX USERS: When submitting your revision you must still upload a single .pdf that you have generated from your now revised source files. You must use the File Designation "Main Document" from the dropdown box. In addition you must upload your TeX source files. For all your source files you must use the File Designation "Supplemental Material not for review". Previous versions of uploaded documents must be deleted. If your manuscript is accepted for publication we will use the files you upload to typeset your article within a totally digital workflow.

Manuscript style. The language of the journal is English. 12-point type in one of the standard fonts: Times, Helvetica, or Courier is preferred. It is not necessary to double-line space your

manuscript. Tables must be on separate pages after the reference list, and not be incorporated into the main text. Figures should be uploaded as separate figure files. The word count for an ‘**Ecohydrology Letters**’ manuscript should not exceed **5,000 words**. The word count excludes the abstract and reference sections but references should not exceed 25.

- During the submission process you must enter the full title, short title of up to 70 characters and names and affiliations of all authors. Give the full address, including email, telephone and fax, of the author who is to check the proofs.
- Include the name(s) of any **sponsor(s)** of the research contained in the paper, along with **grant number(s)** .
- Enter an **abstract** of up to 250 words for all articles. An abstract is a concise summary of the whole paper, not just the conclusions, and is understandable without reference to the rest of the paper. It should contain no citation to other published work.
- Include up to eight **keywords** that describe your paper for indexing purposes.

APA – American Psychological Association References should be prepared according to the Publication Manual of the American Psychological Association (6th edition). This means in text citations should follow the author-date method whereby the author's last name and the year of publication for the source should appear in the text, for example, (Jones, 1998). The complete reference list should appear alphabetically by name at the end of the paper.

A sample of the most common entries in reference lists appears below. Please note that a DOI should be provided for all references where available. For more information about APA referencing style, please refer to the APA FAQ. Please note that for journal articles, issue numbers are not included unless each issue in the volume begins with page one.

Journal article

Beers, S. R. , & De Bellis, M. D. (2002). Neuropsychological function in children with maltreatment-related posttraumatic stress disorder. *The American Journal of Psychiatry*, 159, 483–486. doi:[10.1176/appi.ajp.159.3.483](https://doi.org/10.1176/appi.ajp.159.3.483) Book edition Bradley-Johnson, S. (1994). Psychoeducational assessment of students who are visually impaired or blind: Infancy through high school (2nd ed.). Austin, TX: Pro-ed.

• OSCOLA (used for legal citations)

Citations: OSCOLA is a 'footnote style', so all citations appear in footnotes. OSCOLA does not use endnotes or in-text citations, such as '(Brown, 2007)'. Longer works, such as books and theses, also include citations in tables of cases and legislation, and bibliographies. When citing any source, either directly (as a quotation) or indirectly (by paraphrasing or referring to ideas in a source), cite the reference in a footnote, in the style indicated in OSCOLA. Indicate footnotes with a superscript number which should appear after the relevant punctuation in the text (if any). Put the footnote marker at the end of a sentence, unless for the sake of clarity it is necessary to put it directly after the word or phrase to which it relates. If the word or phrase to which the footnote marker relates is in brackets, put the marker before the closing bracket. A quotation need not be footnoted separately from the name of the source from which it is derived if the two appear in the same sentence. Otherwise, separate notes should be used. Close footnotes with a full stop (or question or exclamation mark). Where more than one citation is given in a single footnote reference, separate them with semi-colons. Sample references follow: Citing cases It is well represented in the case law, perhaps most notably in the expression of the no-conflict rule advocated by Lord Upjohn in *Phipps v Boardman*,³¹ The relevant footnotes would appear as follows: 31 [1967] 2 AC 46 (HL). Citing legislation A citation in a footnote is not required when citing legislation if all the information the reader needs about the source is provided in the text, as in the following sentence: This case highlights the far-reaching judicial role ushered in by the Human Rights Act 1998. Where the text does not include the name of the Act or the relevant section, this information should be provided in a footnote. British courts must only consider Strasbourg jurisprudence: they are not bound by it.¹ The relevant footnotes would appear as follows: 1 Human Rights Act 1998, s 2.

Citing secondary sources

If relying on or referring to a secondary source, such as a book or an article, provide a citation for the work in a footnote. Hart wrote that the doctrine of precedent is compatible with 'two types of creative or legislative activity': distinguishing the earlier case by 'narrowing the rule extracted from the precedent', and widening the rule by discarding 'a

restriction found in the rule as formulated from the earlier case'.³⁴ The relevant footnotes would appear as follows: 34 HLA Hart, *The Concept of Law* (2nd edn, Clarendon Press 1994) 135. When citing more than one source of the same kind for a single proposition, put the sources in chronological order, with the oldest first. Full details about how to cite and style in OSCOLA can be found here - OSCOLA (Oxford University Standard for the Citation of Legal Authorities - 4th Edition)

*The Digital Object Identifier (DOI) is an identification system for intellectual property in the digital environment. Developed by the International DOI Foundation on behalf of the publishing industry, its goals are to provide a framework for managing intellectual content, link customers with publishers, facilitate electronic commerce, and enable automated copyright management.

Illustrations. Upload each figure as a separate file in either .tiff or .eps format, the figure number and the top of the figure indicated. Compound figures e.g. 1a, b, c should be uploaded as one figure. Tints are not acceptable. Lettering must be of a reasonable size that would still be clearly legible upon reduction, and consistent within each figure and set of figures. Where a key to symbols is required, please include this in the artwork itself, not in the figure legend. As *Ecohydrology* is online only, there is no charge for colour figures. All illustrations must be supplied at the correct resolution:

- Black and white and colour photos - 300 dpi
- Graphs, drawings, etc - 800 dpi preferred; 600 dpi minimum
- Combinations of photos and drawings (black and white and colour) - 500 dpi

Tables should be part of the main document and should be placed after the references. If the table is created in excel the file should be uploaded separately.

ANEXO 2 Normas para publicação na *Hydrobiologia*

GENERAL

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of Hydrobiologia comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and –oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test–objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope.

THERE IS NO PAGE CHARGE, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

LANGUAGE

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

EDITORIAL POLICY

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English–speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor–in–chief. Hydrobiologia endeavours to publish any paper within 6 months of acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu)

MANUSCRIPT SUBMISSION

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

PERMISSIONS

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

ONLINE SUBMISSION

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Title Page

The title page should include:

The name(s) of the author(s)

A concise and informative title

The affiliation(s) and address(es) of the author(s)

The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 200 words. Abstracts longer than 200 words cannot be uploaded. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

The abstract should start with the aim of research, preferably a hypothesis to be tested, followed by the main methods used, major results obtained and implications of these findings

that may be of interest to a wide and international, scientific audience. Numerical data in the abstract should be avoided as much as possible.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes. Keywords should not include any word or term that already appears in the title.

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages.

Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.

Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

LaTeX macro package (zip, 181 kB)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

References

References in the text will use the name and year system: Adam & Eve (1983) or (Adam & Eve, 1983). For more than two authors, use Adam et al. (1982). References to a particular page, table or figure in any published work is made as follows: Brown (1966: 182) or Brown (1966: 182, fig. 2). Cite only published items; grey literature (abstracts, theses, reports, etc) should be avoided as much as possible. Papers which are unpublished or in press should be cited only if formally accepted for publication.

References will follow the styles as given in the examples below, i.e. journals are NOT abbreviated (as from January 2003), only volume numbers (not issues) are given, only normal fonts are used, no bold or italic.

Engel, S. & S. A. Nichols, 1994. Aquatic macrophytes growth in a turbid windswept lake. *Journal of Freshwater Ecology* 9: 97–109.

Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. Biology, taxonomy and identification techniques. In Holmes, J. A. & A. Chivas (eds), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington DC: 6–36.

Maitland, P. S. & R. Campbell, 1992. *Fresh Water Fishes*. Harper Collins Publishers, London.

Tatrai, I., E. H. R. R. Lammens, A. W. Breukelaar & J. G. P. Klein Breteler, 1994. The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 309–320.

TABLES

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps

Definition: Black and white graphic with no shading.

Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

halftone-gray-color

Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.

If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.

Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures,

"A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- Figures should be submitted separately from the text, if possible.

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

Declaração sobre plágio

Eu, Dejalva da Silva Santos, autora da dissertação intitulada “Microzooplâncton do sistema estuarino do Rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil ”, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, declaro que:

- O trabalho de pesquisa apresentada nesta dissertação, exceto onde especificado, representa uma pesquisa original desenvolvida por mim;
- Esta dissertação não contém material escrito ou dados de terceiros, de qualquer fonte bibliográfica, a menos que devidamente citada e referenciada no item “Referências Bibliográficas”.

Serra Talhada, 21 de Fevereiro de 2018.

(assinatura)