



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS**

SAMARA CAYRES SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA E SUA RELAÇÃO
COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO FURO DA LAURA (VIGIA-PA)**

BELÉM

2017



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS**

SAMARA CAYRES SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA E SUA RELAÇÃO
COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO FURO DA LAURA (VIGIA-PA)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais: área de concentração Ecologia Aquática, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^o. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo.

BELÉM

2017

Silva, Samara Cayres

Caracterização da comunidade zooplanctônica e sua relação com as variáveis ambientais no Furo da Laura (Vigia-PA) / Samara Cayres Silva. – Belém, 2017.

69.

Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2017.

Orientador: Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo.

1. Zooplâncton – Pará 2. Comunidades zooplanctônicas - Variação ambiental 3. Comunidades zooplanctônicas – Densidade 4. Zooplâncton - Ciclos hidrológicos I. Melo, Nuno Filipe Alves Correia de (orient.) II. Título.

CDD – 592.1776098115

Bibliotecária-Documentalista: Letícia Lima de Sousa – CRB2/1549



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS**

SAMARA CAYRES SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA E SUA RELAÇÃO
COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO FURO DA LAURA (VIGIA-PA)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais: área de concentração Ecologia Aquática, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Aprovado em Junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo – Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta – 1º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

Prof. Dr. Paula Nepomuceno Campos – 2º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA Capitão Poço

Prof. Dr. Caio Brito Lourenço – 3º Examinador
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP

AGRADECIMENTOS

Deus primeiramente, por não me deixar desistir mediante as dificuldades enfrentadas transformou cada desânimo em coragem para seguir em frente e conquistar meus objetivos. Senhor, obrigada pelo fim de mais essa etapa.

Ao meu pai José Everaldo (*in memoriam*) que sentiria muito orgulho em me ver concluindo a pós-graduação. Onde quer que esteja, estará me mandando a mesma força que sempre me deu em vida e mesmo sem sua presença física está sempre presente em meu coração. À minha mãe, pelo carinho, atenção e dedicação e que é responsável por quem me tornei, pois foi ela quem segurou todo o peso e quem sempre deu muito apoio depois da perda de meu pai, sempre me incentivando a continuar a busca por meus sonhos.

À minha irmã e amiga Samya, por sempre estar ao meu lado incentivando, acreditando e apoiando. Obrigada minha mana! Eu te amo, sempre te amarei e estarei aqui para o que precisares.

À toda minha família, a que tanto honro e a que tanto vibra, apoia e se orgulha por cada conquista alcançada. Sou muito grata por ter uma família tão linda e abençoada.

Ao LECAT por disponibilizar o banco de dados, o qual foi necessário para a realização deste trabalho, bem como os estagiários do laboratório, pela ajuda e pelo companheirismo diário e nas coletas de campo.

Ao meu orientador e professor Nuno Melo, por sua paciência, pela valorosa orientação e por mostrar o caminho que devo seguir, por me incentivar e tornar possível a conclusão desta dissertação e com isso, a conclusão de mais um sonho.

A Universidade Federal Rural de Amazônia e todos os professores que contribuíram para o conhecimento que pude adquirir durante esses dois anos ao longo do curso de pós-graduação.

A todos os meus amigos novos e antigos, com os quais compartilhei essa etapa de minha vida. Em especial gostaria de agradecer os meus amigos de estudos e companheiros de laboratório pela amizade, parceria e companheirismo durante essa caminhada, (Denise, Maiara, Ewertton, Leandro Maciel, Leandro Ferreira, Luana, Anderson, Djair). Obrigada pelos momentos de aprendizagem, de dificuldades (superamos todos) e também pelos momentos de descontração e confraternização.

Enfim, quero agradecer a todos, que de alguma forma cooperaram direta e indiretamente, com a realização deste trabalho e que torcem pelo meu sucesso.

Dedico à Deus, por sua grandiosa misericórdia e fidelidade, direcionadas à minha vida acadêmica. Ao meu pai José Everaldo (*in memoriam*) e à minha mãe Graciete, que não mediu esforços para que eu chegasse até esta etapa e quem muito se orgulha por cada conquista alcançada. À minha irmã, que também se fez presente me ajudando sempre que precisei de sua ajuda.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.*

Madre Teresa de Calcuta

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido através do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, sob a orientação do Professor Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo.

No primeiro capítulo foi realizada uma introdução geral, a revisão sobre o tema, bem como um detalhamento das metodologias de coleta e das análises adotadas.

O segundo capítulo tem por finalidade realizar a caracterização ambiental do estuário, bem como avaliar a comunidade zooplanctônica constituinte desse ambiente em relação à sua composição, distribuição e variações, levando em consideração o período de coleta, regime de maré e espacialidade.

O terceiro capítulo consta da caracterização da comunidade zooplanctônica no Furo da Laura, em função de dois ciclos nictemerais, um proveniente do período seco e outro do período chuvoso, comparando suas variações e associando-as com as variáveis ambientais do presente estuário.

RESUMO

Os estudos envolvendo comunidades zooplanctônicas e sua relação com os ecossistemas tropicais é uma difícil tarefa, devido a grande diversidade de fatores naturais ou antrópicas que influenciam nos processos ambientais. Contudo, o presente trabalho visa realizar a caracterização ambiental do estuário estudado, através da análise das variáveis físico-químicas da água, bem como caracterizar a distribuição dos organismos zooplanctônicos nesse ambiente, a partir de sua identificação e quantificação. Foram realizadas coletas bimestrais durante um ciclo hidrológico, nas quatro estações de amostragem, em suas variações de maré (enchente e vazante) e também coletas nictemerais em dois períodos sazonais, para a qual utilizou-se apenas um ponto fixo. As coletas foram realizadas através de arrastos horizontais na superfície da coluna d'água, utilizando-se rede de plâncton (abertura de malha de 200 μ m) e em seguida conservadas em formol a 4%, neutralizada com tetraborato de sódio. Parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica) foram aferidos *in situ*, com sonda multiparamétrica simultaneamente às coletas biológicas. Em laboratório, a identificação das amostras qualitativas foi realizada a menor nível taxonômico possível. A partir das análises quantitativas, determinou-se a densidade (org.m³) dos diferentes grupos identificados e calculou-se a abundância relativa e a frequência de ocorrência dos mesmos. A diversidade, equitabilidade e dominância na distribuição dos organismos foram estimadas pelos índices de Shannon-Wiener (H'), Pielou (J'), Berger-Parker respectivamente. Foram realizados testes de normalidade e significância entre os dados disponíveis nas duas campanhas. A Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA) foram feitas visando avaliar a relação existente entre os dados disponíveis. As variáveis ambientais não apresentaram grandes variações no período de estudo. As espécies consideradas muito frequentes durante todo o estudo foram as larvas de Polychaeta, Gastropoda, Bivalve e de Cirripedia, os náuplios de Copepodas, *Acartia tonsa*, *Parvocalanus crassirostris*, *Paracalanus nanus*, *Paracalanus* sp, *Pseudodiaptomus* sp1, *Oithona nana*, *Cyclops* sp, Cyclopoida, Calanoida, Harparcticoida, Poecilostomatoida. Os Copepodas foram os mais abundantes no estudo espaço-temporal, apresentando tendência de domínio, enquanto que no estudo nictemeral houve destaque para o grupo dos Cirripédia no período seco. As densidades mais elevadas do estudo bimestral foram no mês Julho/12, cuja riqueza foi a menor registrada e no caso do estudo de variação circadiana, a maior densidade zooplanctônica foi verificada no período seco e dos Calanoida no período chuvoso. Nos estudos bimestrais e nictemerais a diversidade específica apresentou padrão semelhante. Não houve diferença estatisticamente significativa no que diz respeito à comparação entre as densidades do período seco e do período chuvoso, bem como não houve entre os dados de temporalidade, espacialidade e regime de maré. A Análise de Cluster aplicada aos grupos zooplanctônicos do estudo bimestral permitiu identificar três agrupamentos formados de acordo com a similaridade entre suas distribuições. Já na análise do estudo nictemeral, aplicada aos horários de coleta, foi observada a separação das amostras por períodos sazonais (seco e chuvoso). Nas análises de PCA foi possível observar influência das variáveis ambientais nas campanhas bimestrais e da sazonalidade nas campanhas nictemerais.

Palavras-chave: Amazônia; Variação ambiental; Densidade; Nictemeral; Zooplâncton.

ABSTRACT

Studies involving zooplanktonic communities and their relationship with tropical ecosystems is a difficult task due to the great diversity of natural or anthropogenic factors that influence environmental processes. However, the present work aims to perform the environmental characterization of the studied estuary, through the analysis of the physico-chemical variables of water, as well as characterize the distribution of zooplanktonic organisms in this environment, from its identification and quantification. Samples were collected every two months for a hydrologic cycle, the four sampling stations in its tidal variations (ebb and flow) as well as collections Diel two seasonal periods, for which was used only a fixed point. The samples were collected by horizontal trawls on the surface of the water column using a plankton net (200 μ m mesh) and then preserved in 4% formalin, neutralized with sodium tetraborate. Physical-chemical parameters (temperature, pH, salinity, dissolved oxygen and electrical conductivity) were measured in situ, with a multiparametric probe simultaneously to the biological collections. In the laboratory, the identification of qualitative samples was performed at the lowest possible taxonomic level. From the quantitative analyzes, the density (org.m³) of the different groups identified was determined and the relative abundance and the frequency of their occurrence were calculated. Diversity, equitability and dominance in the distribution of organisms were estimated by the Shannon-Wiener (H'), Pielou (J') and Berger-Parker indices, respectively. Tests of normality and significance were performed between the data available in the two campaigns. The Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Grouping Analysis (HCA) were performed to evaluate the relationship between available data. The environmental variables showed no significant variations during the study period. The species considered very common throughout the study were the larvae of Polychaeta, Gastropoda, Bivalve and barnacle, the nauplii of copepods, *Acartia tonsa*, *Parvocalanus crassirostris*, *Paracalanus nanus*, *Paracalanus* sp, *Pseudodiaptomus* sp1, *Oithona nana*, *Cyclops* sp, Cyclopoida, Calanoida, Harpacticoida, Poecilostomatoida. The copepods were the most abundant in the study space-time, with domain trend, while in the diurnal study was highlighting the group of cirripedia in the dry period and Calanoida in the rainy season. The highest densities of the bimonthly study were in July / 12, whose richness was the lowest recorded and in the case of the study of circadian variation, the highest zooplankton density was verified in the dry period. In the bimonthly and nictemeral studies the specific diversity presented a similar pattern. There was no statistically significant difference between the densities of the dry period and the rainy season, as well as between the data of temporality, spatiality and tidal regime. The Cluster Analysis applied to the zooplankton groups of the bimonthly study allowed to identify three clusters formed according to the similarity between their distributions. In the analysis of the nictemeral study, applied to the collection schedules, it was observed the separation of the samples by seasonal periods (dry and rainy). In the PCA analyzes, it was possible to observe the influence of the environmental variables in the bi-monthly campaigns and the seasonality in the nictemeral campaigns.

Keywords: Amazon; Environmental variation; Density; Diel; Zooplankton.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	12
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	15
1.3 METODOLOGIA GERAL.....	18
1.3.1 Área de Estudo	18
1.3.2 Procedimentos de Campo.....	19
1.3.3 Procedimentos de Laboratório.....	22
1.3.4 Tratamento Numérico dos Dados.....	22
1.3.4.1 Frequência de ocorrência.....	22
1.3.4.2 Abundância Relativa.....	22
1.3.4.3 Densidade.....	22
1.3.5 Índices Ecológicos.....	24
1.3.5.1 Índice de Diversidade de Shannon (H').....	22
1.3.5.2 Índice de Equitabilidade de Pielou (J').....	25
1.3.6 Análises estatísticas.....	25
1.3.7 Análise Multivariada	26
CAPÍTULO 2.....	31
2 VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE	
ZOOPLANCTÔNICA E SUA RELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO	
FURO DA LAURA (VIGIA-PA).....	31
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	32
INTRODUÇÃO	33
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÃO	46
AGRADECIMENTOS	47
REFERÊNCIAS.....	47
APÊNDICES.....	51

CAPÍTULO 3	52
3 VARIAÇÃO CIRCADIANA DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO	52
RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	53
INTRODUÇÃO	54
MATERIAL E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
CONCLUSÃO	64
AGRADECIMENTOS	64
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICES.....	67
CAPÍTULO 4.....	68
4 CONCLUSÕES GERAIS.....	68

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Os estuários compreendem um ecossistema que é definido como sendo um corpo hídrico aberto, que possui livre conexão com o mar, onde a água marinha sofre diluição derivada da drenagem continental e é um ambiente que, de acordo com Miranda et al. (2002), recebe grande aporte de nutrientes e sedimentos devido essa drenagem e exporta matéria orgânica para a plataforma costeira. Ramos (2007) classifica a dinâmica dos estuários como complexa, visto que diversos são os processos dos quais sofre influência, como por exemplo, ação das marés, circulação dentro dos estuários e frentes estuarinas. Tal complexidade é responsável pela vulnerabilidade apresentada por esse ambiente.

Embora sejam vulneráveis, uma das principais características dos estuários é, segundo Day Jr et al. (1989), sua alta produtividade devido à grande descarga de nutrientes trazidos pelos rios, constituindo, portanto o habitat para os organismos que passam todo seu ciclo de vida neste e ainda um importante refúgio para outros que ali se reproduzem ficando somente durante seus estágios larvais como é o caso de muitos peixes, que vivem no estuário até que cresçam para migrar para o mar aberto (FERREIRA, 1989). Destaca-se também sua aptidão à resiliência, ou seja, é a capacidade que um ambiente tem de voltar ao seu estado normal depois de ter sofrido algum tipo de impacto.

Dentre as diversas espécies que habitam os estuários, seja durante todo seu ciclo de vida, seja apenas em alguma fase, estão representantes de vários Filos, incluindo desde formas microscópicas, até grandes peixes, aves, répteis e mamíferos. Em meio a toda essa diversidade de espécies, destacam-se os organismos zooplânctônicos, (conjunto dos organismos microscópicos e heterotróficos) cuja importância reside principalmente em sua função de transferência do fluxo de energia no ambiente pelágico, pois ocupa o segundo nível trófico da teia alimentar pelágica, estando entre os produtores primários (fitoplâncton) e os consumidores de níveis tróficos superiores do ecossistema aquático (RAYMONT, 1980).

O limitado poder de locomoção, complexa distribuição no ambiente estuarino, migração vertical são algumas das características do zooplâncton (RÉ, 2005b). A distribuição vertical na coluna d'água é uma das principais particularidades desses organismos, sendo que algumas espécies realizam um ciclo diário de migração vertical, refletindo padrões de distribuição complexos. Esse deslocamento se faz necessário, visto que o meio aquático, não apresenta estabilidade em suas condições físicas, sendo os organismos forçados a buscar as condições

adequadas às suas necessidades. Diversos são os fatores influenciadores desse mecanismo, como: as variações ambientais e seus gradientes horizontais e verticais de temperatura e salinidade (JOHNSON & ALLEN, 2005) além do fluxo de marés (SCHWAMBORN et al., 2008). De um modo geral, o zooplâncton se desloca em direção à superfície durante a noite, seguido de uma migração em sentido contrário durante o dia, ou seja, muitos ascendem quando a intensidade de luz diminui e descendem em profundidade quando a intensidade de luz é alta (JOHNSON & ALLEN, 2005; RÉ, 2005^a).

Outra particularidade do zooplâncton é o seu emprego na utilização como instrumento indicador de qualidade da água. O estudo desses organismos permite auxiliar no monitoramento dos efeitos poluidores no sistema aquático, causados pelos despejos de poluentes químicos ou domésticos, uma vez estes possuem grande sensibilidade ambiental e responde rapidamente às modificações do ambiente, seja pela alteração na sua quantidade, como na sua composição e diversidade da comunidade (COELHO-BOTELHO, 2002).

Ré et al. (2005b) afirma que são diversas as informações obtidas de organismos zooplanctônicos, dentre elas estão: épocas de desova, estimativas de fatores que influenciam o recrutamento, avaliações das modificações espaços-temporais de composição a abundância das populações de interesse econômico. Ainda segundo o mesmo autor essas informações são elementos fundamentais para a identificação e avaliação de novos recursos pesqueiros.

Logo, a partir de todas as informações inferidas, é possível certificar o valor de se estudar a distribuição e o comportamento dos organismos zooplanctônicos em ambiente estuarino, visando a relação destes com as variações dos parâmetros ambientais do estuário.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo realizar a caracterização da biodiversidade e distribuição dos organismos zooplanctônicos nesse ambiente e sua relação com os dados ambientais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a variação dos parâmetros ambientais do Furo da Laura, durante o período de estudo, por meio de análises físico-químicas da água;
- Caracterizar a composição da comunidade zooplanctônica quanto à abundância relativa, densidade e frequência de ocorrência neste sistema estuarino,
- Caracterizar distribuição espaço-temporal da comunidade zooplanctônica no Furo da Laura, levando em consideração o regime de maré relacionando-as com as variáveis ambientais.
- Caracterizar o zooplâncton em função de dois ciclos nictemerais, comparando suas variações no período seco e no período chuvoso e associando-as com as variáveis ambientais.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

Inúmeros são os estudos sobre zooplâncton no Brasil e no mundo. A dinâmica e distribuição espacial e temporal, abundância, densidade dessas comunidades, migração vertical, taxonomia, composição e diversidade, relação com as atividades antrópicas, relação com a produtividade primária, ou com parâmetros abióticos e parâmetros abióticos são alguns dos principais tópicos avaliados nos estudos de comunidades zooplanctônicas. Estes estudos revestem-se de grande importância visto que organismos planctônicos constituem a base da cadeia alimentar pelágica em ambientes aquáticos.

Regiões costeiras e estuarinas são ambientes litorâneos de fundamental importância biológica, econômica e social, uma vez que contém grande parte da biota aquática do planeta (MELO, 2004). Regiões litorâneas, em especial as amazônicas destacam-se por suas vastas áreas estuarinas, sendo que uma das principais características é a grande diversidade de espécies planctônicas (RAMOS, 2007).

A seguir será feita uma sinopse geral sobre alguns estudos mais recentes abordando os organismos zooplanctônicos e os principais temas relacionados, realizados em regiões costeiras e estuarinas, principalmente da região Amazônica.

Em relação aos estudos de composição zooplanctônica, destaca-se o trabalho de Melo (2004), que pesquisou sobre a influência da pluma estuarina do rio Amazonas na comunidade macrozooplanctônica, e apresentou 164 taxa de organismos zooplanctônicos, sendo que destes 109 eram do grupo dos copepodas. O autor relacionou ainda a distribuição dos organismos às variáveis ambientais e concluiu que a hidrografia da plataforma continental e área adjacente deste rio sofre uma alta variabilidade em suas condições, devido à pluma do Amazonas, o que o torna um mosaico complexo de habitats para o desenvolvimento do zooplâncton.

Em um estuário tropical amazônico, situado em Curuçá, no norte do Brasil, 30 táxons de Copepoda foram identificados no total e *Acartia tonsa* consistiu na espécie mais representativa ao longo de todo o período estudado, seguida por *Acartia lilljeborgii*, *Subeucalanus pileatus* e *Paracalanus quasimodo* (MAGALHÃES et al., 2009).

As variações na comunidade de zooplâncton são comuns em estuários macromaré. Costa et al. (2013) estudaram a composição e densidade desses organismos no estuário do rio Paracauari, (Bragança, Pará) em sistema de macromaré equatorial da zona costeira amazônica, durante as marés de sizígia e maré mortas para avaliar as flutuações relacionadas a variações nas características físicas e químicas da água. Constatou-se então, através de análises multivariadas que há a formação de dois grupos distintos representando a maré de sizígia e a

maré mortas. O zooplâncton foi composto principalmente por espécies estuarinas e costeiras. *Oithona oswaldocruzi*, *Paracalanus quasimodo*, e *Acartia tonsa* foram as mais comuns, e suas densidades foram diretamente relacionadas às oscilações das marés.

Ao realizar um estudo na plataforma continental do Pará e Amapá e posteriormente analisar as 13 estações oceanográficas da província nerítica, obtidas através de sete perfis perpendiculares à costa, Ramos (2004) relacionou a distribuição dos organismos aos parâmetros abióticos e relatou que os copepodas foram os organismos mais frequentes, com o destaque para *Rhincalanus cornutus*, *Subeucalanus pileatus* e *Temora stylifera*.

No trabalho realizado por Almeida et al. (2012), a Laguna Guaraíras, localizada no Rio Grande do Norte (Nordeste do Brasil), apresentou altas salinidades, o que levou os autores a caracterizarem o ambiente como um sistema costeiro-estuarino, ao invés de um ambiente verdadeiramente estuarino. Nesta laguna, a comunidade de copepodas costeiro-estuarinos foi representada pela dominância de *Oithona* spp., *Acartia lilljeborgi*, e *Parvocalanus crassirostris*, enquanto que o grupo marinho foi caracterizado pelos copepodas *Paracalanus quasimodo*, *Calanopia americana*, *Corycaeus* (C.) *speciosus* e Monstrilloida.

A variação espacial e temporal da densidade e biomassa de duas espécies do gênero *Pseudodiaptomus* (Copepoda, Calanoida) no estuário do rio Caeté (região Amazônica – Norte do Brasil). Os resultados revelaram que a contribuição de *P. richardi* para a produção secundária no Estuário do Rio Caeté é mais importante na zona liminética que em outras zonas onde foram dominantes os regimes eurihalino-polihalino. Contudo, para *P. acutus* não foi possível observar de forma clara um padrão de distribuição espacial e temporal para a área estudada (MAGALHÃES et al., 2003, 2006).

Em sua pesquisa, Ramos (2007) visou relacionar com a distribuição dos organismos zooplancônicos no Furo da Laura, Vigia – PA, de acordo com a variação espaço-temporal. O resultado expôs o predomínio dos copepodas: *Acartia tonsa*, *Acartia plumosa*, *Pseudodiaptomus richardi*, *Pseudodiaptomus marshi*, *Pseudodiaptomus gracilis*, *Oithona gessneri*, *Parvocalanus crassirostris* e *Macrocylops* sp. Além disso, verificou ainda uma grande quantidade de peixes e crustáceos, ambos em estágio larval, o que caracteriza o estuário um berçário natural e fundamental para o desenvolvimento da vida marinha, estuarina e dulcícola nesta região.

Araújo et al. (2008), ao estudarem a dinâmica da comunidade zooplancônica em relação a um ciclo sazonal e aportes de nutrientes no estuário do rio Sergipe entre 2001 e 2002, detectou que o microzooplâncton foi abundante, enquanto que o mesozooplâncton foi dominado por náuplios de Cirripedia em julho e por Copepoda em fevereiro.

Em seu estudo sobre distribuição espaço-temporal do zooplâncton no estuário do rio Maraú, baía de Camamu, realizado na Bahia, Santos (2009) relatou que os maiores índices de diversidade ocorreram no baixo estuário, devido à maior influência de espécies marinhas. No estuário intermediário (com maiores variações de salinidade), houve um maior índice de dominância, provavelmente porque as espécies que conseguem colonizar tal ambiente são selecionadas na competição com as demais, atingindo elevada abundância. A eutrofização e a salinidade foram as principais variáveis que influenciaram a distribuição dos organismos.

A influência da precipitação e variáveis hidrológicas sobre a abundância e diversidade da comunidade de copépodes foi investigada em uma base mensal ao longo de um ciclo anual no manguezal do estuário Taperaçu, no Município de Bragança, norte do Brasil (MAGALHÃES, PEREIRA & COSTA, 2015). Em particular, *Pseudodiaptomus marshi* predominou durante a estação chuvosa, enquanto *Acartia lilljeborgii* foi a espécie mais abundante na estação seca. Um processo de sucessão distinta foi observado na abundância relativa das espécies, impulsionado pela mudança no regime de chuva, que afeta as características hidrológicas, em particular a salinidade, e, por conseguinte, a abundância das espécies de copepodas.

Em estudo sobre migração vertical, no estuário de Catuama (Pernambuco, Brasil) foram identificados 27 grupos de Decapoda (sergestidae larvas, Porcellanidae, Upogebiidae, Caridea, Brachyura). A maioria das espécies e estágios larvais mostrou padrões característicos da migração vertical, em fase com os ciclos da maré diurna, favorecendo a retenção de exportação ou de estuário (SCHWAMBORN, 2008).

Ao estudar o comportamento de migração e posicionamento vertical de copepodas em um estuário de manguezal, localizado na costa oeste da Península da Malásia, Chew et al. (2015) avaliaram as interações entre marés, diurna e noturna e seus resultados apontaram que Copépodes estuarinos tenderam a subir durante a maré alta noturna e descida ao fundo durante a maré diurna. Isto sugere um mecanismo seletivo para penetrar a montante e manter a posição no estuário.

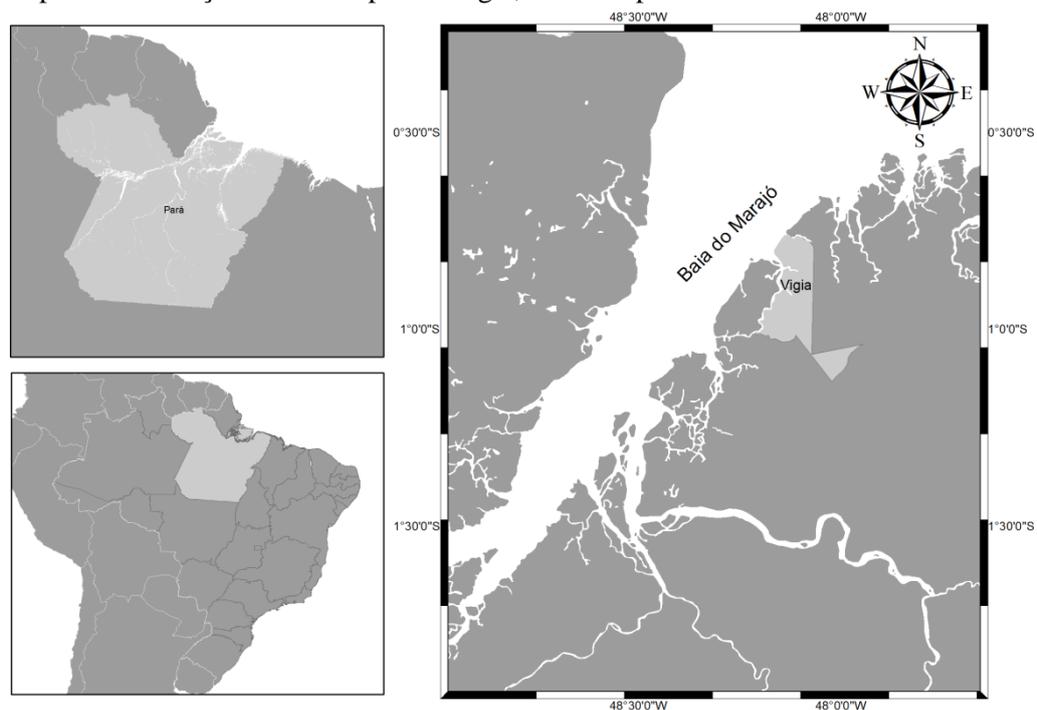
1.3 METODOLOGIA GERAL

1.3.1 Área de Estudo

O Município de Vigia de Nazaré está localizado na mesorregião do Nordeste Paraense, na microrregião do Salgado. Situada a 77 quilômetros da capital do Estado (cujo acesso se dá pela rodovia BR-316 até o município de Santa Izabel e posteriormente pela PA 140), possui uma área de 539.079 Km² e cerca de 47.889 habitantes em 2010 e estimada em 51.705 habitantes em 2016 (IBGE, 2010). Vigia é uma das cidades mais antigas do Estado do Pará. A atividade pesqueira artesanal/industrial local e de alto-mar conservado nas geleiras é a principal atividade econômica do município, sendo que parte da produção é distribuída para outros municípios e outra parte é responsável pelo abastecimento de hotéis, restaurantes e serve ainda para o consumo dos próprios moradores (PARÁ, 2005).

A sede municipal está situada entre as coordenadas geográficas 00° 51' 12" S e 48° 08' 41" N, limitando-se ao norte com o Oceano Atlântico e o município de São Caetano de Odivelas, a leste com os municípios de São Caetano de Odivelas e Castanhal, ao sul com o município de Santo Antônio do Tauá e a oeste com o município de Colares e a Baía do Marajó (PARÁ, 2011) (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização do município de Vigia, nordeste paraense.



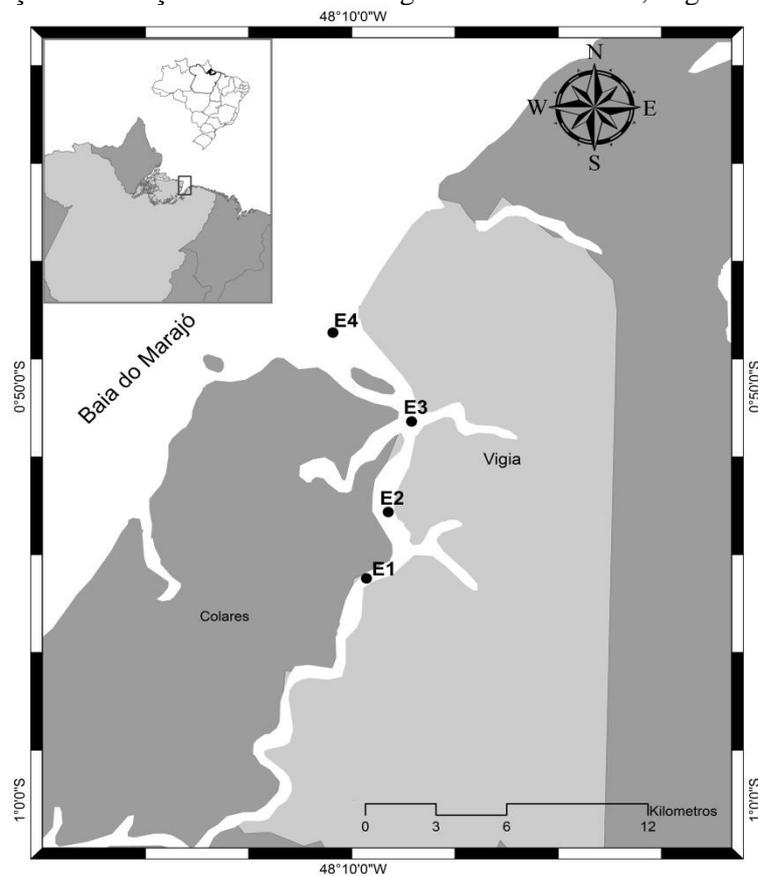
Fonte: Do autor.

1.3.2 Procedimentos de Campo

A dissertação foi executada a partir de dados provenientes do projeto Biodiversidade Planctônica e Caracterização Ambiental do Sistema Estuarino de Vigia de Nazaré – Estado do Pará. Todo o procedimento de campo foi realizado por meio do financiamento do CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq nº 480816/2010-7).

O material de estudo foi coletado no Furo da Laura, localizado no Furo da Laura, Município de Vigia, Estado do Pará.

Figura 2 – Localização das estações de coleta ao longo do Furo da Laura, Vigia-PA.



Fonte: Do autor.

Para a elaboração do trabalho foram utilizadas amostras, que foram coletadas em quatro diferentes estações de amostragem, distribuídas ao longo do Furo da Laura, as quais cobrem áreas estratégicas do estuário (Quadro 1). Sendo que para o estudo que envolve a variabilidade espaço-temporal foram utilizadas as amostras das quatro estações de coleta, e no estudo de variação circadiana utilizou-se apenas as amostras da estação E3, ponto localizado em rente à cidade e possivelmente é o ponto mais influenciado pelas atividades antrópicas.

Quadro 1 – Descrição das estações de coleta.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS	CARACTERÍSTICA
Estação 01	Porto Salvo	00°54'30.1''S; 048°09'53.3''W	Área mais interna com características mais limnéticas
Estação 02	Vila de Guajará	00°52'51.4''S; 048°09'28.3''W	Ponto médio entre a Vila de Guajará e o Porto Salvo
Estação 03	Frente da cidade	00°50'58.5''S; 048°08'44.7''W	Área com maior influência antrópica
Estação 04	Frente à Baía do Marajó	00°49'07.7''S; 048°10'09.2''W	Área mais externa, na foz do estuário

Fonte: Do autor.

As amostras são provenientes do projeto anteriormente citado, cujo início das coletas se deu em setembro de 2011 e foi finalizado em julho de 2012, com periodicidade bimestral, instituído, portanto, de 6 campanhas de coleta de dados, compreendendo assim um ciclo hidrológico completo, o que se faz necessário, tendo em vista a diferença sazonal na pluviosidade da região (SUDAM, 1984).

Utilizou-se ainda as amostras originárias de dois ciclos nictemerais (com intervalo de 3 horas entre cada coleta, durante um período de 24 horas), uma obtida no período seco (realizada na campanha de novembro de 2011) e a outra obtida no período chuvoso (realizada na campanha de março de 2012), conforme especificado no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 – Datas das campanhas e tipo de coleta realizada em cada uma.

CAMPANHA	MÊS	DATA	COLETA
Campanha 1	Setembro	24/09/2011	Espaço-temporal
Campanha 2	Novembro	19/11/2011	Espaço-temporal + Nictemeral
Campanha 3	Janeiro	18/01/2012	Espaço-temporal
Campanha 4	Março	17/03/2012	Espaço-temporal + Nictemeral
Campanha 5	Maior	15/05/2012	Espaço-temporal
Campanha 6	Julho	13/07/2012	Espaço-temporal

Fonte: Do autor.

Vale ressaltar que nas campanhas bimestrais, foram realizadas duas amostragens em cada estação de coleta (um na maré enchente e um na maré vazante), enquanto que, nas campanhas nictemerais fixou-se somente uma estação (Estação 03 – E3) para realização da coleta de amostras, visto que nesta modalidade é levada em consideração apenas a variação dia e noite.

O deslocamento entre as estações de coleta foram realizados com o auxílio de um barco regional ao longo do estuário (Figura 3). Para os estudos qualitativos e quantitativos dos

organismos zooplancctônicos, foram realizados arrastos horizontais na subsuperfície da coluna d'água, utilizando-se para isso rede de plâncton cônico-cilíndrica com a abertura da boca medindo 60 cm, malha de 200 μ m e comprimento de 1,5 metros. Ainda na mesma rede foram filtrados, 100L de água do ponto de coleta, para a determinação do volume de água filtrado pela rede.

Figura 3 – Embarcação regional utilizada para a coleta dos dados biológicos e ambientais.



Fonte: Do autor.

Após o arrasto, o material coletado era retirado do copo coletor da rede e imediatamente acondicionados em frascos de polietileno de 250 ml, devidamente etiquetados, contendo formalina 4%, neutralizada com tetraborato de sódio.

No intuito de realizar a caracterização hidrográfica do Furo da Laura, com o auxílio de sonda multiparâmetros Hanna HI 9828 (Figura 4), os parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica) foram aferidos *in situ*, em cada estação de amostragem simultaneamente às coletas dos parâmetros biológicos.

Figura 4 – Sonda multiparamétrica utilizada para aferição de variáveis ambientais.



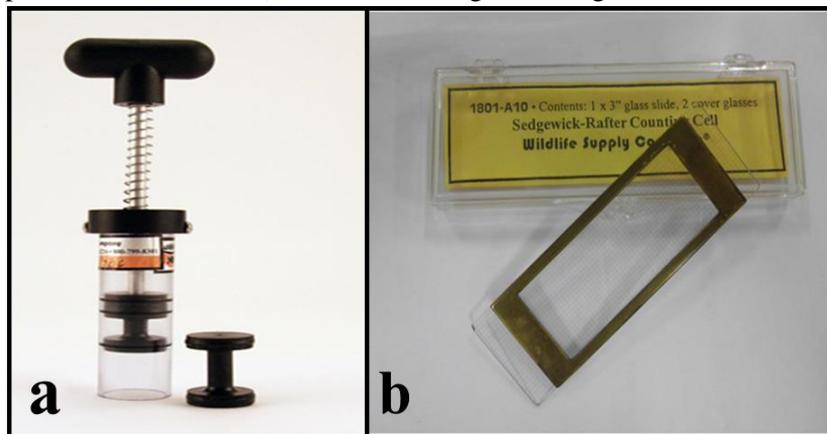
Fonte: Do autor.

1.3.3 Procedimentos de Laboratório

Posteriormente aos procedimentos de campo, as amostras coletadas foram transportadas ao LECAT – Laboratório de Ecologia Aquática Tropical, da Universidade Federal Rural da Amazônia, onde foram realizadas as análises qualitativas e quantitativas do zooplâncton, com o auxílio de estereomicroscópio Olympus CX21 e lupa binocular Motic AE31.

As amostras qualitativas foram submetidas à identificação a menor nível taxonômico possível, sendo necessário para isso o uso de estereomicroscópio lupa binocular, chaves taxonômicas, comparação com pranchas ilustrativas e consultas à literatura especializada. Além disso, efetuou-se a contagem de organismos a partir das amostras quantitativa, de maneira que de cada amostra retira-se, com o auxílio de uma pipeta “Hensel-Stempel” (Figura 5^a), uma sub-amostra de 1 ml, que é depositada em lâmina de contagem de Sedgwick-Rafter (Figura 5b) e levada ao microscópio para a realização das análises de densidade, abundância e frequência de ocorrência.

Figura 5 – a) pipeta Hensel-Stempel; b) lâmina de contagem de Sedgwick – Rafter.



Fonte: Do autor.

1.3.4 Tratamento Numérico dos Dados

1.3.4.1 Frequência de ocorrência

A frequência de ocorrência de cada organismo, em termos percentuais foi calculada utilizando-se a fórmula:

$$Fo = Ta . 100 / TA$$

Onde,

Fo = Frequência de ocorrência;

Ta = Número de amostras em que a família ocorreu;

TA = Número total de amostras.

Os resultados foram dados em percentagem, utilizando o critério de classificação, segundo Neumann – Leitão (1994).

≥75% - muito frequente

< 75% - 50% - frequente

< 50% - 25% - pouco frequente

≤ 25% - esporádica.

1.3.4.2 Abundância Relativa

A abundância relativa foi obtida com a fórmula:

$$Ar = N \cdot 100/Nt$$

Onde,

Ar = Abundância relativa;

N = Número total de organismos de cada família na amostra;

Nt = Número total de organismos na amostra.

Os resultados foram dados em percentagem, utilizando o critério de classificação, segundo Neumann – Leitão (1994).

> 70% - dominante;

< 70% - 40% - abundante;

< 40% - 10% - pouco abundante;

≤ 10% - esporádico.

1.3.4.3 Densidade

A densidade de organismos (Org/m³) foi obtida através da seguinte fórmula:

$$N = \frac{Vc \cdot x}{Vs}$$

Onde,

N = número de organismos

Vc = volume concentrado;

x = n° total de organismos na amostra

Vs = volume da subamostra

Após essa, aplicou-se uma segunda fórmula:

$$D = \frac{N}{V}$$

Onde,

D = densidade (Org/m³)

N = número de organismos

V = volume de água filtrada (L)

1.3.5 Índices Ecológicos

Utilizados como descritores de qualidade da comunidade, com bases vindas da teoria da informação, indicam o grau de complexidade da estrutura destas comunidades, como “complexa”, “rica” ou “simples”.

1.3.5.1 Índice de Diversidade de Shannon (H')

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (1948) foi calculado para cada amostra (utilizando logaritmo neperiano), com o objetivo de medir a quantidade de “ordem” (ou desordem) contida em um sistema (Krebs, 1999).

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \times \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right]$$

Onde,

H' = Diversidade específica (nats.ind⁻¹)

n_i = número de indivíduos do *taxon* i na amostra

N = número total de indivíduos da amostra.

Utilizando-se os logaritmos neperiano, o valor do índice de diversidade é expresso em conteúdo de informação por indivíduo. Quanto menor o valor do índice de Shannon, menor o grau de incerteza e, portanto, a diversidade da amostra é baixa. A diversidade tende a ser mais alta quanto maior o valor do índice.

Os resultados da análise de diversidade específica foram dados em nats.indivíduo⁻¹ e classificados de acordo com a seguinte escala:

≥ 3 nats.ind⁻¹: alta diversidade

- < 3 – 2 nats.ind⁻¹: média diversidade
 < 2 – 1 nats.ind⁻¹: baixa diversidade
 ≤ 1 nats.ind⁻¹: muito baixa diversidade

1.3.5.2 Índice de Equitabilidade de Pielou (J')

A diversidade máxima (H'_{\max}) definida por Pielou (1975) como índice de diversidade de uma coleção hipotética, utilizada como padrão, tendo tanto o mesmo número de espécies e o mesmo número de indivíduos da coleção observada. Através deste índice mede-se a uniformidade do ambiente. A equitabilidade (J') foi calculada a partir do índice de Shannon (H'), pela fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\text{Log}nS}$$

Onde,

J' = o índice de equitabilidade,

H' = o índice de diversidade calculado

S = número de espécies de cada amostra.

Adotam-se, para este índice, valores entre 0 e 1, sendo > 0,5 considerado significativo, uniforme. O índice de equitabilidade foi calculado na mesma base logarítmica que o índice de Shannon, possibilitando assim, comparação entre os mesmos. A riqueza de espécies (S) foi estimada contando o número de categorias taxonômicas por amostra. A dominância de Berger-Parker foi calculada pelo número de indivíduos no táxon dominante em relação ao n .

1.3.6 Análises estatísticas

As significâncias entre os dados foram testadas, sendo que para as campanhas bimestrais avaliou-se as diferenças bimensais (meses de coleta), espaciais (estações de coleta) e de regime de marés (enchente e vazante). Já para as campanhas nictemerais, foram avaliadas as diferenças sazonais (seco e chuvoso), bem como as diferenças entre a variação dia e noite (horários de coleta).

Logo, para testar a normalidade dos dados foi aplicado o teste tipo W de Shapiro-Wilk, a fim de verificar se as distribuições foram normais a 5%. Em seguida, para os dados não

paramétricos (distribuição não normal), optou-se por utilizar o teste Hc de Kruskal-Wallis ou o tratamento dois a dois através de um teste de Man-Whitney, visando identificar os dados que se diferem estatisticamente.

Para testar a associação existente entre as variáveis ambientais e variáveis biológicas das campanhas bimestrais, realizou-se uma correlação de Pearson. Utilizou-se para isso a média dos dados mensais de temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido, condutividade, além dos dados de riqueza das amostras, sendo que todas as variáveis foram submetidas inicialmente ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk W e todas apresentaram distribuição normal a 5%, sendo então, adequado este tipo de análise de correlação.

1.3.7 Análise Multivariada

Para ordenar os dados disponíveis, tanto das campanhas bimestrais quanto das nictemerais, foi aplicada a análise de componentes principais (PCA). A Análise foi realizada com a matriz de correlação entre as variáveis ambientais e os dados de densidade, sendo as variáveis previamente padronizadas em *Ranging* (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012).

Na análise de PCA dos dados nictemerais foram ordenados os horários de coleta em função das variáveis abióticas, bióticas e sazonalidade (seco e chuvoso). Para os dados bimestrais ordenaram-se os períodos de coleta (mês) em função das variáveis bióticas e abióticas, utilizando-se para ambas os dados de temperatura, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, salinidade, condutividade e densidade das espécies capturadas.

O uso de PCA é útil em análises multivariadas, pois permite a redução da dimensionalidade de dados multivariados. Ou seja, esse tipo de análise permite criar algumas poucas *variáveis-chaves* (Componentes Principais) que esclarecem o máximo possível a variabilidade dos dados (GOTELLI & ELLISON, 2011).

Foram realizadas ainda análises de agrupamentos (Cluster) a fim de evidenciar os padrões de similaridade entre os horários de amostragens (para as campanhas nictemerais) e os grupos zooplancctônicos encontrados (para as campanhas bimestrais).

É possível construir agrupamentos entre as amostras de acordo com suas similaridades, utilizando todas as variáveis disponíveis, e representa-los de maneira bidimensional através de um dendrograma. A análise de agrupamento hierárquico (HCA) é uma técnica de estatística multivariada complementar a PCA que têm grande aceitação na análise de dados ecológicos (MOITA NETO & MOITA, 1998).

Ambas as análises serão realizadas com o auxílio do programa estatístico *Past* (Hammer et al., 2001) um software livre disponível na internet.

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**, São Paulo, v. 71 (1), p. 13-24, fev. 2012.

ARAÚJO, H. M. P.; NASCIMENTO-VIERIA, 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 of Biology**, São Paulo, v. 68 (4), p. 751-762, nov. 2008.

CHEW, L.-L.; Chong, V. C.; OOI, A. L.; SASEKUMAR, A. Vertical migration and positioning behavior of copepods in a mangrove estuary: Interactions between tidal, diel light and lunar cycles. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 152, p. 142-152, 2015.

COELHO-BOTELHO, M. J. Influência da transposição das águas do reservatório Billings para o reservatório Guarapiranga (São Paulo) na comunidade zooplanctônica I Período chuvoso (1997 a 2001). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 24, Itajaí. **Anais...** Itajaí, 2002. [s.n.].

COSTA, K. G.; MONTEIRO, M. C.; BEZERRA, T. R.; VALLINOTO, M.; BERRÊDO, J. F.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Tidal-induced changes in the zooplankton community of an Amazon estuary. **Journal of Coastal Research**, Florida, v. 29 (4), p. 756-765, 2013.

DAY JR, J. W.; HALL, C. A. S., KEMP, W. M.; YÁNES-ARANCIBIA, A. **Estuarine ecology**. New York: John Wiley and Sons, 1989. 576 p.

FERREIRA, C. P. **Manguezais do Estado do Pará: fauna de galerias perfuradas por teredos em taras de *Rhizophora***. 1989. 160 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre, RS: Artimed, 2011. 528 p.

GOVERNO DO PARÁ, 2005. Conheça o Pará – Vigia. Disponível em <www.governodopara.pa.gov.br/conhecaopara/vigia.asp>. Acesso em setembro de 2015.

GOVERNO DO PARÁ. 2011. Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. Informações gerais. Disponível em: <<http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/vigia.pdf>>. Acesso em outubro 2016.

HAMMER, O., HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4 (1): 9pp. 2001.
IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <>. Acesso em outubro de 2016.

JOHNSON, W. S.; ALLEN, D. M.; **Zooplankton of the Atlantic and Gulf Coasts: A guide to their identification and ecology.** The Johns Hopkins University Press, 2005. 379 p.

KREBS, C. J. **Ecological Methodology.** Addison Wesley Ongman, Menlo Park. 1999. 620 p.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. F. J. **Numerical ecology.** 2. Ed. Canadá: Elsevier, 2012. 852 p.

MAGALHÃES, A. L. P.; et al. Spatial distribution, density and biomass of the planctonic copepod *Pseudodiaptomus richardi* (Dahl, 1984) in the Caeté River Estuary and Adjacent Coastal Zones (Bragança-Pará-North Brazil). In: MANGROVE INTERNATIONAL CONFERENCE, 2003, Salvador. **Anais...** Salvador, 2003. p. 131.

MAGALHÃES, A.; COSTA, R. M.; LIANG, T. H.; PEREIRA, L. C. C.; RIBEIRO, M. J. S. Spatial and Temporal Distribution in Density and Biomass of Two *Pseudodiaptomus* Species (Copepoda: Calanoida) in the Caeté River Estuary (Amazon Region – North Of Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, São Paulo, v. 66 (2A), p. 421-430, 2006.

MAGALHÃES, A.; LEITE, N. R.; SILVA, J. G. S.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Seasonal variation in the copepod community structure from a tropical Amazon estuary, Northern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81 (2), p. 187-197, 2009.

MAGALHÃES, A.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Relationships between copepod community structure, rainfall regimes, and hydrological variables in a tropical mangrove estuary (Amazon coast, Brazil). , v. 69 (1), p. 123-136, 2015.

MELO, N. F. A. C. de. **Biodiversidade e Biomassa do Macrozooplâncton, com ênfase nos Copepoda (Crustacea), na Plataforma Continental Norte Brasileira.** 2004. 125 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física dos estuários.** 1. Ed. São Paulo: USP, 2002.

MOITA NETO, J. M. & MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, v. 21 (4), p.467-469, 1998.

NEUMANN-LEITÃO, S. **Impactos antrópicos na comunidade zooplanctônica estuarina: Porto de Suape-Pernambuco-Brasil.** 1994. 273 f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

PIELOU, E. C. **Ecological Diversity.** Wiley Interscience. New York, 1975. 384p.

RAMOS, C. A. R. **Composição, Biomassa e Distribuição dos Copepoda (Crustácea) na Plataforma Continental Brasileira.** 2004. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

RAMOS, C. A. R. **Qualidade ambiental, distribuição e densidade do Mesozooplâncton do estuário de Guajará-Miri, Vigia de Nazaré, NE do Estado do Pará.** 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado em ciência Animal) – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

RAYMONT, J. E. G. **Plankton and productivity in the oceans: Zooplankton.** Oxford, New York: Toronto-Pergamon, 1980. 824 p.

RÉ, P. M. A. B. **Ecologia Marinha e Estuarina.** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa: Sabenta, 2005^a. 59 p.

RÉ, P. M. A. B. AZEITEIRO, U.; MORGADO, F.; **Ecologia do Plâncton Marinho e estuarino.** 1 ed. Lisboa: Sabenta, 2005b. 108 p.

SANTOS, V. G. **Distribuição espaço-temporal do zooplâncton no estuário do rio Marauá, baía de Camamu – BA.** 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009.

SCHWAMBORN, R.; MELO JÚNIOR, M.; NEUMANN-LEITÃO, S.; EKAU, W.; PARANAGUÁ, M. N. Dynamic patterns of zooplankton transport and migration in Catuama Inlet (Pernambuco, Brazil), with emphasis on the decapod crustacean larvae. , v. 36 (1), p. 109-113, 2008.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **Boll. Syst. Tech. J**, v. 27, p. 379-423, 1948.

SILVA, A. C. **Caracterização Ambiental e Distribuição Espaço-Temporal da Biodiversidade de Ovos e Larvas de Peixe no Furo da Laura (Pará-Brasil).** 107 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2013.

SUDAM/PROJETO DE HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA DA AMAZÔNIA. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira.** Belém: SUDAM, 125 p. 1984.

CAPÍTULO 2**VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA
E SUA RELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM UM ESTUÁRIO
AMAZÔNICO TROPICAL**

Artigo científico que será formatado e submetido ao
BOLETIM DO INSTITUTO DE PESCA (BIP).

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA E SUA RELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO TROPICAL

Samara Cayres SILVA¹; Glauber David Almeida PALHETA¹; Nuno Filipe Alves Correia de MELO¹

RESUMO

O estudo tem por objetivo caracterizar ambientalmente o estuário estudado e a comunidade zooplânctônica quanto à sua distribuição espaço-temporal, relacionando-a as variáveis ambientais, com as variações de maré. Foram analisadas amostras de zooplâncton coletadas bimensalmente (durante um ciclo hidrológico) em quatro estações, em suas variações de maré, as quais foram realizadas através de arrastos horizontais na subsuperfície da coluna d'água, com rede de plâncton (malha de 200µm) e posteriormente conservadas em formol a 4%, neutralizada com tetraborato de sódio. Parâmetros ambientais (temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica) foram aferidos *in situ*, com sonda multiparamétrica, simultaneamente às coletas biológicas. As variáveis ambientais não apresentaram grandes variações no período de estudo. A densidade zooplânctônica total apresentou média de 304.327 Org/m³. A diversidade específica foi semelhante entre as campanhas bimestrais. Não houve diferença significativa entre nenhum dos dados testados (temporalidade, espacialidade, regime de maré). O agrupamento realizado identificou três grupos formados de acordo com a similaridade entre suas distribuições. A análise de componentes principais revelou que pH, temperatura e oxigênio influenciaram fortemente a distribuição zooplânctônica.

Palavras-chaves: Densidade; Zooplâncton; Estuário; Variação Ambiental.

SPACE-TEMPORAL VARIABILITY OF THE ZOOPLANKTON COMMUNITY AND ITS RELATIONSHIP WITH THE ENVIRONMENTAL VARIABLES IN AMAZON TROPICAL ESTUARY

ABSTRACT

The objective of the study was to characterize the studied estuary and the zooplankton community in terms of its spatial-temporal distribution, in relation to environmental variables, with tidal variations. Zooplankton samples were collected every two months analyzed (during a hydrologic cycle) in four stations in their tidal variations, which were realized through horizontal drags at the subsurface of the water column, with plankton net (mesh of 200µm) and then preserved in 4% formalin, neutralized with sodium tetraborate. Environmental parameters (temperature, pH, salinity, dissolved oxygen and electrical conductivity) were measured in situ with multiparameter sensor simultaneously with the biological collections. The environmental variables showed no significant variations during the study period. The total zooplankton density presented an average of 304,327 Org/m³. Species diversity was similar between the bimonthly campaigns. There was no significant difference between any of the data tested (temporality, spatiality, tidal regime). The clustering identified three groups formed according to the similarity between their distributions. The principal component analysis showed that pH, temperature and oxygen are strong influencing the distribution zooplankton.

Keywords: Density; Zooplankton; Estuary; Environmental Variation.

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia Campus Belém, Avenida Presidente Tancredo Neves CEP: 66.077-830, Belém, Pará, Brasil. e-mail: samaracayres@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

Entre os variados ecossistemas costeiros brasileiros, destacam-se os ecossistemas estuarinos, que recebem grande aporte de nutrientes e sedimentos (MIRANDA et al., 2002), o que confere ao mesmo uma alta produtividade, a qual gera regeneração rápida e local dos nutrientes, bem como o aporte destes para os rios e mares, enriquecendo assim, os ecossistemas marinhos através da sua exportação líquida de matéria orgânica, organismos e detritos particulados e dissolvidos (MELO et al., 2008).

Os estuários servem ainda como uma fonte de refúgio (FERREIRA, 1989) e uma importante área de alimentação para populações de espécies estuarinas e marinhas e ainda para muitas espécies de peixes e invertebrados comercialmente importantes, que iniciam seu ciclo de vida no estuário e o completam em mar aberto (SILVA, 2007; COSTA et al., 2009).

Dentre os sistemas estuarinos do Nordeste paraense destaca-se o Furo da Laura, que banha a cidade de Vigia de Nazaré e é considerado um importante ecossistema para os recursos pesqueiros do Estado do Pará, principalmente a pesca artesanal e a extração de caranguejo (*Ucides cordatus*). Dos diversos grupos que habitam os estuários, o zooplâncton constitui a base da cadeia alimentar, sendo um dos grupos mais importantes de organismos estuarinos devido ao seu papel fundamental na dinâmica destes ecossistemas, onde eles formam o elo entre os produtores primários e os consumidores a níveis tróficos superiores (PARANAGUÁ, 2000).

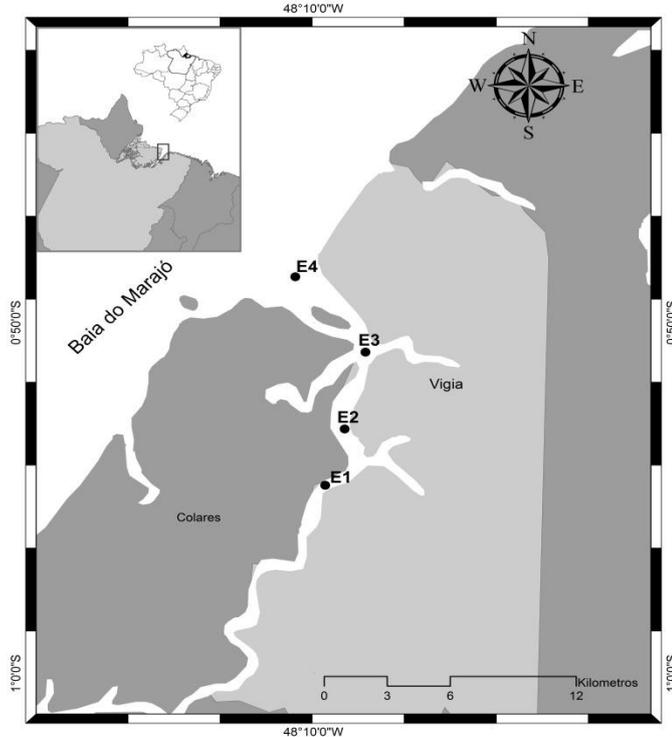
Outras características dos organismos zooplânctônicos são: o limitado poder de locomoção (RÉ, 2005), complexa distribuição no ambiente estuarino (RAMOS, 2007), caráter dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda (MELO, 2004), rápida resposta às alterações do meio aquático, as quais são provenientes dos intensos processos físicos, químicos e biológicos a que os estuários estão sujeitos, tornando-os ambientes complexos em sua dinâmica (PRIMO, et al., 2009). Sendo assim, essas alterações no meio aquático podem afetar as comunidades planctônicas e, conseqüentemente pode ocasionar mudanças estruturais em todos os níveis tróficos do ecossistema aquático (COSTA, 2013).

O presente trabalho visa caracterizar um estuário tropical, por meio de análises físico-químicas da água, bem como determinar a comunidade zooplânctônica e sua distribuição espaço-temporal nesse ambiente, levando em consideração o regime de maré relacionando-as com as variáveis ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

O material de estudo foi coletado no estuário do Furo da Laura, localizado no município de Vigia-PA, Amazônia oriental (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo e pontos de coleta ao longo do Furo da Laura, Vigia-PA. Estação 01 (E1); Estação 02 (E2); Estação 03 (E3); Estação 04 (E4).



As coletas foram realizadas em quatro estações de amostragens distribuídas ao longo do estuário, nas quais foram realizadas amostragens bimensais e em suas variações de maré (enchente e vazante), cujo início se deu em setembro de 2011 e foi finalizado em julho de 2012 constituindo, portanto, 6 campanhas de coleta de dados, compreendendo assim um ciclo hidrológico completo.

As amostras foram coletadas com arrastos horizontais na subsuperfície com rede de plâncton (abertura de malha 200 μ m), para análises quantitativas, adicionalmente, foram filtrados 100L de água do ponto de coleta na mesma rede, para análises quantitativas, sendo todas as amostras obtidas fixadas com formalina 4%, neutralizada com tetraborato de sódio. O monitoramento das variáveis ambientais (temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica) foram realizados *in situ*, com o auxílio de sonda multiparâmetros Hanna HI 9828.

Em laboratório, as amostras foram analisadas com auxílio de estereomicroscópio e lupa binocular, onde as amostras qualitativas foram submetidas à identificação a menor nível taxonômico possível. A análise das amostragens quantitativas se deu por meio da contagem de

organismos em uma alíquota de 1 ml, retirado do volume filtrado pela rede de plâncton, a partir da qual determinou-se a densidade (Org.m³), bem como a abundância relativa e frequência de ocorrência, as quais foram determinadas e interpretadas segundo a escala de Neumann-Leitão (1994) considerando para os resultados da frequência de ocorrência: $\geq 75\%$ muito frequente; $< 75\%$ - 50% frequente; $< 50\%$ - 25% pouco frequente; $\leq 25\%$ esporádica, e para os resultados da abundância relativa as percentagens: $> 70\%$ dominante; 70 – 40 % frequente; 40 – 10 % pouco frequente; $< 10\%$.

A diversidade, equitabilidade e dominância na distribuição dos organismos foram estimadas pelos índices de Shannon-Wiener (H'), (considerando para os resultados: ≥ 3 alta diversidade; $< 3 - 2$ média diversidade; $< 2 - 1$ baixa diversidade; ≤ 1 muito baixa diversidade), Pielou (J') e Berger-Parker, respectivamente.

Para testar a significância entre os dados disponíveis (temporalidade, espacialidade, regime de maré) foram realizados testes de normalidade tipo W de Shapiro-Wilks, a fim de verificar se as distribuições foram normais a 5% e, em seguida, para os dados não paramétricos, aplicou-se o teste H_c de Kruskal-Wallis, visando identificar os dados que se diferem estatisticamente.

A associação existente entre as variáveis ambientais e variáveis biológicas das campanhas bimestrais, foi testada pela correlação de Pearson, através do uso da média dos dados mensais de temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido, condutividade, bem como dos dados de riqueza das amostras.

Na análise de agrupamento foi empregada a Análise Hierárquica de Cluster, com base nas similaridades entre as amostras utilizando-se o algoritmo de *Bray-Curtis*, a fim de evidenciar os padrões de similaridade entre os grupos zooplanctônicos encontrados. A Análise de Componentes principais (PCA) foi realizada com a matriz de correlação entre as variáveis ambientais e os dados de densidade, sendo as variáveis previamente padronizadas em *Ranging* (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012). Ambas as análises foram realizadas utilizando-se o software livre Past (Hammer et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis ambientais do Furo da Laura, avaliados durante o período de estudo estão descritos na Tabela 1.

A temperatura superficial variou de 27,93 °C (Janeiro, E04, vazante) a 30,89 °C (Setembro, E03, enchente), apresentando uma média de 28,98 °C, valores estes que foram

semelhantes aos registrados no estudo de Ramos (2007) e que foram compatíveis com o descrito por Ré (2005), quando o mesmo afirma que menores valores são registrados no mês em que há maior abundância de chuvas, havendo maior ação dos ventos, misturas de massas de águas, resultando na diminuição da temperatura.

O pH apresentou média de 6,50, cujo menor valor (5,60) foi aferido num período de maior pluviosidade – janeiro e março – ambos na E02 e na maré enchente, período em que há maior descarga dos rios na região, diluindo a concentração de íons presentes na água (SILVA, et al., 2011). O maior valor (7,89) foi registrado no mês de setembro, E01, enchente, semelhante a outros estudos em regiões próximas (SILVA et al., 2011; RAMOS, 2007).

Para a salinidade registrou-se valores entre 0,68 g/L (Maio) e 8,10 g/L (novembro), ambos na E04 e na maré vazante, cuja média foi 3,98 g/L, valores estes que são relativamente baixos e típicos de ambientes estuarinos, além de outros fatores externos, como por exemplo, a ação de marés e a precipitação pluviométrica (RAMOS, 2007), bem como a dinâmica entre a evaporação e a precipitação. No geral a salinidade foi considerada relativamente baixa, comum em ambientes estuarinos, o que ocorre provavelmente devido à maior descarga dos rios nesse ambiente, que propicia um maior aporte de água doce na região estuarina (SOUZA-PEREIRA & CAMARGO, 2004).

O valor médio registrado para a condutividade elétrica foi de 7,49 Ms/cm⁻¹, variando de 1,38 Ms/cm⁻¹ a 15,29 Ms/cm⁻¹ na estação E04 em maio e novembro, respectivamente (Tabela 1). Sendo que o maior e menor valor foi verificado simultaneamente aos da salinidade, o que, de acordo com Garcia Dias (2007), pode ser explicado pelo fato de haver uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica.

O oxigênio dissolvido variou entre 4,87 mg/L⁻¹ (Novembro, E01, enchente) e 12,64 mg/L⁻¹, (Janeiro, E03, vazante), com média de 7,67 mg/L⁻¹. Os maiores valores podem ser atribuídos diminuição do volume da água, ocasionando menores concentrações de material em suspensão no estuário, apresentando menor consumo de oxigênio e maior produção do mesmo, devido uma maior penetração de luz incidente do sol na coluna d'água, estimulando a produção fotossintética (RÉ, 2005; SILVA, 2011).

Foi possível verificar durante o estudo que as variáveis ambientais apresentaram pouca variação, no entanto, o oxigênio dissolvido, salinidade e condutividade foram as que apresentaram maior coeficiente de variação (20,08%, 52,14%, 52,78%) e maior desvio padrão (1,54, 2,08 e 3,95), respectivamente (Tabela 1).

A salinidade foi a variável que apresentou maiores flutuações climatológicas (precipitação pluviométrica) e físicas (ação das marés), sendo isto um comportamento comum

em estuários (MIRANDA et al., 2002), principalmente nos estuários do nordeste paraense (KRUMME e LIANG, 2004; MAGALHÃES et al., 2006; MESQUITA et al., 2006). Entretanto essas variações, embora sejam comuns nesses ambientes, podem ser fatores condicionantes para a distribuição da comunidade zooplanctônica (TUNDISI, 1970; COSTA et al., 2009).

Tabela 1: Variação dos parâmetros abióticos o Furo da Laura durante o período de estudo.

<i>Variáveis ambientais</i>	Mín	Máx	Med±DP	CV (%)
Temperatura (°C)	27,93	30,89	28,98±0,84	2,89
pH	5,60	7,89	6,50±0,61	9,35
Salinidade (g/L)	0,68	8,10	3,98±2,08	52,14
OD (mg/L ⁻¹)	4,87	12,64	7,67±1,54	20,08
CE (Ms/cm ⁻¹)	1,38	15,29	7,49±3,95	52,78

A composição zooplanctônica do Furo da Laura esteve representada pelos grupos pertencentes aos seguintes Filos: Cnidaria (Hydromedusae), Annelida (Polychaeta), Mollusca (Gastropoda e Bivalvia), Arthropoda (Crustacea, Maxillopoda, Malacostraca, Branchiopoda e Ostracoda), Chaetognata e Chordata (Appendicularia e Pisces), nas formas adultas, juvenis, larvais e ovos, conforme demonstrado na sinopse taxonômica (Quadro 1).

Os Cirripedia foram responsáveis por mais da metade da composição total da comunidade zooplanctônica deste estuário, no período estudado, representando 52,53% do total de organismos, seguido dos Copepoda, que compuseram 35,76%, Mollusca, responsável por 7,68%, os Annelida, que compuseram 2,12% e com 1,92% estiveram os demais constituintes da comunidade. A grande contribuição de Cirripedia, principalmente no período seco, pode estar relacionada ao ciclo reprodutivo ou ainda à superficialidade em estuários, que podem favorecer a ocorrência de larvas meroplanctônica (COSTA, R. et al., 2009; COSTA, K. et al., 2013; DAME E ALLEN, 1996).

Quadro 1: Sinopse taxonômica da comunidade zooplanctônica do Furo da Laura.

Taxa	
REINO ANIMALIA	
<p>FILO CNIDARIA Verril, 1865 Subfilo Medusozoa Petersen, 1979 Superclasse Hydrozoa Owen, 1843 CLASSE HYDROIDOMEDUSAE Subclasse Leptomedusae Haeckel, 1886 Espécie: <i>Obelia</i> sp Peron e Lesueur, 1810</p> <p>FILO MOLLUSCA Subfilo Aculifera Hatschek, 1891 CLASSE GASTROPODA Cuvier, 1795 (Véliger)</p> <p>CLASSE BIVALVIA Linnaeus, 1758 (Véliger)</p> <p>FILO ANNELIDA Lamarck, 1809 CLASSE POLYCHAETA Grube, 1850 (Larvas e juvenis) Família Spionidae Família Temopteridae</p> <p>FILO ARTHROPODA Sbfilo Crustacea Pennant, 1977 CLASSE MAXILLOPODA Dahl, 1956 Subclasse: Copepoda Milne-Edwards, 1840 (náuplio, copepodito e adultos) Ordem Calanoida Sars, 1903 Família: Acartiidae Sars, 1903 Espécie: <i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849 Espécie: <i>Acartia danae</i> Giesbrecht, 1889 Família Paracalanidae Giesbrecht, 1892 Espécie: <i>Parvocalanus crassirostris</i> Dahl, 1894 Espécie: <i>Paracalanus nanus</i> Sars, 1907 Espécie: <i>Paracalanus</i> sp Família Pseudodiaptomidae Sars, 1902 Espécie: <i>Pseudodiaptomus richardi</i> Dahl, 1894 Espécie: <i>Pseudodiaptomus marshi</i> Wright, 1936 Espécie: <i>Pseudodiaptomus gracilis</i> Dahl, 1894 Espécie: <i>Pseudodiaptomus</i> sp1 Família Eucalanidae</p>	<p>Espécie: <i>Eucalanus</i> sp Dana, 1852 Ordem Poeciolostomatoida Thorell, 1859 Família Onceidae Giesbrecht, 1892 Espécie: <i>Oncaea media</i> Giesbrecht, 1891 Ordem Cyclopoida Burmeister, 1834 Família Oithonidae Dana, 1853 Espécie: <i>Oithona nana</i> Giesbrecht, 1892 Espécie: <i>Cyclops</i> sp Ordem Harpacticoida Sars, 1903 Subclasse: Cirripedia Burmeister, 1834 (náuplio e cypris) Espécie: <i>Balanus</i> sp</p> <p>CLASSE MALACOSTRACA Latreille, 1806 Subclasse Eumalacostraca Grobben, 1892 Ordem Isopoda Latreille, 1817 Ordem Decapoda Latreille, 1803 Infraordem Brachyura Latreille, 1803 (zoea)</p> <p>CLASSE OSTRACODA Latreille, 1806</p> <p>CLASSE BRANCHIOPODA Latreille, 1817 Ordem Diplostraca Subordem Cladocera Família: Polyphemoides Espécie: <i>Evadne</i> sp</p> <p>FILO CHAETOGNATA Leuckart, 1894 CLASSE SAGITTOIDEA Claus e Groben, 1905 Família Sagittidae Claus e Grobben, 1905 Espécie: <i>Sagitta</i> sp</p> <p>FILO CHORDATA CLASSE APPENDICULARIA Família Oikopleuridae Lohmann, 1915 Espécie: <i>Oikopleura dioica</i> Fol, 1872 Espécie: <i>Oikopleura</i> sp Subfilo Vertebrata Pisces (ovos e larvas)</p>

Em relação à frequência de ocorrência da comunidade zooplânctônica (Apêndice 1) durante o período estudado no Furo da Laura, a maioria das espécies se classificaram como muito frequentes, ou seja, estiveram presentes entre 75% e 100% das amostras. Dentre estas, com 100% de frequência estiveram *Acartia tonsa*, *Parvocalanus crassirostris*, *Paracalanus* sp, *Pseudodiaptomus* sp1, *Oithona nana*, *Cyclops* sp, Cyclopoida, Calanoida, fases larvais de Copepoda, Gastropoda e náuplios de Cirripedia. E presentes em 83,33% das amostras estiveram as larvas de Bivalve e de Polychaeta, *Paracalanus nanus*, os copepodas do grupo Poecilostomatoida e Harparcticoida

Classificados como frequentes estiveram *Balanus* sp (66,67%), *Pseudodiaptomus richardi*, Ostracoda e Hydroidomedusaes, sendo estas com 50% de frequência nas amostras estudadas. Os demais grupos e espécies apresentaram baixa frequência nas amostras, sendo considerados, portanto como pouco frequentes ou esporádicos (Tabela 3).

Souza-Pereira & Camargo, (2004) ao analisarem o efeito da salinidade e do esgoto orgânico sobre o zooplâncton do estuário do rio Itanhaém, São Paulo verificaram que a presença de *P. richardi* foi associada a menores valores de salinidade, o que ocorreu também no presente estudo, uma vez que a salinidade manteve valores relativamente baixos para esta variável durante todo o período de estudo. Ainda no mesmo estudo, Souza-Pereira & Camargo, (2004) relacionou a presença de *P. crassirostris* e Poecilostomatoida à temperaturas próximas à 20 °C, fato este bem semelhante também ao acontecido no presente trabalho, cujo valores de temperatura apresentaram média de 28,98 °C.

As espécies do gênero *Oithona* estão frequentemente entre os copepoda dominantes em águas de baixa salinidade dos estuários brasileiros e são favorecidas nesse ambiente, devido à sua extraordinária plasticidade ecológica. De acordo com Almeida et al., (2012) esses copepoda podem ingerir de forma eficiente partículas relativamente pequenas, incluindo nanofitoplancton, e também células grandes (> 50 µm), o que pode favorecer sua dominância em condições eutróficas, o que torna o gênero altamente adaptado.

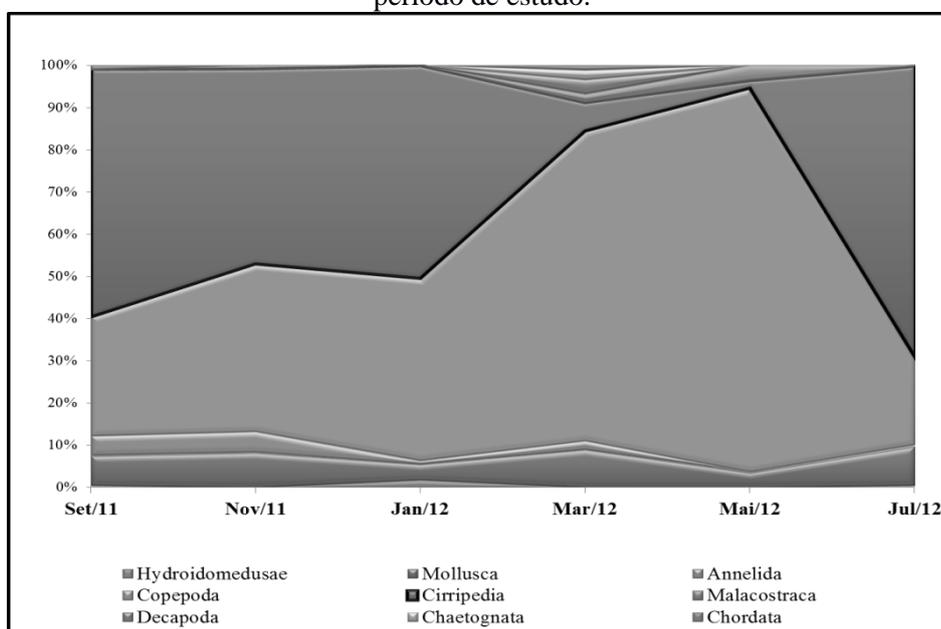
As larvas de Brachyura apresentaram frequência apenas nos meses de Novembro e Março, e de acordo com Melo (2004), na região costeira do Estado do Pará, essas espécies são mais abundantes de janeiro a abril.

A abundância relativa dos organismos zooplânctônicos do Furo da Laura, durante o período de estudo revelou uma tendência de domínio dos copepoda, cuja abundância alcançou percentagens de 73,33% (Março/12) e 90,91% (Maio/12), classificando-se como dominante no período chuvoso. O grupo dos Cirripedia classificou-se como abundante no período menos chuvoso, por apresentarem abundância de 58,69%, 46,28%, 50,46% e 68,91% nos meses de

Setembro/12, Novembro/12, Janeiro/12 e Julho/12, respectivamente. Os demais grupos apresentaram baixa abundância sendo considerados, portanto como pouco abundantes ou esporádicos (Figura 2).

De um modo geral, o zooplâncton estuarino se caracteriza pelo predomínio de espécies holoplanctônicas, principalmente os Copepodas (DAY JR et al., 1989), entretanto o presente estudo revelou uma grande contribuição de organismos meroplanctônicos, como os Cirripedia que foi muito frequente e abundante no período menos chuvoso, o que pode estar relacionado ao ciclo reprodutivo (TUNDISI, 1970; CAVALCANTI et al., 2008; COSTA et al., 2013).

Figura 2 – Abundância Relativa do Zooplâncton ao longo do Furo da Laura, Vigia-PA, durante o período de estudo.



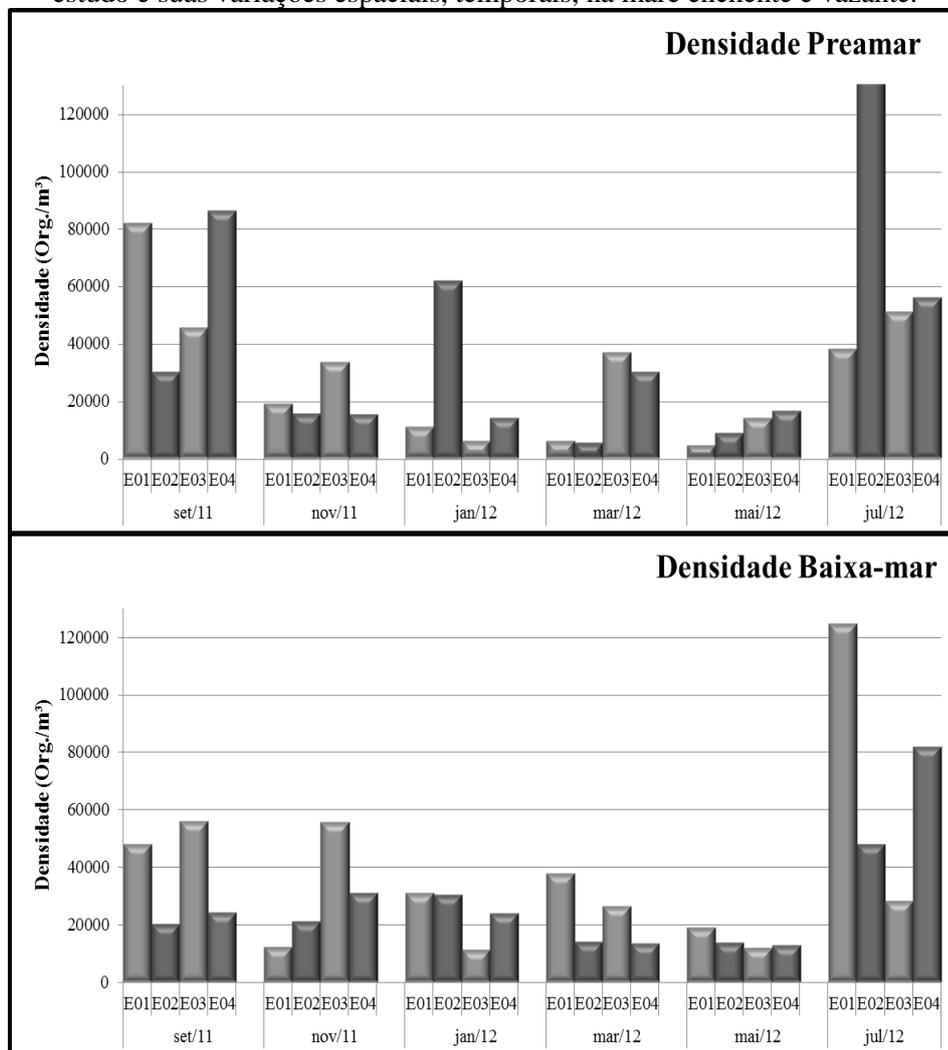
A seguir consta a distribuição das densidades de organismos e suas variações espaciais, temporais e de maré (Figura 3). Na maré enchente a densidade geral do zooplâncton variou de 4.600 Org./m³ na E01 da campanha de maio/12 a 277.200 Org./m³ na E02 do mês de julho/12 (média de 40.188 Org./m³). Já na maré vazante, a densidade média foi de 33.104 Org./m³, cujo valor mínimo foi 11.200 Org./m³ e o pico foi 124.600 Org./m³, na E03 do mês de janeiro e na E01 da campanha de julho, respectivamente.

Nota-se que as campanhas do mês de julho apresentaram as maiores densidades, tanto na maré enchente, quanto na maré vazante, elevações estas que foram ocasionadas pela grande densidade de Cirripedia (náuplios e *Balanus* sp) e de acordo com Lopes (2002), a presença destas em maior quantidade está relacionada com as características ambientais seletivas mais

acentuadas, como baixa salinidade e a presença de substâncias húmicas e tânicas, oriundas da decomposição da vegetação da margem.

Já as menores densidades foram observadas na maré enchente e em meses mais chuvosos, principalmente nas campanhas de março e maio, cujas médias foram 19.550 Org./m³ e 10.975 Org./m³, respectivamente. Geralmente os meses de maior pluviosidade e maré enchente geram menores densidades zooplanctônicas, uma vez que nessas ocasiões o volume de água e a turbulência aumentam, fazendo com que esses organismos fiquem mais dispersos na coluna d'água, o que é comum em estuários amazônicos (RÉ, 2005).

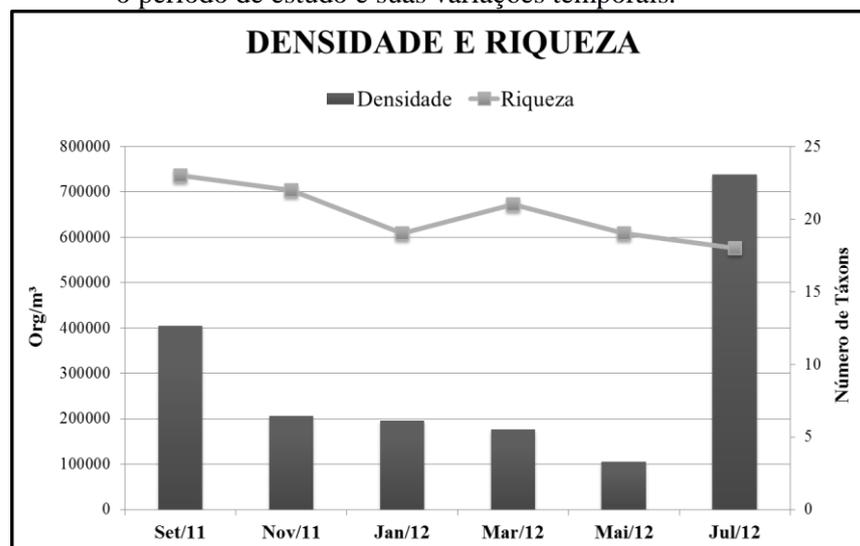
Figura 3 – Densidade zooplanctônica ao longo do Furo da Laura, Vigia-PA, durante o período de estudo e suas variações espaciais, temporais, na maré enchente e vazante.



A densidade mensal total do zooplâncton, no período estudado, variou entre 105.188 Org./m³ (maio/12) e 738.675 Org./m³ (julho/12), cuja média foi de 304.327 Org./m³. Porém a maior riqueza total de táxons foi registrada no mês de setembro e a menor riqueza foi verificada

na campanha do mês de julho (Figura 4). Este arranjo é bem comum em estuários, que segundo Castro (2012), este ambiente geralmente apresenta pouca diversidade de espécies, porém altas densidades dos poucos grupos presentes, diferentemente do que ocorre no ambiente marinho.

Figura 4: Densidade e riqueza zooplancônica ao longo do Furo da Laura, Vigia-PA, durante o período de estudo e suas variações temporais.

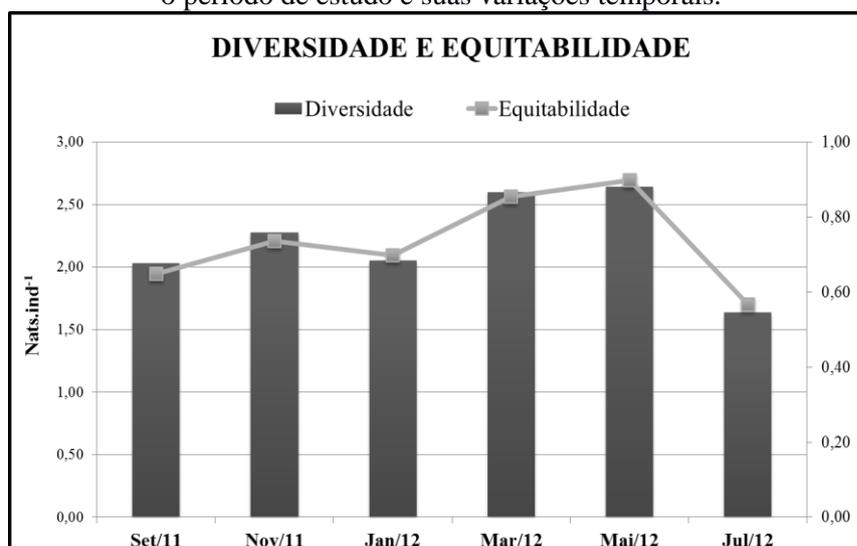


A diversidade específica apresentou um padrão semelhante entre as campanhas mensais de coleta, sendo que a menor diversidade registrada foi de 1,64 nats.ind⁻¹ no mês de julho/12 e a maior foi no mês de maio/12 (2,64 nats.ind⁻¹). A análise de equitabilidade e dominância indicaram que na campanha de Julho/12 houve menor equitabilidade (0,57) e maior dominância (0,55), enquanto que a campanha de Maio/12 ocorreu o inverso, com maior equitabilidade (0,90) e menor dominância (0,18) (Figura 5).

O mês de julho apresentou baixa diversidade, isso ocorre quando a comunidade é dominada por uma ou poucas espécies. Esta ocorrência é bastante característica dessas áreas dinâmicas, como é o caso dos estuários (MOURA, 2000; RAMOS, 2007).

O teste de normalidade tipo W de Shapiro-Wilk aplicado revelou distribuição não normal em todos os dados testados (regime de maré, temporalidade, espacialidade). Logo, por serem não paramétricos aplicou-se o teste Hc de Kruskal-Wallis de significância entre as amostras, o qual mostrou que dados testados não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$).

Figura 5 – Diversidade e equitabilidade zooplancônica ao longo do Furo da Laura, Vigia-PA, durante o período de estudo e suas variações temporais.



Na correlação de Pearson aplicada, foi possível verificar que o pH se correlacionou significativamente com a temperatura (99%). Condutividade elétrica se correlacionou fortemente com salinidade (99%), que segundo Garcia Dias (2007), que explica que as mesmas espécies iônicas que determinam a salinidade do ambiente são responsáveis pela condutividade elétrica. No presente estudo a correlação entre OD e salinidade foi forte (99%) o mesmo foi observado comportamento foi verificado por Ramos (2007) estudando a mesma região.

A riqueza zooplancônica se correlacionou fortemente com temperatura (86%) e pH (86%), ou seja, a partir daí pode-se afirmar que essas variáveis são fortes influenciadoras na distribuição de espécies. A densidade não se correlacionou significativamente com nenhuma das variáveis disponíveis, porém apresentou relação inversamente proporcional à riqueza (26%), (Tabela 2).

Tabela 2: Matriz de correlação entre as variáveis ambientais e biológicas. As correlações em negrito são significantes ($p < 0,05$).

	T (°C)	pH	Sal (g/L)	OD (mg/L ⁻¹)	CE (Ms/cm ⁻¹)	Densidade	Riqueza
T (°C)		5,10E-05	0,012547	0,026252	0,014945	0,53069	0,027781
pH	0,99416		0,005582	0,013233	0,006915	0,66151	0,02493
Sal (g/L)	-0,90709	-0,93836		9,74E-05	1,08E-07	0,8569	0,068951
OD (mg/L ⁻¹)	0,86462	0,90454	-0,99193		6,53E-05	0,72691	0,091917
CE (Ms/cm ⁻¹)	-0,89845	-0,93131	0,99973	-0,99339		0,82857	0,07032
Densidade	-0,32423	-0,2297	-0,09569	0,18414	-0,11479		0,61757
Riqueza	0,86063	0,86815	-0,77716	0,74103	-0,77487	-0,26087	

A Análise Hierárquica de Cluster (Figura 6) permitiu identificar a formação de três grupos principais ao nível de similaridade de 52%, sendo que o primeiro grupo com uma

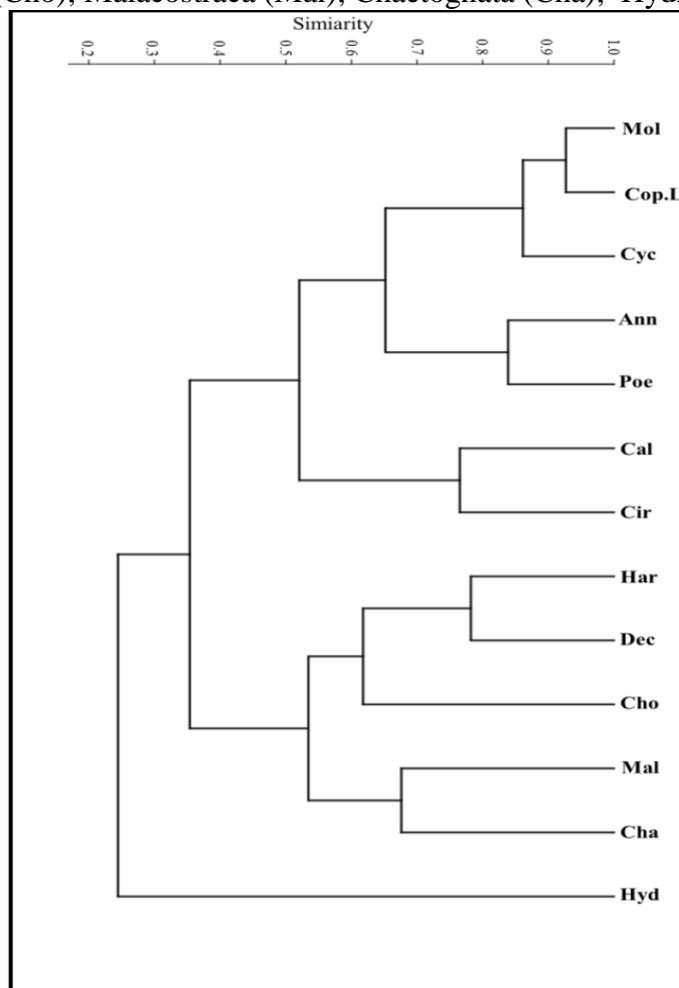
similaridade de 83% constituiu-se por Molusca, Copepoda (larvas), Cyclopoida, Annelida e Poecilostomoida, cuja formação foi atribuída à semelhança entre sua distribuição espaço-temporal durante o estudo.

O segundo grupo, com similaridade de 74%, compreendeu os organismos pertencentes aos grupos Calanoida e Cirripedia, os quais se agruparam por apresentarem altas densidades no período de estudo, principalmente nos meses menos chuvoso pode ser, segundo Melo (2004) um indicativo de altas concentrações de fitoplâncton, visto que neste período há maior intensidade luminosa, o que aumenta a atividade fotossintética e resulta em maior produção primária. De acordo com os estudos realizados por Costa, R. et al. (2009), Costa, K. et al. (2008), Krumme e Liang (2004) e Magalhães et al. (2009) em estuários tropicais da região amazônica é comum essa configuração em que há grande distribuição e ocorrência de larvas de Cirripedias, chegando até a serem dominantes.

A similaridade responsável pela formação do terceiro grupo, composto por Harparcticoida, Decapoda, Chordata, Malacostraca e Chaetognata é referente às baixas densidades e frequências que esses grupos apresentaram e porque ocorrerem nos meses mais chuvosos, períodos em que há maior turbulência e também a entrada de espécies marinhas no ambiente estuarino (MELO, 2004).

O grupo Hydroimedusae apresentou baixa similaridade com os demais grupos zooplancctônicos, devido apresentar baixas ocorrência e densidade, conseqüentemente não agrupou com os demais.

Figura 6 – Dendrograma da Análise Hierárquica de Clusters dos grupos zooplanctônicos do Furo da Laura. Molusca (Mol); Copepoda (larvas) (Cop.L); Cyclopoida (Cyc); Annelida (Ann); Poecilostomatoida (Poe); Calanoida (Cal); Cirripedia (Cir); Harparcticoida (Har); Decapoda (Dec); Chordata (Cho); Malacostraca (Mal); Chaetognata (Cha); Hydroimedesusae (Hyd).

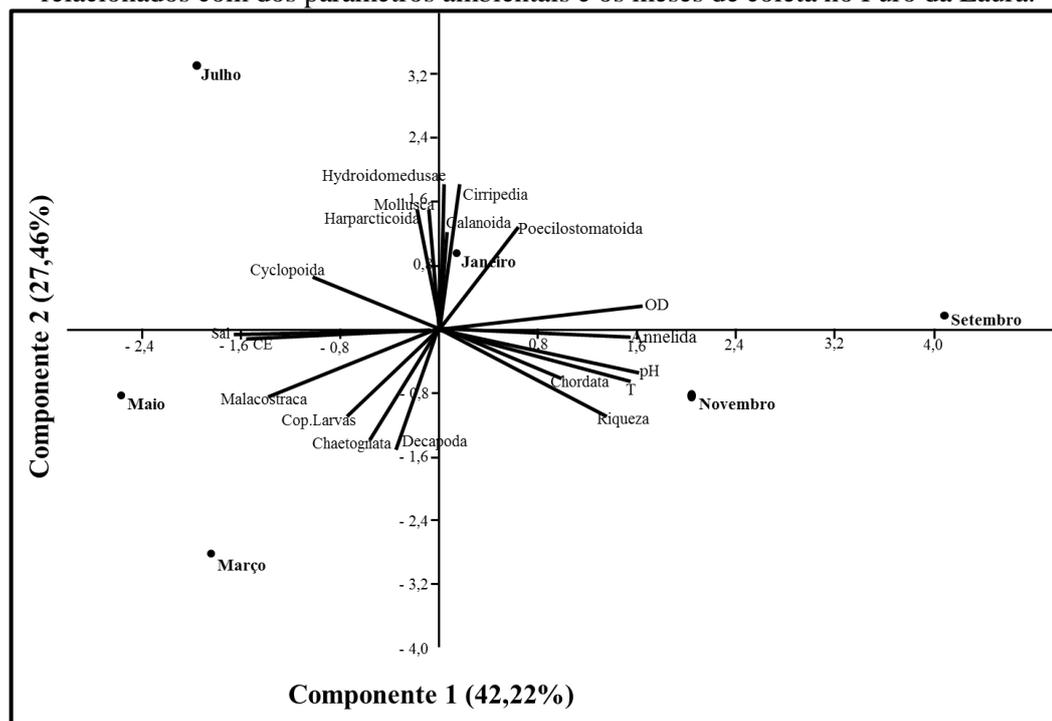


Os dois primeiros eixos explicaram 42,22% e 27,46% da variabilidade dos dados. A Análise de Componentes principais evidenciou uma associação entre a riqueza geral zooplanctônica, os grupos Chordata e Annelida influenciados pelo pH, temperatura e oxigênio dissolvido, os quais se agruparam com as coletas de setembro e novembro (meses que apresentaram maior riqueza), no lado positivo da Componente Principal 1, que obteve uma explicação de 42,22% da variabilidade total do estudo.

No lado negativo da Componente Principal 1 estiveram concentrados os grupos Malacostraca, Larvas de Copepoda, Chaetognata e Decapoda, associados às amostras dos meses mais chuvosos (março e maio). A correspondência entre esses grupos é referente às suas baixas densidades e frequências nos períodos mais chuvosos, período em que há maior turbulência e também a entrada de espécies marinhas no ambiente estuarino (MELO,2004).

No lado positivo da Componente Principal 2 observou-se a correspondência dos grupos Cirripedia, Mollusca, Hydroidomedusae, Calanoida, Poecilostomatoida e Harparcticoida, os quais se correlacionaram inversamente com a salinidade. Esses organismos são associados, de acordo com Melo (2004) à elevada salinidade, o que também aconteceu no presente estudo.

Figura 7 – Análise de componentes principais dos grupos de organismos zooplanctônicos, relacionados com dos parâmetros ambientais e os meses de coleta no Furo da Laura.



CONCLUSÃO

O Furo da Laura se apresentou bem dinâmico, com um padrão semelhante entre suas variáveis ambientais, as quais não expuseram grandes variações durante todo o período de estudo.

As espécies mais frequentes ao longo do estudo foram as larvas de Bivalve, Gastropoda, Polychaeta, náuplios de Cirripedia, as fases iniciais de Copepoda, *Acartia tonsa*, *Paracalanus nanus*, *Parvocalanus crassirostris*, *Paracalanus* sp, *Pseudodiaptomus* sp1, *Oithona nana*, *Cyclops* sp, os grupos Poecilostomatoida e Harparcticoida, e outros Calanoida e Cyclopoida, que não foram identificados a nível mais específico.

Os Copepoda foram os mais abundantes no presente trabalho, apresentando tendência de domínio. As densidades em geral apresentaram maiores registros no mês de Julho/12, tanto

na maré enchente, quanto na maré vazante. Entretanto apresentou também a menor riqueza de espécies.

Os períodos bimestrais evidenciaram um padrão semelhante em relação à diversidade específica de organismos, sendo que em julho/12 houve menor equitabilidade e maior dominância, enquanto que a campanha de maio/12 ocorreu o inverso, com maior equitabilidade e menor dominância.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os dados de temporalidade, espacialidade e regime de maré.

A Análise de Cluster aplicada aos grupos zooplancônicos do estudo bimestral permitiu identificar três agrupamentos formados de acordo com a similaridade entre suas distribuições.

A análise de componentes principais revelou que pH, temperatura e oxigênio influenciaram fortemente a distribuição zooplancônica.

Ao longo do estudo, ficou evidente a necessidade de entendermos essa dinâmica, com o objetivo de obter resultados para pesquisas relevantes relacionados à região, que possui imensa potencialidade na área dos recursos pesqueiros, formando o interesse em pesquisas futuras.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, ao grupo de pesquisa LECAT (Laboratório de Ecologia Aquática Tropical), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, pelo financiamento do projeto e a todos que de certa forma fizeram deste trabalho uma realidade e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

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**, São Paulo, v. 71 (1), p. 13-24, fev. 2012.

BRASIL. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção I, p. 58-63.

- CASTRO, P.; HUBER, M. E. **Biologia marinha**. 8. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 461 p.
- 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**, v. 25 (3), p. 436-444, 2008.
- Costa, K. G. da; Pereira, L. C. C., and Costa, R. M. da. Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Ciências Naturais, v. 3, p. 127–141, 2008.
- COSTA, R. M.; LEITE, N. R.; PEREIRA, L. C. C. Mesozoolankton of the Curuçá estuary (Amazon Coast, Brazil). **Journal Coast of Research**. Lisboa, Portugal, SI v. 56, p. 400-404, 2009.
- COSTA, K. G. D.; MOMTEIRO, M. C.; BEZERRA, T. R.; VALLINOTO, M.; BERREDO, J. F.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Tidal-induced changes in the zooplankton community of an Amazon estuary. **Journal Coast of Research**. Florida, v. 29 (4), p. 756-765, 2013.
- DAME, R. F; ALLEN, D. M. Entre estuários e mar. **Revista de Biologia Marinha Experimental e Ecologia**, 200, P. 169-185, 1996.
- DAY JR, J. W; HALL, C. A. S., KEMP, W. M.; YÁNES-ARANCIBIA, A. **Estuarine ecology**. New York: John Wiley and Sons, 1989. 576 p.
- FERREIRA, C. P. **Manguezais do Estado do Pará: fauna de galerias perfuradas por teredos em taras de *Rhizophora***. 1989. 160 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- GARCÍA DÍAS, X. F.; **Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (RN, Brasil)**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
- HAMMER, O., HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4 (1): 9p. 2001.
- KRUMME, U; LIANG T. Tidal-Induced Changes in a Copepod-Dominated Zooplankton Community in a Macrotidal Mangrove Channel in Northern Brazil. **Zoological Studies**, v. 43 (2): 404 – 414, 2004.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. F. J. **Numerical ecology**. 2. Ed. Canadá: Elsevier, 2012. 852 p.
- LOPES, M. J. S. Diversidade e abundância da comunidade zooplanctônica no Rio Anil, São Luís (MA), Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 24. 2002. Itajaí. **Resumos...** Itajaí, 2002.
- MAGALHÃES, A.; COSTA, R. M.; LIANG, T. H.; PEREIRA, L. C. C.; RIBEIRO, M. J. S. Spatial and Temporal Distribution in Density and Biomass of Two *Pseudodiaptomus* Species (Copepoda: Calanoida) in the Caeté River Estuary (Amazon Region – North Of Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, São Paulo, v. 66 (2A), p. 421-430, 2006.

MELO, N. F. A. C. de. **Biodiversidade e Biomassa do Macrozooplâncton, com ênfase nos Copepoda (Crustacea), na Plataforma Continental Norte Brasileira.** 2004. 125 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

MELO, P. A. M. C.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; PORTO NETO, F. F. Variação Nictemeral do Macrozooplâncton na Barra Orange – Canal de Santa Cruz, Estado de Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 3 (2), p. 30-49, jul. 2008.

MESQUITA, S. S. A; COSTA, R. M. DA; PEREIRA, L. C. C; MAGALHÃES, A. Composição, causa e distribuição das hidromedusas no estuário do Rio Caeté, litoral do estado do Pará (Norte do Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 2 (3), p. 200-216, 2006.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física dos estuários.** 1. Ed. São Paulo: USP, 2002.

MOURA, M. C. O. **Zooplâncton do Sistema Estuarino do Rio Goiana – PE (Brasil).** 2000. 72f. Dissertação de Mestrado em Oceanografia – Universidade Federal de Pernambuco. 2000.

NEUMANN-LEITÃO, S. **Impactos antrópicos na comunidade zooplanctônica estuarina: Porto de Suape-Pernambuco-Brasil.** 1994. 273 f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

PARANAGUÁ, M. N.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. DE O. O Zooplâncton. In: BARROS, H. M.; ESKINAZI-LEÇA, E.; MACEDO, S. J.; LIMA, T. (Ed.). **Gerenciamento Participativo de Estuários e Manguezais.** Recife: Ed Universitária da UFPE. P. 89-102, 2000.

PRIMO, A. L.; AZEITEIRO, U. M.; MARQUES, S. C.; MARTINHO, F.; PARDAL, M. A. Changes in zooplankton diversity and distribution pattern under varying precipitation regimes in a Southern temperate estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 82, p. 341-347, abr., 2009.

RAMOS, C. A. R. **Qualidade ambiental, distribuição e densidade do Mesozooplâncton do estuário de Guajará-Miri, Vigia de Nazaré, NE do Estado do Pará.** 126 f. 2007. Dissertação (Mestrado em ciência Animal) – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

RÉ, P. M. A. B. AZEITEIRO, U.; MORGADO, F.; **Ecologia do Plâncton Marinho e estuarino.** 1 ed. Lisboa: Sabenta, 2005. 108 p.

SILVA, A. P. **Dinâmica temporal do Microzooplâncton no Canal de Santa Cruz, Pernambuco, Brasil.** 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

SILVA, A. C.; G. D. A. PALHETA & N. F. A. C. MELO. Caracterização do Ictioplâncton de Quatro Estuários da Microrregião do Salgado do Estado do Pará-Brasil. **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, v. 11 (1), p. 29-45, 2011.

SOUZA-PEREIRA, P. E.; CAMARGO, A. F. M. Efeito da salinidade e do esgoto orgânico sobre a comunidade zooplanctônica, com ênfase nos copépodes, do estuário do rio Itanhaém, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 26 (1), p. 9-17, 2004.

SUDAM/PROJETO DE HIDROLOGIA E CLIMATOLOGIA DA AMAZÔNIA. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém: SUDAM, 125 p. 1984.

TUNDISI, J. G. O Plâncton estuarino. **Instituto Oceanográfico Univ. S. Paulo, ser. Ocean. Biol.** São Paulo: v.19, (1), p.1-22, 1970.

APÊNDICE

Apêndice 1: Frequência de Ocorrência do Zooplâncton no Furo da Laura, durante o período de estudo.

TÁXON	Set/11	Nov/11	Jan/12	Mar/12	Mai/12	Jul/12	FO (%)
<i>Hydroidomedusae</i>	1		2			2	50,0*
<i>Gastropoda</i>	7	7	2	5	2	35	100,0**
<i>Bivalve</i>	8	3	3	3		2	83,3**
<i>Polychaeta (larva)</i>	7	4	1	2		2	83,3**
<i>Spionidae</i>	2	1					33,3
<i>Temopteridae</i>	1	1					33,3
<i>Copepoda (fases larvais)</i>	5	7	7	21	6	9	100,0**
<i>Acartia tonsa</i>	7	5	3	3	1	4	100,0**
<i>Acartia danae</i>					2		16,7
<i>Parvocalanus crassirostris</i>	1	4	1	1	2	3	100,0**
<i>Paracalanus nanus</i>	4	1	1	3	1		83,3**
<i>Paracalanus sp</i>	6	4	1	2	3	6	100,0**
<i>Pseudodiaptomus richardi</i>	1	3			2		50,0*
<i>Pseudodiaptomus marshi</i>				2	2		33,3
<i>Pseudodiaptomus gracilis</i>					2		16,7
<i>Pseudodiaptomus acutus</i>		3	2				33,3
<i>Pseudodiaptomus sp 1</i>	8	5	2	15	10	9	100,0**
<i>Eucalanus sp</i>	2						16,7
<i>Calanoida NI</i>	13	5	5	4	5	32	100,0**
<i>Poecilostomatoida</i>	3	1	5		3	2	83,3**
<i>Oithona nana</i>	3	4	4	3	5	3	100,0**
<i>Cyclops sp</i>	3	2	3	8	7	1	100,0**
<i>Cyclopida NI</i>	3	3	12	3	1	11	100,0**
<i>Harpacticoida</i>	1	1	1	1		3	83,3**
<i>Cirripedia (náuplio)</i>	111	54	52	6	1	221	100,0**
<i>Balanus sp</i>	14	2	3			56	66,7*
<i>Isopoda</i>				1			16,7
<i>Ostracoda</i>				1	1	1	50,0*
<i>Evadne sp</i>					1		16,7
<i>Brachyura (zoea)</i>		1		3			33,3
<i>Chaetognata</i>				2			16,7
<i>Oikopleura dioica</i>	2						16,7
<i>Piscis (larva)</i>	2			1			33,3

* Frequente; ** Muito frequente.

CAPÍTULO 3

3. VARIAÇÃO CIRCADIANA DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO

Artigo científico que será formatado e submetido à
REVISTA AMBIENTE & ÁGUA.

VARIAÇÃO CIRCADIANA DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO

Samara Cayres SILVA¹; Glauber David Almeida PALHETA¹; Nuno Filipe Alves Correia de MELO¹

RESUMO

Este estudo visa caracterizar a dinâmica circadiana da comunidade zooplânctônica no Furo da Laura, associando-as com as variáveis ambientais deste ecossistema. Foram avaliadas amostras de zooplâncton coletadas em uma estação fixa, nos períodos seco e chuvoso, em regime nictemeral com intervalo de 3 horas (durante 24 horas), realizadas através de arrastos horizontais na subsuperfície da coluna d'água, com rede de plâncton (malha de 200µm) e posteriormente conservadas em formol a 4%, neutralizada com tetraborato de sódio. Parâmetros ambientais (temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica) foram aferidos *in situ*, com sonda multiparamétrica, simultaneamente às coletas biológicas. As variáveis ambientais não apresentaram grandes variações no período de estudo. As maiores densidades zooplânctônicas foram registradas no período seco e nos horários noturnos. Foi observada elevadas densidades de Cirripedia, apenas no período seco, (34,47% do total de táxons). A diversidade de Shannon revelou semelhança entre os períodos sazonais. Não houve diferença significativa entre as densidades do período seco e do período chuvoso. Na análise de Cluster foi observada a separação das amostras por períodos sazonais (seco e chuvoso). A análise dos componentes principais evidenciou uma sazonalidade das variáveis ambientais associando aos fatores bióticos.

Palavras-chaves: Amazônia; Nictemeral; Zooplâncton.

CIRCADIAN VARIATION OF THE ZOOPLANKTONIC COMMUNITY IN AN AMAZON ESTUARY

ABSTRACT

This study aims to characterize the circadian dynamics of the zooplankton community in the Laura hole, associating them with the environmental variables of this ecosystem. Were evaluated samples of zooplankton collected at a fixed station, in the dry and rainy periods, in the nictemeral regime with interval of 3 hours (during 24 hours), realized through horizontal drags at the subsurface of the water column, with plankton net (mesh of 200µm) and then preserved in 4% formalin, neutralized with sodium tetraborate. Environmental parameters (temperature, pH, salinity, dissolved oxygen and electrical conductivity) were measured *in situ* with multiparameter sensor simultaneously with the biological collections. The environmental variables showed no significant variations during the study period. The highest densities zooplankton were recorded during the dry period and the periods in the night. It was observed high densities of Barnacle, only in the dry period (34.47% of total taxa). Shannon's diversity revealed similarity between seasonal periods. There was no significant difference between the densities of the dry and rainy period. In the analysis of Cluster was observed the separation of samples by seasonal periods (dry and rainy). The analysis of the main components evidenced a seasonality of the environmental variables associated to the biotic factors. The analysis of the main components evidenced a seasonality of the environmental variables associated to the biotic factors.

Keywords: Amazon; Diel; Zooplankton.

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia, PPG – Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Campus Belém, Avenida Presidente Tancredo Neves CEP: 66.077-830, Belém, Pará, Brasil. e-mail: samaracayres@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O zooplâncton é o conjunto dos organismos microscópicos e heterotróficos, cuja importância reside principalmente em sua função de transferência do fluxo de energia no ambiente pelágico, dos produtores primários para os consumidores de níveis tróficos superiores, sendo que de acordo com Ré (2005), ocupa o segundo nível trófico da teia alimentar pelágica, ficando entre o fitoplâncton e os outros elos da teia alimentar do ecossistema aquático. O limitado poder de locomoção, complexa distribuição no ambiente estuarino, migração vertical são algumas das principais particularidades dos organismos zooplactônicos (RÉ, 2005; RAMOS, 2007; MELO, 2004; CALAZANS et al., 2011).

A distribuição vertical na coluna d' água é um mecanismo de estratégia adaptativa, que se faz necessário, visto que o meio aquático, não apresenta estabilidade em suas condições físicas, sendo os organismos forçados a buscar as condições adequadas às suas necessidades. Os principais fatores que influenciam nesse processo são as variações ambientais e seus gradientes horizontais e verticais de salinidade e temperatura (JOHNSON & ALLEN, 2005), o fluxo de marés (SCHWAMBORN et al., 2008) e segundo Peticarrari et al. (2004), outro agente responsável por tal mecanismo é a fuga do zooplâncton para as camadas mais superficiais, evitando as camadas de fundo onde os níveis de OD diminuem.

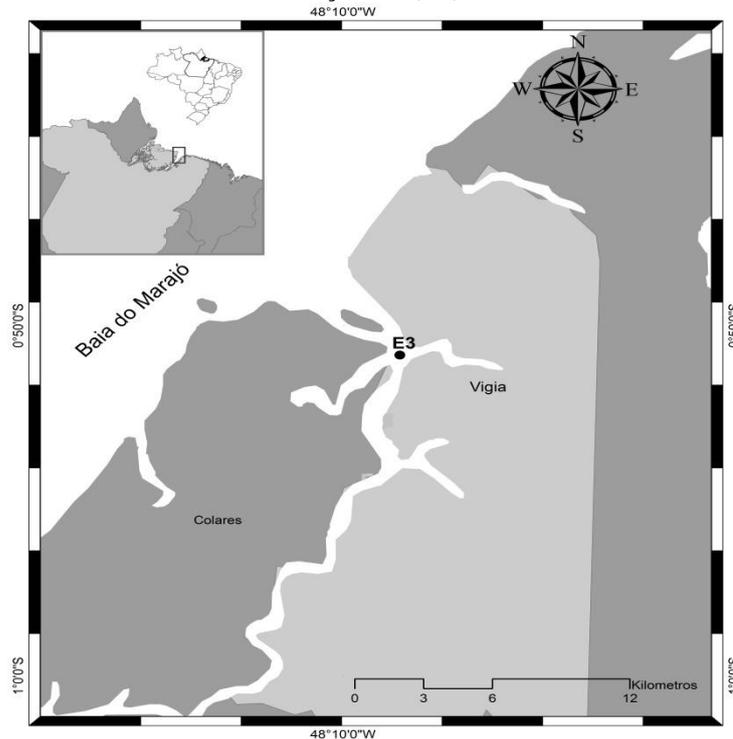
De um modo geral, o zooplâncton se desloca em direção à superfície durante a noite, seguido de uma migração em sentido contrário durante o dia, ou seja, muitos ascendem quando a intensidade de luz diminui e descendem em profundidade quando a intensidade de luz é alta (JOHNSON & ALLEN, 2005; RÉ, 2005).

O presente estudo visa caracterizar a dinâmica circadiana da comunidade zooplactônica no Furo da Laura, localizado no Furo da Laura, comparando suas variações no período seco e no período chuvoso e associando-as com as variáveis ambientais do presente estuário.

MATERIAL E MÉTODOS

O material de estudo foi coletado no Furo da Laura, Furo da Laura, localizado no município de Vigia, mesorregião do nordeste paraense (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo e pontos de coleta ao longo do Furo da Laura, Vigia-PA.
Estação 03 (E3).



O estudo foi realizado em apenas uma estação de coleta em frente à cidade (E3), previamente estabelecida, baseado em amostragens originárias de dois ciclos nictemeris (uma obtida no período seco – 19 e 20/11/2011 e outra no período chuvoso – 17 e 18/03/2012), com intervalo de 3 horas entre cada amostragem, durante um período de 24 horas.

As amostras foram coletadas com arrastos horizontais na subsuperfície com rede de plâncton (abertura de malha 200 μ m) e através de filtragem de 100L de água do ponto de coleta na mesma rede, sendo todas as amostras obtidas fixadas com formalina 4%, neutralizada com tetraborato de sódio. O monitoramento das variáveis ambientais (temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica) foram realizados *in situ*, com o auxílio de sonda multiparâmetros Hanna HI 9828.

Em laboratório, as amostras foram analisadas com auxílio de estereomicroscópio e lupa binocular, onde as amostras qualitativas foram submetidas à identificação a menor nível taxonômico possível. A densidade zooplânctônica (Org./m³), abundância relativa e frequência de ocorrência foram calculadas a partir da contagem de organismos em uma alíquota de 1 ml, retirado do volume filtrado pela rede de plâncton. Foi empregada a escala de Neumann-Leitão (1994), considerando para os resultados da frequência de ocorrência: $\geq 75\%$ muito frequente; $< 75\%$ - 50% frequente; $< 50\%$ - 25% pouco frequente; $\leq 25\%$ esporádica, e para os resultados da

abundância relativa as percentagens: > 70 % dominante; 70 – 40 % frequente; 40 – 10 % pouco frequente; < 10 %.

A diversidade, equitabilidade e dominância na distribuição dos organismos foram estimadas pelos índices de Shannon-Wiener (H'), (considerando para os resultados: ≥ 3 alta diversidade; < 3 – 2 média diversidade; < 2 – 1 baixa diversidade; ≤ 1 muito baixa diversidade), Pielou (J') e Berger-Parker, respectivamente.

Para testar a significância entre os períodos sazonais foram realizados testes de normalidade do tipo W de Shapiro-Wilks, a fim de verificar se as distribuições foram normais a 5%. Em seguida, para os dados não paramétricos, optou-se por utilizar o tratamento dois a dois através de um teste de Man-Whitney, visando identificar os dados que se diferem estatisticamente.

Foi realizada uma Análise Hierárquica de Cluster (HCA) a fim de evidenciar os padrões de similaridade entre os períodos de coleta e horários de coleta. A Análise de Componentes principais foi realizada com a matriz de correlação entre as variáveis ambientais e os dados de densidade, sendo as variáveis previamente padronizadas em *Ranging* (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012). Ambas as análises foram realizadas utilizando-se o software livre Past (Hammer et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura superficial da água apresentou uma estabilidade térmica, com ligeira diminuição no período chuvoso, semelhante ao ocorrido no estudo de Ramos (2007). Conforme descrito na Tabela 1, abaixo, o maior valor aferido para esta variável foi de 29,54 °C, registrado às 20h00min do período seco e houve apenas uma leve redução (27,93 °C), que foi verificada também no horário de 20h00min, porém do período chuvoso, cuja coleta foi em março/2012, mês no qual a chuva é mais abundante, conseqüentemente há maior ação dos ventos e mistura das massas d' água, provocando tal diminuição, conforme descrito por Ré (2005).

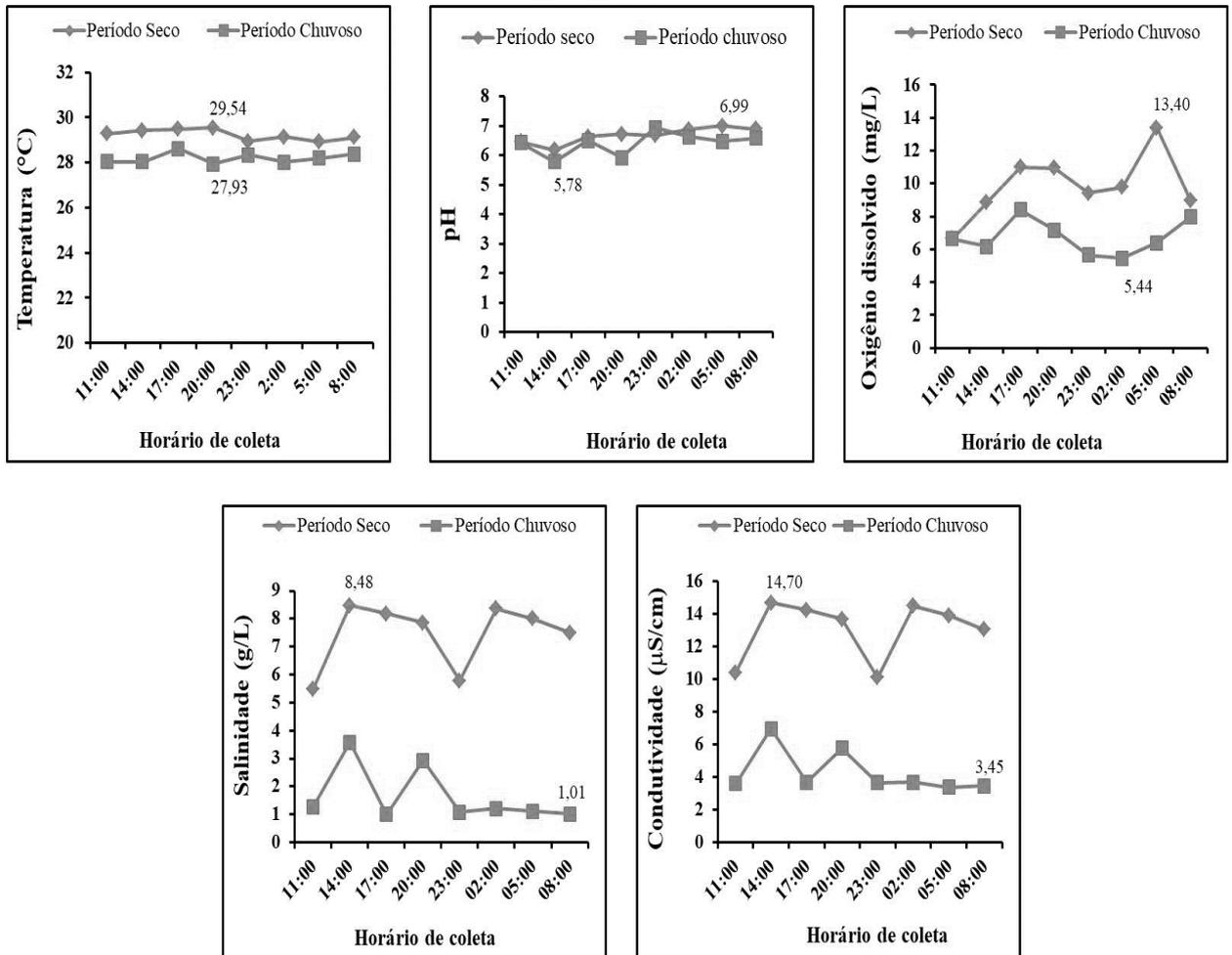
O pH também apresentou uma ligeira diminuição no período chuvoso, sendo a concentração máxima constatada no período seco, às 05h00min, (6,99), enquanto que a mínima foi verificada no horário de 14h00min do período chuvoso (5,78), visto que neste período há uma maior carga do rio, diluindo a concentração de íons presentes na água. Estes resultados estão semelhantes aos de Silva et al. (2011), ao estudar quatro estuários tropicais do Estado do Pará (Figura 2).

A salinidade apresentou maior variação entre o período seco e chuvoso, apresentando valor máximo de 8,48 g/L às 14h00min, na coleta do período seco, chegando a alcançar o valor mínimo de 1,00 g/L, às 17h00min durante o estudo na estação chuvosa (Tabela 1). A ação de marés e a precipitação pluviométrica são os principais fatores que influenciam as flutuações desse parâmetro, isso porque que a dissolução dos sais aumenta conforme o aumento no volume de água, proveniente da precipitação (RAMOS, 2007). Outro fator influenciador dessas alterações é, segundo Ré (2000), a dinâmica entre a evaporação e a precipitação, ou seja, quando há uma evaporação mais elevada, conseqüentemente há valores maiores para a salinidade, como é o caso do presente estudo, o qual apresentou maiores valores no período seco, que é quando há maior evaporação da água do estuário.

O maior e menor valor constatado para a condutividade elétrica foram registrados no período seco e no período chuvoso, respectivamente. O valor de maior pico foi de 14,70 Ms/cm⁻¹ observado às 14h00min e o mínimo foi de 3,37 Ms/cm⁻¹, registrado às 05h00min. Há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica (GARCIA DÍAS, 2007), fato este comprovado pelo pico de condutividade elétrica, o qual foi simultâneo ao pico de salinidade, ambos às 14h00min. Os presentes resultados corroboram com o estudo feito por Ramos (2007) ao estudar o mesmo estuário.

A maior concentração de oxigênio dissolvido foi constatada no período seco e a menor foi constatada no período chuvoso, sendo os valores registrados de 13,40 mg/L⁻¹ às 05h00min e 5,44 mg/L⁻¹ às 02h00min, respectivamente (Tabela 1). Os maiores valores registrados no período seco são atribuídos à diminuição da diluição da água, por causa das descargas dos rios neste estuário, ocasionando menores concentrações de material em suspensão no estuário, apresentando menor consumo de oxigênio e maior produção do mesmo, devido uma maior penetração de luz incidente do sol na coluna d'água, estimulado a produção fotossintética.

Figura 2: Variação dos parâmetros ambientais no Furo da Laura, Vigia-PA, durante os estudos nictemerais.



De acordo com a análise qualitativa, durante o período de estudo, a comunidade zooplânctônica do Furo da Laura esteve representada pelos grupos pertencentes aos seguintes Filos: Cnidaria (Hydromedusae), Annelida (Polychaeta), Mollusca (Gastropoda e Bivalvia), Arthropoda (Crustacea, Maxillopoda, Malacostraca, Branchiopoda e Ostracoda e Insecta), Chaetognata e Chordata (Appendicularia e Pisces), sendo estes nas formas adultas, juvenis, larvais e ovos.

Houve no período chuvoso, o registro de neve marinha (*marine snow*), que consiste em agregados de 0,5 mm ou maior diâmetro composta por fitoplâncton, pelotas fecais, partículas inorgânicas, estruturas alimentares do zooplâncton e detritos que se formam através de alta turbulência (MELO, 2004). Isso explica a presença destas apenas no período chuvoso estudado, o que provavelmente pode estar atribuído a maior turbulência, em relação ao período seco.

Em relação à frequência de ocorrência, tanto no período seco quanto no período chuvoso as espécies, em sua maioria, se classificaram como pouco frequentes e esporádicas.

No período seco as espécies classificadas como frequente foram larvas de Gastropoda (50%), *P. marshi* (50%), e *A. tonsa* (62,5%) e como muito frequente estiveram os náuplios de Copepoda e os náuplios de *Balanus* sp, sendo que estes alcançaram 75% e 100% de frequências nas amostras, respectivamente. Já no período chuvoso, a maior frequência registrada foi a dos Calanoidas (50%), sendo este considerado, portanto, como frequente durante o período de estudo (Apêndice 1).

Observa-se certa diversidade de espécies zooplanctônicas, mas apenas algumas compõem a maior parte da população. Isso ocorre normalmente nesse tipo de ambiente e de acordo com Tundisi (1970), é comum ainda que algumas espécies ou grupos estejam presentes em grandes quantidades em determinadas épocas do ano e em certa área do estuário.

O Copepoda *Acartia tonsa* parece ser comum em outros locais do litoral brasileiro (COSTA et al., 2009; COSTA et al., 2008) e em outras regiões costeiras tropicais e subtropicais, visto que em regiões costeiras influenciadas por uma considerável variação sazonal na descarga do rio, estas espécies de copépodos têm de ser tolerantes a uma vasta gama de níveis de salinidade.

A presença de organismos da classe Annelida (Polychaeta), ocorreu ocasionalmente e isso pode estar relacionado à forte turbulência local, bem como a pouca profundidade, conforme verificado por Ramos (2007).

Para a abundância relativa das espécies zooplanctônicas (Figura 3), verificou-se um destaque para o grupo dos Cirripedia no período seco, sendo que este chegou a ocorrer em todos os horários de coleta e em percentagens de até 77,% às 5h00min, e ficou classificado como dominante. O grupo dos Calanoida classificou-se como abundante, alcançando abundância de 60,85% às 23h00min, enquanto que os demais grupos apresentaram baixa abundância sendo considerados, portanto como pouco abundantes ou esporádicos.

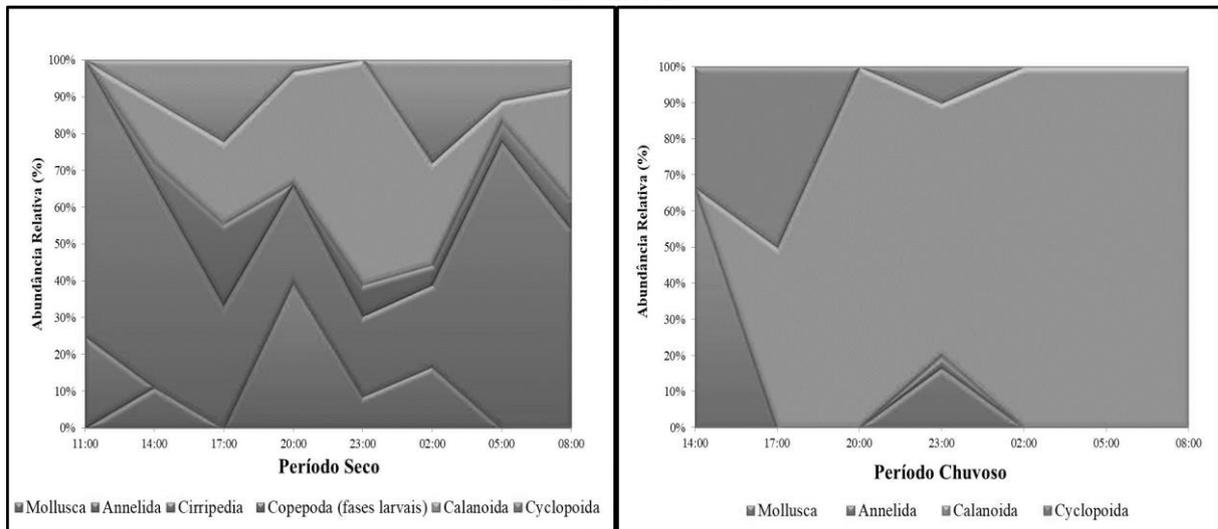
É válido ressaltar a grande densidade de Cirripedia, correspondendo à 34,47% do número total de táxons identificados no período seco e de acordo com Lopes (2002), a presença destas em maior quantidade está relacionada com as características ambientais seletivas mais acentuadas. De acordo com os estudos realizados por Costa, R. et al. (2009), Costa, K. et al. (2008), Krumme e Liang (2004) e Magalhães et al. (2009) em estuários tropicais da região amazônica é comum essa configuração em que há grande distribuição e ocorrência de larvas de Cirripedias, chegando até a serem dominantes.

Já no período chuvoso, o zooplâncton do estuário estudado esteve dominado por espécies do grupo dos Calanoida, o qual alcançou abundância relativa de 100% em vários horários de coleta enquanto que o grupo dos Mollusca e Cyclopoida atingiram abundâncias de

66,67% e 50%, respectivamente, por isso se classificaram como abundantes. Os outros grupos apresentaram baixa abundância e são considerados como pouco abundantes ou esporádicos.

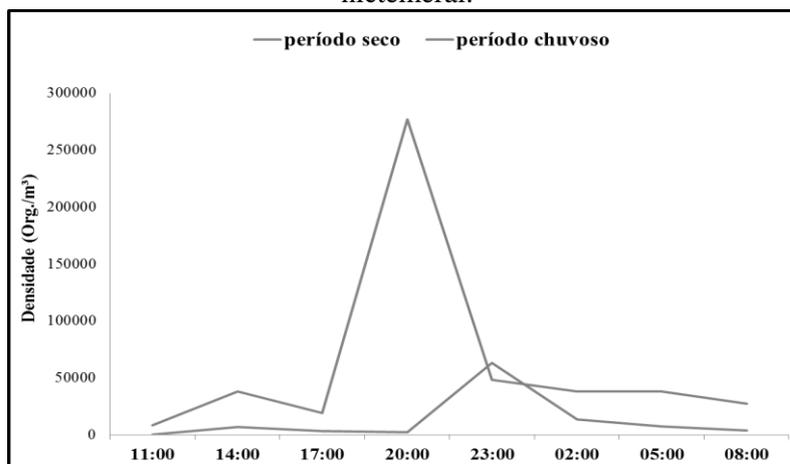
Na amostra de 11:00 não houve presença de organismos zooplanctônicos, provavelmente devido a algum problema durante a coleta ou de fixação.

Figura 3 – Abundância relativa do Zooplâncton no Furo da Laura, Vigia-PA, durante o estudo nictemeral.



No período seco foi encontrada uma densidade total (todos os táxons) que variou entre 8.400 Org./m³ (8h00min) e 277.200 Org./m³ (20h00min), com média de 61.688 Org./m³. Já no período chuvoso, a densidade total média foi de 12.488 Org./m³, cujo mínimo foi de 2.000 Org./m³ às 20h00min, e o pico foi de 63.000 Org./m³ às 23h00min (Figura 4). Nota-se nitidamente que durante o estudo, as maiores densidades ocorreram no período seco, corroborando com os estudos de Cavalcanti et al. (2008), e também no período noturno, o que pode ser explicado pelo fato de organismos zooplanctônicos realizarem migração vertical durante a noite. Quando a intensidade de luz diminui, eles vão até a superfície em busca de alimento e permanecem nessa camada durante toda a noite, retornando a profundidade durante o dia, que é quando a intensidade de luz aumenta novamente e seus principais predadores estão mais ativos (JOHNSON & ALLEN, 2005; RÉ, 2005).

Figura 4 – Densidade total dos organismos zooplancctônicos no Furo da Laura, durante o estudo nictemeral.



A diversidade específica apresentou padrão semelhante entre os períodos sazonais, sendo que no período chuvoso houve uma diversidade ligeiramente maior ($2,43 \text{ nats.ind}^{-1}$) quando comparada à diversidade de organismos no período seco ($2,11 \text{ nats.ind}^{-1}$). A análise de equitabilidade e dominância mostrou que o período seco apresentou menor equitabilidade ($0,72$) e maior dominância ($0,33$), enquanto que no período chuvoso ocorreu o inverso, com maior equitabilidade ($0,86$) na distribuição de organismos e menor dominância ($0,25$) de espécies nos horários de coleta.

Pode-se afirmar que o para o presente estudo houve média diversidade, com dominância de poucas, semelhante à estudos nessas áreas e em suas proximidades. Esta ocorrência é bastante característica dessas áreas instáveis, como é o caso dos estuários (MOURA, 2000; RAMOS, 2007).

O teste de normalidade tipo W de Shapiro-Wilk aplicado revelou distribuição não normal tanto no período seco quanto no período chuvoso ($p < 0,05$), e o teste de Mann-Whitney apresentou $p > 0,05$, mostrando que não houve diferença significativa no que diz respeito à comparação entre as densidades do período seco e do período chuvoso, bem como não apresentou significância entre os horários de coleta.

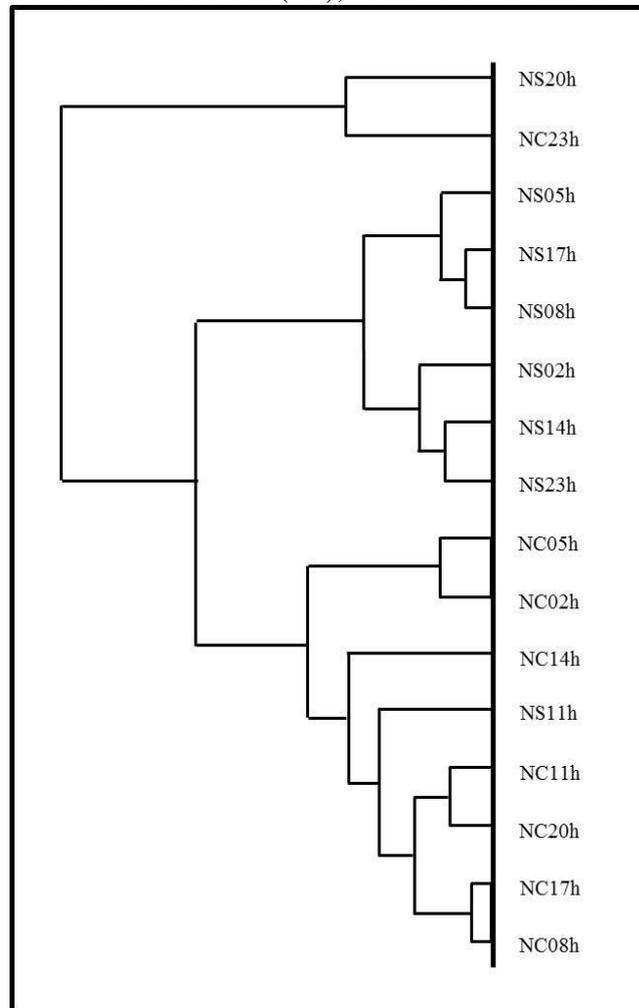
A análise de agrupamento de Cluster indicou a separação das amostras pelo fator sazonalidade (Figura 5). O primeiro grupo foi composto pelas amostras do período seco e o segundo pelas amostras do período chuvoso.

Dentro de cada grupamento, houve a formação de outros grupos menores, cujas formações apresentaram tendências determinadas pela ocorrência e densidade dos organismos coletados em cada horário. Houve a formação de um subgrupo extremamente evidenciado cuja formação se deu pelas amostras do horário de 20:00 do período seco (NS20) e de 23:00 do período chuvoso (NC23), ou seja, ambas as amostras são de horário noturno, apresentaram

grupos dominantes (Cirripedias e Copepodas) e também as maiores densidades do estudo de variação circadiana, tanto no período seco, quanto no período chuvoso, cujos valores são de 277.000 Org/m³ e 63.000 Org/m³, respectivamente.

As amostras revelaram um comportamento de migração e posicionamento vertical realizada pelo zooplâncton, o que corrobora com os estudos de Chew et al. (2015), que apontam que copepodas estuarinos tendem a subir durante a maré alta noturna e descer ao fundo durante a maré diurna.

Figura 5 – Dendrograma da Análise Hierárquica de Clusters dos grupos zooplanctônicos do Furo da Laura. Nictemeral Período Seco (NS); Nictemeral Período Chuvoso (NC).



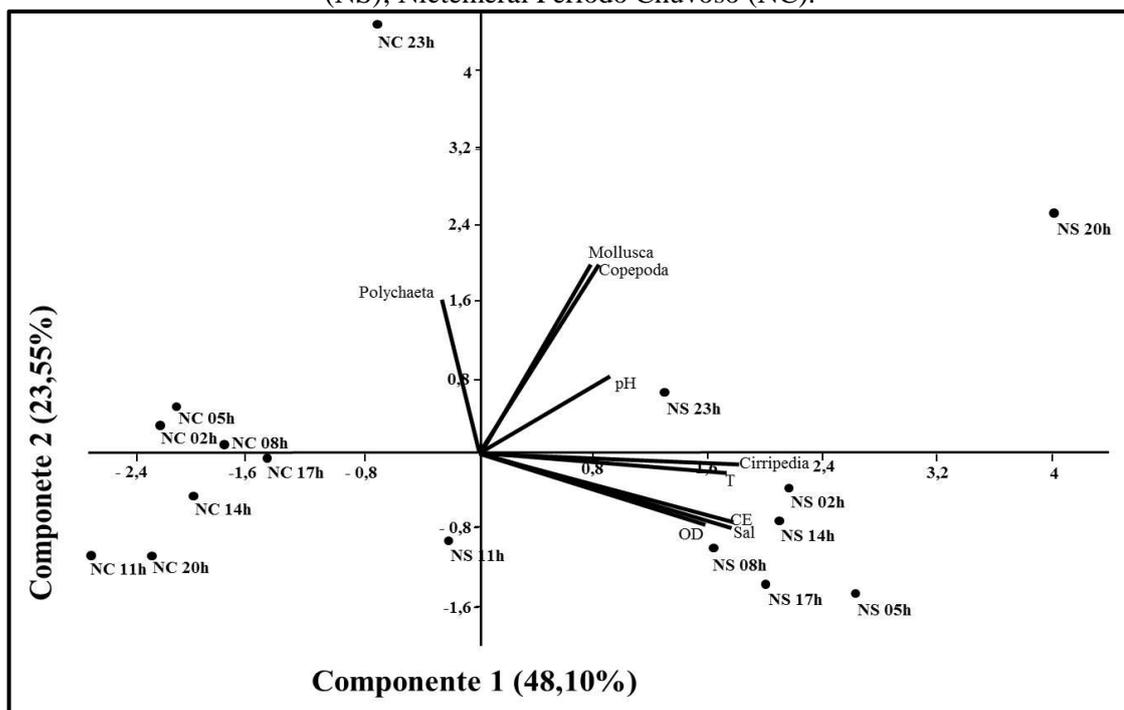
A análise de Componentes Principais (Figura 6), aplicadas às variáveis ambientais e fauna dos principais grupos ocorridos, evidenciou uma sazonalidade, das variáveis ambientais associando aos fatores bióticos, que pode ser atribuída ao ciclo hidrológico (período seco e chuvoso).

Observou-se uma correspondência entre as variáveis ambientais com os grupos zooplancônicos, os quais se agruparam com as coletas do período seco no lado positivo da Componente Principal 1, que obteve uma explicação de 48,10% da variabilidade total do estudo. No lado negativo da Componente Principal 1, concentraram-se as coletas realizadas no período chuvoso.

A alta concentração das espécies zooplancônicas no período seco é indicativa de altas concentrações de fitoplâncton (MELO, 2004). Isso pode ser explicado em decorrência de, no período seco, haver maior incidência de luz, o que aumenta a atividade fotossintética no meio, resultando em maior produção primária.

A Componente Principal 2 apresentou uma variabilidade de 23,55%. Nessa componente a ocorrência e densidade dos organismos Polychaeta, Mollusca e Copepoda são os fatores de maior importância para o entendimento ecológico do ambiente, enquanto que as variáveis ambientais mostraram-se menos influenciadoras. Esses organismos são associados, de acordo com Melo (2004) à elevada salinidade, o mesmo aconteceu no presente estudo, visto que estas ocorreram em ambas as nictemerais, entretanto apresentaram maiores densidades no período seco, cuja salinidade é mais elevada.

Figura 6 – Análise de componentes principais dos parâmetros ambientais e os grupos de organismos zooplancônicos, relacionados com os horários de coleta no Furo da Laura. Nictemeral Período Seco (NS); Nictemeral Período Chuvoso (NC).



CONCLUSÃO

As variáveis ambientais apresentaram um padrão semelhante, não expondo grandes variações no período de estudo, com exceção da salinidade e condutividade elétrica, que apresentaram maiores variações durante o período chuvoso.

Os períodos sazonais evidenciaram padrão semelhante em relação à diversidade de organismos. No período seco houve menor equitabilidade e maior dominância de organismos, enquanto que no período chuvoso ocorreu o inverso.

Organismos do grupo Cirripedia ocorreram apenas no período seco e, em densidades muito altas.

Não houve diferença estatisticamente significativa no que diz respeito à comparação entre as densidades do período seco e do período chuvoso.

Ao longo do estudo, ficou evidente a necessidade de entendermos essa dinâmica, com o objetivo de obter resultados para pesquisas relevantes relacionados à região, que possui imensa potencialidade na área dos recursos pesqueiros, formando o interesse em pesquisas futuras.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, ao grupo de pesquisa LECAT (Laboratório de Ecologia Aquática Tropical), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, pelo financiamento do projeto e a todos que de certa forma fizeram deste trabalho uma realidade e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

CALAZANS, D.; MUELBERT, J. H.; MUXAGATA, E. Organismos planctônicos. In: CALAZANS, D. (Org.). **Estudos Oceanográficos: do instrumental ao prático**. Pelotas: Editora Textos, 2011. P. 200-275.

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**, v. 25 (3), p. 436-444, 2008.

COSTA, K. G. DA; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. DA. Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais**, v. 3, p. 127-141, 2008.

COSTA, R. M.; LEITE, N. R.; PEREIRA, L. C. C. Mesozoolankton of the Curuçá estuary (Amazon Coast, Brazil). **Journal Coast of Research**. Lisboa, Portugal, SI 56, p. 400-404, 2009.

BRASIL. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção I, p. 58-63.

GARCÍA DÍAS, X. F.; **Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (RN, Brasil)**. 84 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre, RS: Artimed, 2011. 528 p.

HAMMER, O., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** 4 (1): 9pp. 2001.

JOHNSON, W. S.; ALLEN, D. M.; **Zooplankton of the Atlantic and Gulf Coasts: A guide to their identification and ecology**. The Johns Hopkins University Press, 2005. 379 p.

LEGENDRE, P. LEGENDRE, L. F. J. **Numerical ecology**. 2. Ed. Canadá: Elsevier, 2012. 852 p.

LOPES, M. J. S. Diversidade e abundância da comunidade zooplanctônica no Rio Anil, São Luís (MA), Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 24. 2002. Itajaí. **Resumos...** Itajaí, 2002.

MELO, N. F. A. C. de. **Biodiversidade e Biomassa do Macrozooplâncton, com ênfase nos Copepoda (Crustacea), na Plataforma Continental Norte Brasileira**. 2004. 125 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

MOURA, M. C. O. **Zooplâncton do Sistema Estuarino do Rio Goiana – PE (Brasil)**. 2000. 72f. Dissertação de Mestrado em Oceanografia – Universidade Federal de Pernambuco. 2000.

NEUMANN-LEITÃO, S. **Impactos antrópicos na comunidade zooplanctônica estuarina: Porto de Suape-Pernambuco-Brasil**. 1994. 273 f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

PERTICARRARI, A.; ARCIFA, M. S. & RODRIGUES, R. A. Diel vertical migration of copepods in a brazilian lake: a mechanism for decreasing risk of Chaoborus predation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64 (2), p. 289-298, 2004.

PIELOU, E. C. **Ecological Diversity**. Wiley Interscience. New York, 1975. 384 p.

RAMOS, C. A. R. **Qualidade ambiental, distribuição e densidade do Mesozooplâncton do estuário de Guajará-Miri, Vigia de Nazaré, NE do Estado do Pará.** 126 f. 2007. Dissertação (Mestrado em ciência Animal) – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

RÉ, P. M. A. B. AZEITEIRO, U.; MORGADO, F. **Ecologia do Plâncton Marinho e estuarino.** 1. Ed. Lisboa: Sabenta, 2005. 108 p.

SCHWAMBORN, R.; MELO JÚNIOR, M.; NEUMANN-LEITÃO, S.; EKAU, W.; PARANAGUÁ, M. N. Dynamic patterns of zooplankton transport and migration in Catuama Inlet (Pernambuco, Brazil), with emphasis on the decapod crustacean larvae. , v. 36 (1), p. 109-113, 2008.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **Boll. Syst. Tech. J**, v. 27, p. 379-423, 1948.

SILVA, A. C.; G. D. A. PALHETA & N. F. A. C. MELO. Caracterização do Ictioplâncton de Quatro Estuários da Microrregião do Salgado do Estado do Pará-Brasil. **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, v. 11(1), p. 29-45, 2011.

TUNDISI. J. G. O Plâncton estuarino. **Instituto Oceanográfico Univ. S. Paulo, ser. Ocean. Biol.** São Paulo: v.19, (1), p.1-22, 1970.

<i>Cyclops sp.</i>								0,0			1		1				25,0
<i>Cyclopoida NI</i>			2			1		1	37,5					2			12,5

Apêndice 1: Frequência de Ocorrência do Zooplâncton no Furo da Laura, Vigia-PA, durante o estudo nictemeral. *Frequente; ** Muito frequente.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES GERAIS

O estuário Furo da Laura se apresentou bem dinâmico, com um padrão semelhante entre suas variáveis ambientais, as quais não expuseram grandes variações durante todo o período de estudo.

De forma geral as espécies consideradas muito frequentes durante todo o estudo foram as larvas de Polychaeta, Gastropoda, Bivalve e de Cirripedia, os náuplios de Copepoda, *Acartia tonsa*, *Parvocalanus crassirostris*, *Paracalanus nanus*, *Paracalanus* sp, *Pseudodiaptomus* sp1, *Oithona nana*, *Cyclops* sp, Cyclopoida, Calanoida, Harparcticoida, Poecilostomatoida.

Os Copepodas foram os mais abundantes no estudo espaço-temporal, apresentando tendência de domínio. Enquanto que, no estudo nictemeral houve destaque para o grupo dos Cirripédia, os quais apresentaram dominância no período seco.

As densidades mais elevadas do estudo bimestral foram no mês Julho/12, enquanto neste mês a riqueza foi a menor registrada. Já no caso do estudo de variação circadiana, a maior densidade zooplânctônica foi verificada no período seco (Novembro/11).

A diversidade específica apresentou padrão semelhante entre as campanhas mensais, sendo que em Julho/12 houve menor equitabilidade e maior dominância, enquanto que a campanha de Maio/12 ocorreu o inverso, com maior equitabilidade e menor dominância. Os estudos sazonais evidenciaram padrão semelhante em relação à diversidade de organismos. No período seco houve menor equitabilidade e maior dominância de organismos, enquanto que no período chuvoso ocorreu o inverso.

Não houve diferença estatisticamente significativa no que diz respeito à comparação entre as densidades do período seco e do período chuvoso, bem como não houve entre os dados de temporalidade, espacialidade e regime de maré.

A Análise de Cluster aplicada aos grupos zooplânctônicos do estudo bimestral permitiu identificar três agrupamentos formados de acordo com a similaridade entre suas distribuições. Já na análise do estudo nictemeral, aplicada aos horários de coleta, foi observada a separação das amostras por períodos sazonais (seco e chuvoso).

A análise dos componentes principais realizada para os dados bimestrais revelou que pH, temperatura e oxigênio influenciaram fortemente a distribuição zooplânctônica. A mesma análise aplicada aos estudos nictemerais evidenciou uma sazonalidade das variáveis ambientais associando aos fatores bióticos.

Estuários são ecossistemas aquáticos de fundamental importância para a perpetuação da fauna de ambas as partes que o ligam (rio e mar) e fazem desse meio um refúgio, visto que é através desta zona de transição que ocorre o ciclo reprodutivo da grande maioria das espécies as quais realizam o seu nicho ecológico nestas zonas de transição. Logo, ficou evidente a necessidade de entendermos essa dinâmica, com o objetivo de obter resultados para pesquisas relevantes relacionados à região, que possui imensa potencialidade na área dos recursos pesqueiros, formando o interesse em pesquisas futuras.