



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

DELZENIRA SILVA DO NASCIMENTO DA COSTA

**DIVERSIDADE E ZONAÇÃO DO ICTIOPLÂNCTON EM UM
PERFIL DA PLATAFORMA CONTINENTAL MARANHENSE.**

São Luís/MA
2017

DELZENIRA SLVA DO NASCIMENTO DA COSTA

**DIVERSIDADE E ZONAÇÃO DO ICTIOPLÂNCTON EM UM
PERFIL DA PLATAFORMA CONTINENTAL MARANHENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção de título de mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Dr. Prof. Leonardo Dominici Cruz
Co-orientadora: Dr^a. Prof^a. Paula Cilene Alves da
Silveira

São Luís/MA
2017

Delzenira Silva do Nascimento da costa

Diversidade e Zonação do Ictioplâncton em um perfil da Plataforma Maranhense/ Delzenira --- São Luís: MA, 2017.

50 f.: il.

Orientador: Leonardo Dominici Cruz

Co-orientadora: Paula Cilene Alves da Silveira

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão,
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, 2017.**

DELZENIRA SILVA DO NASCIMENTO DA COSTA

DIVERSIDADE E ZONAÇÃO DO ICTIOPLÂNCTON EM UM PERFIL DA PLATAFORMA CONTINENTAL MARANHENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção de título de mestre em Biodiversidade e Conservação.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Dominici Cruz (Orientador)
Universidade federal do Maranhão

Prof^a. Dr^a. Paula Cilene Alves da Silveira (Coorientadora)
Universidade Federal do Maranhão

Prof^a. Dr^a. Samara Aranha Eschrique
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski
Universidade Federal do Maranhão

Tudo quanto te vier à mão para fazer, faze-o conforme as tuas forças, porque na sepultura, para onde tu vais, não há obra nem projeto, nem conhecimento, nem sabedoria alguma.

Eclesiastes 9:10

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por tudo que foi realizado em minha vida e principalmente na minha carreira científica. Sem a permissão do meu Deus, jamais galgaria uma carreira promissora. A Ele toda Honra e Glória!

À minha família, principalmente meu esposo Jeziel, que esteve presente todos os dias, suportando as lidas do lar, para continuar dedicada no desenvolvimento deste projeto.

Aos meus filhos Nills, Hulda e Tito, que de alguma forma contribuíram, sem criar impedimentos na continuidade da minha carreira.

Ao meu genro Delryson, que sempre me via deixando o lar, em busca de conhecimento e no final ele dizia: Conseguiu?

E a toda a minha família representada pela minha mãe Júlia e meu pai Francisco Costa ‘Chico Garapé’.

Ao meu orientador com Dr. Leonardo Dominici Cruz, que muito ajudou nas análises e com “puxões de orelha”.

À minha querida professora co-orientadora Dr^a. Paula Cilene Alves da Silveira. Obrigada pela confiança, pelo crescimento profissional. Você foi mais que orientadora, uma companheira. Sempre dizia: Vai Delzenira você consegue! “Muito obrigada querida pela confiança, Deus vai te recompensar! ”.

A minha querida turma 2015, meninas e meninos corajosos e destemidos que não ousavam sacrificar os “bichinhos” em prol da ciência. A amizade de vocês foi boa demais!

Aos professores do programa, especialmente ao Dr. Nivaldo Magalhães Piorski por ter me ajudado no projeto inicial de ingresso ao mestrado, pela prontidão de aceitar orientar-me

inicialmente e pela sua colaboração nas bancas examinadoras desde o primeiro seminário. Dr^a. Gilda Vasconcellos de Andrade que também aceitou orientar-me no início, obrigada pela confiança!

À Dona Ana Lúcia Reis, secretária do mestrado, que foi e tem sido incrivelmente eficiente, dando ajuda em tudo que precisávamos durante o curso.

À profa Dr^a. Samara Aranha Eschrique, que prontamente esteve nas bancas examinadoras, dando a sua contribuição desde os primeiros seminários.

Aos colegas do laboratório LIZIC – UFMA, que presenciaram a minha luta e dedicação, torcendo pela minha vitória. Principalmente a Rayssa Cardoso pela amizade e confiança, que esteve junto tanto nas amostragens de campos, como na identificação dos organismos.

À Anna Evelin, que com toda paciência, esteve ao meu lado ajudando e revendo os detalhes do manuscrito (obrigada querida). À Jessica Lima e Keila Marques, que ajudaram a triar as amostras.

À equipe do projeto INCT Ambientes Antrópicos, que juntos embarcamos, enfrentando as mais diversas condições de mar bravio. Foi difícil, mas conseguimos!

Ao prof. Dr. Raul (UFPE) que mesmo indiretamente, no entanto, coordenou o projeto maior dando apoio ao nosso projeto menor da Costa Norte GT 2.2.

Ao laboratório LABCICLOS da profa. Dr^a Samara Aranha Eschrique, que contribuiu com os dados químicos, juntamente com o apoio dos colegas da UFPE com os dados físicos.

Às minhas amigas de lutas das ‘Bandas’, que sempre confiaram em Deus e intercederam por mim e por esta vitória.

À querida Késia Campos, que intercedia por mim, junto com as demais da área 81.

Ao casal Pinajé, principalmente à Rose, que respeitosamente chamo de ‘minha loira’, estes muito estiveram me dando todo apoio e intercedendo a Deus.

À querida Maria de Jesus ‘Dijer’ com todas da área 35, que me acompanharam em todo este trajeto.

À grande amiga Lígia, que dizia: menina essa é tua! Obrigada querida, Deus é contigo!

E a todos os amigos da fé, que não esqueceram de apresentar-me a Deus. Ao querido Pr. Edmilson Flor com sua família e toda a área 14.

RESUMO

O presente trabalho foi realizado em um perfil da zona costeira e marinha da Plataforma Continental Maranhense (PCM). O objetivo foi descrever a existência de padrões da estrutura do conjunto de espécies das larvas de peixes na zona costeira e marinha da PCM, testando a hipótese de que a estrutura da comunidade está relacionada às condições ambientais da região. A amostragem foi distribuída entre 7 pontos de coletas (MA1, MA2, MA3, MA4, MA5, MA6 e MA7) durante nove campanhas. Os meses amostrados foram: abril, agosto, outubro e novembro de 2013 e janeiro, março, maio, julho e setembro de 2014. O ictioplâncton foi obtido através de arrastos horizontais na superfície usando rede de plâncton – cônico cilíndrico, com abertura de malha de 300 μm e 30 cm de boca. Os parâmetros temperatura, salinidade, profundidade de transparência, oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão (MPS), sólidos totais dissolvidos, condutividade, TDS, pH, fosfato e nitrato foram obtidos na superfície da água em todos os pontos de coleta. Foram utilizadas as análises de correspondência canônica (CCA) para verificar a influência das variáveis ambientais sobre a abundância das larvas. Durante o período amostral foram coletadas 4.011 larvas de peixes, sendo identificadas 43 famílias e 31 espécies. As espécies mais abundantes foram *Anchoviella lepidentostolle*, *Cynoscion acoupa* e *Mugil sp.* A diversidade e riqueza de espécies ocorreram de maneira que, no ponto MA1 foi fortemente influenciado por muitos indivíduos e com poucas espécies com alto grau de dominância, enquanto que no MA7 foi registrada a maior diversidade e riqueza de espécies. O modelo de CCA mais parcimonioso construído pela seleção *forward* considerou as variáveis transparência da água (m), MPS, salinidade, TDS e condutividade suficientes para explicar as distribuições de abundância das espécies. Consideradas juntas, estas variáveis explicaram 89,6% da variação total das abundâncias no conjunto de espécies de larvas. Estas análises demonstraram a existência de dois conjuntos de espécies distintos, a saber: i) um conjunto de espécies costeiras com influência estuarina; ii) um conjunto de espécies marinhas com influência oceânica. Em geral, a formação da estrutura da comunidade das espécies de larvas de peixes nas zonas costeira e marinha da PCM foi influenciada por variáveis ambientais atuantes nesta área. A formação dos conjuntos das larvas de peixes mostrou que a PCM possui uma diversificada ictiofauna de importância comercial e ecológica. Isto indica esta área como zona de conservação, na qual suas características devem ser preservadas.

Palavras chave: ictioplâncton; plataforma maranhense; zona marinha.

ABSTRACT

This present work was realized out in a profile of the coastal and marine zone of the continental shelf of Maranhão (MCS). This order to describe the existence of structure patterns of fish larvae species in the coastal and marine zone of the MCS, testing the hypothesis that the community structure is related to the environmental conditions of the region. The sampling was performed and distributed at seven collection points (MA1, MA2, MA3, MA4, MA5, MA6 and MA7), throughout nine campaigns in the months of April, August, October and November 2013; January, March, May, July and September 2014. The ichthyoplankton was obtained by horizontal trawls on the surface, using a conical – cylinder plankton net with mesh of 300 µm and 60 cm of mouth diameter. The variables “temperature”, “salinity”, “conductivity”, total dissolved solids – TDS, Water transparency, dissolved oxygen, suspended particulate matter, dissolved nutrients (phosphate and nitrite) were obtained on the water surface at all collection points. The canonical correspondence analysis (CCA) was used to verify the influence of environmental variables on larval abundance and distribution. During the sample period, 4.011 fish larvae were collected, belonging to 23 families, 40 genera and 31 species. The most abundant were *Anchovilla lepidentostole*, *Cynoscion acoupa*, *Sardinella brasiliensis* e *Mugil* sp. The diversity and richness of species occurred in a way that, at the point MA1 was strongly influenced by many individuals and few species with a high degree of dominance, while in the MA7 was recorded the greatest diversity and richness of species. The more parsimonious CCA model constructed by the *forward* selection considered the variables water transparency (M), SPM, salinity, TSD and conductivity sufficient to explain the abundance distributions of the species. All together, these variables accounted for 89.6% of the total abundance variation in the larval species. These analyzes demonstrated the existence of two distinct sets of species, namely: i) a set of coastal species with estuarine influence; li) a set of marine species with oceanic influence. In general, the formation of fish larvae in the coastal and marine environments of MCS was influenced by the environmental variables of this region. The formation of these sets showed that in the MCS there is a diverse ichthyofauna of commercial and ecological importance. This indicates this area as a zone in need of conservation, in which its characteristics must be preserved.

Key-words: ichthyoplankton; Maranhense Shelf; marina zone

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

MCS	Maranhense Continental Shelf
SPM	Suspended Particulate Matter
TSD	Total Dissolved Solids
DO	Dissolved Oxygen
Ar	Relative Abundance
CCA	Canonical Correspondence Analysis

LITAS DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização com pontos de coletas.....	45
Figura 2 – Médias e desvio padrão das variáveis ambientais.....	46
Figura 3 – Médias e desvio padrão dos índices ecológicos.....	47
Figura 4 – Agrupamento da dissimilaridade de Bray-Curtis.....	47
Figura 5 – diagrama do modelo mais parcimonioso da CCA (a) scores das variáveis e pontos de coleta (b) scores das espécies.....	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Ictioplâncton.....	14
2.2. Plataforma Continental Maranhense.....	16
REFERÊNCIAS	19
ARTIGO - DISTRIBUTION OF ICHTHYOPLANKTON THE OF COASTAL AND MARINE ZONA OF THE MARANHENSE CONTINENTAL SELF – BRAZIL	27
SUMMARY	26
INTRODUCTION	28
MATERIALS AND METHODS	29
Study area.....	29
Field procedure.....	30
Identification of larvae and data analysis.....	30
RESULTS	31
Environmental conditions	32
Characterization of the the ichthyoplankton community	32
DISCUSSION	33
ACKNOWLEDGMENTS	36
REFERENCES	36
APPENDICE	42
ANEXOS	50

1. INTRODUÇÃO GERAL

A zona costeira é a região que se estende desde o início da Plataforma Continental até a foz dos rios e das bacias hidrográficas que deságuam no mar (MMA, 1996). Representa um ambiente de grande interesse ambiental, pois possui elevada diversidade de espécies relacionada à heterogeneidade espacial e a dinâmica temporal desse ecossistema (WARD et al. 1999; BJORKLAND e PRINGLE, 2001). De forma que, os ecossistemas costeiros e oceânicos contêm a maior biodiversidade aquática disponível do planeta (CIRM, 1997).

Na região tropical, as zonas costeiras apresentam elevada diversidade de espécies decorrente, sobretudo, da disponibilidade de habitats e nichos ecológicos (ROBERTS et al. 2002). Entre os sistemas marinhos mais comuns dos trópicos (brasileiros), destacam-se os manguezais, estuários, prados de fanerógamas marinhas, lagunas e recifes, todos com uma diversidade de fauna e flora com condições climáticas e geológicas da costa brasileira (RAMOS, 2007).

A Plataforma Continental do Maranhão está inserida da Costa Norte a Nordeste brasileira. No entanto, esta plataforma apresenta características inerentes que a distingue das demais plataformas da região norte, seja por sua geomorfologia e por sua dinâmica com uma das maiores amplitudes de maré da costa brasileira, por sua exuberante e diversificada fauna ou seus recursos pesqueiros existentes (AMARAL, 1998; GUALBERTO; EL-ROBRINI, 2005). Esta região possui elevada diversidade íctica e é reconhecida pela riqueza de recursos pesqueiros, mas com potenciais ainda desconhecidos (ISAAC, 2013).

Os peixes marinhos possuem dois tipos de padrões referentes ao uso de habitats. O primeiro padrão refere-se aqueles que passam todo o ciclo de vida na mesma área, ao passo que o segundo se refere aqueles que utilizam um habitat específico e sucessivamente migram para o habitat parental, sendo responsáveis pela conectividade biológica entre os ecossistemas costeiros (BECKER, 2001; FALCÃO, 2012). Especificamente, os estudos sobre a composição, abundância, tamanho e tempo de residência dos indivíduos, apontam o padrão dos habitats pelas diferentes espécies (GILLANDERS et al. 2003; FAUNCE; SERAFY, 2006), tendo em vista, os padrões de distribuição de desovas para espécies não-residentes e locais (CHUTE; TURNER, 2001).

A distribuição das larvas de peixes está relacionada à atividade reprodutiva da população adulta e das características topográficas e hidrográficas do ambiente. Estas características, além de afetarem a distribuição das larvas, podem influenciar nas inter-relações entre as espécies durante as suas fases iniciais de vida, bem como, os padrões de desova dos

adultos (SILVEIRA, 2008; NONAKA et al. 2000). Desta forma, estudos sobre o ictioplâncton são importantes para se conhecer a ecologia e dinâmica das comunidades, que são diretamente dependentes das características hidrográficas das massas de água e de suas variações regionais e sazonais (MOSER; SMITH, 1993; YONEDA, 2000).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ictioplâncton

O ictioplâncton é constituído por ovos, larvas e juvenis de peixes. Estes organismos possuem grande relevância na renovação de estoques pesqueiros, na avaliação dos recursos existentes em áreas pouco conhecidas e na determinação da susceptibilidade de espécies componentes, o que possibilita estabelecer medidas para o aproveitamento sustentável deste recurso (NAVARRO-RODRIGUES et al. 2006).

Nos anos 1880 a 1900, verificou-se que a maioria das espécies de interesse econômico possuía ovos e larvas planctônicos (RÉ, 1999). Desde então, os estudos dos ovos e larvas planctônicos dos peixes têm contribuído sobremaneira para o avanço da informação nos domínios da Ictiologia e da Biologia Pesqueira (p. ex. estudos de desenvolvimento, alimentação, crescimento, mortalidade, transporte e comportamento dos estágios larval dos peixes). Os diferentes estágios de desenvolvimento larval têm como base a proposta de Kendall et al. (1984) e Moser (1996). Estes estágios dividem-se de acordo com o estado de flexão da notocorda durante a formação da nadadeira caudal: pré-flexão (i.e. absorção do saco vitelínico); flexão (i.e. flexão da notocorda e início dos ossos hipurais) e pós-flexão (i.e. completa flexão da notocorda).

Após o período da vida planctônica, as larvas se tornam semelhantes aos adultos e sofrem transformação gradual ou brusca, correspondente a passagem à fase juvenil (RÉ, 1999). Esta transformação que ocorre durante o estágio larval, com o crescimento completo dos raios da nadadeira e o surgimento das escamas, é conhecida por regime alométrico (i.e. partes do corpo crescem de modo diferenciado) e isométrico (i.e. partes do corpo crescem de forma homogêneas) (FUIMAN, 2002). Esta fase é uma das etapas mais frágeis do ciclo de vida dos peixes, com mortalidade associada à escassez de alimento, ação de predadores, competição e condições abióticas (SWERARER et al. 2002).

No estágio larval, os peixes possuem características próprias que podem ser utilizadas na sua identificação. Já o estágio larval mais avançado pode desenvolver características

transitórias, também utilizadas na sua identificação. Neste período em que há mudanças tanto na forma geral, como estrutural, começam a perder as características larvais e adquirir caracteres de adultos (BONECKER et al. 2014). Essa transição à fase juvenil é também associada normalmente a um grau de independência das condições ambientais (RÉ, 2000).

Importante atentar que nos estágios larvais ocorre a migração passiva, que constitui um elemento essencial no ciclo de vida dos peixes, resultando na dispersão das espécies, o que aumenta as chances de sobrevivência durante este período (ZACARDI, 2015). Essas larvas utilizam diversos mecanismos comportamentais e ambientais que promovem seu transporte ao hábitat de assentamento (BOEHLERT; MUNDY, 1988). Muitas espécies podem seguir rastros químicos e sonoros que são característicos do ambiente, como os compostos característicos dos estuários ou os sons emitidos por ondas em recifes (HOLMES; MCCORMICK, 2010). A partir desse mecanismo as larvas movem-se ativamente em velocidade crescente, enquanto completam seu desenvolvimento ontogênico.

Apesar das larvas de peixes terem habilidades sensoriais e natatórias reduzidas após a eclosão, os sentidos olfativos e visuais são potencializados nesta fase. O conhecimento sobre comportamento sensorial e natação é insuficiente devido às mudanças no desenvolvimento e diferenças muito específicas entre as espécies (KINGSFORD et al. 2002). No entanto, o comportamento planctônico é de grande importância no ciclo de vida dos peixes e cujo o sucesso influenciará diretamente no estoque dos adultos. (BORGES, 2003). Considerando que, o desenvolvimento das larvas, assim como a abundância, é um indicativo da existência de desova, locais e estratégia para a reprodução (BORGES, 2003).

Estudos sobre a distribuição e abundância de larvas de peixes em diferentes habitats e nas diferentes fases ontogênicas são escassos. Apesar que, algumas pesquisas realizadas em diferentes habitats obtiveram sucesso (FALCÃO, 2012). Todavia, a maioria dos estudos com ictioplâncton marinho realizados no Brasil é em ambientes estuarinos. Nas regiões norte e nordeste, os estudos apresentam pouca informação quanto à composição e ecologia do conjunto de espécies ictioplanctônicas (CASTRO, 2005).

Os estudos nas regiões sul e sudeste têm focado na distribuição e abundância de ovos e larvas de peixes, disponibilizando maior número de trabalhos. Macedo-Soares et al. (2014), por exemplo, descreveram a relação das massas de água com a distribuição do ictioplâncton na Plataforma Sul e Sudeste. Costa (2011) descreveu a variação espaço-temporal do ictioplâncton na Baía de Babitonga no estado de Santa Catarina, como instrumento para definição de áreas prioritárias para conservação. Freitas e Muelbert (2004) descreveram a distribuição e abundância do ictioplâncton no Sul e Sudeste do Brasil. Franco e Muelbert (2003) realizaram

um trabalho enfocando a distribuição e composição do ictioplâncton na quebra da Plataforma Sul do Brasil. Lopes (2006) estudou a variação Espaço-temporal do ictioplâncton e condições oceanográficas na região do Cabo Frio, Rio de Janeiro. Coser et al. (2007) descreveram a comunidade ictioplanctônica e sua distribuição no estuário dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, Aracruz, no estado do Espírito Santo.

Na região Norte, Zacardi et al. (2008) estudaram o ictioplâncton marinho e de águas adjacentes à foz do Rio Amazonas – operação Norte II REVIZEE. Bittencourt (2007) descreve a composição, distribuição e abundância do ictioplâncton na Zona Exclusiva Econômica (ZEE) do Norte, na região do Amapá e Plataforma Amazônica. Na região Nordeste, Mafalda JR et al. (2004) estudaram a distribuição e abundância do ictioplâncton da costa Norte da Bahia. Bezerra Júnior (2011) estudou os ovos e larvas de peixes como indicadores da qualidade da água do porto de Suape, estado de Pernambuco, sob influência da pluma de gás natural.

Trabalhos realizados na plataforma Continental Maranhense são restritos aos trabalhos de Silveira (2003; 2008). Estes trabalhos são referentes à distribuição do ictioplâncton e os impactos oceanográficos sobre a abundância do ictioplâncton. Outros trabalhos se destacam nas zonas costeiras do Maranhão: Bonecker et al. (2007) estudaram a comunidade ictioplanctônica na região estuarina da Baía de São de Marcos; e Soares et al. (2014) estudaram a comunidade ictioplanctônica da Bacia do Rio Bacanga.

2.2 Plataforma Continental Maranhense

A Plataforma Continental compreende o leito e o subsolo das áreas submarinhas, que se estendem além dos limites do mar territorial. A zona econômica exclusiva é medida a partir do limite exterior de 12 milhas do mar territorial até 200 milhas náuticas da costa (370 quilômetros) (CRESPO et al. 2002).

As águas da Plataforma Brasileira sustentam grande produção oceânica, devido à produtividade de nutrientes dos rios e bordas das plataformas (CRESPO et al. 2002). Nas plataformas de climas tropicais e equatoriais, o clima quente favorece a proliferação de organismos construtores e conseqüentemente as formações carbonatadas (CRESPO et al. 2002).

A área marinha adjacente à costa é constituída por águas quentes nas costas nordeste e norte, dando suporte a uma grande variedade de ecossistemas que incluem dunas, praias, banhados e áreas alagadas, estuários, restingas, manguezais, costões rochosos, lagunas e marismas, os quais abrigam inúmeras espécies de flora e fauna (MMA, 2002a e 2002b). A zona costeira “amazônica” norte brasileira possui características meteorológicas e oceanográficas

bastante peculiares quando comparadas a outras regiões costeiras do país, apresentando, entre outros, elevada precipitação anual (até 3.300 mm) e altas temperaturas (>20 °C) com baixa variação térmica anual (PEREIRA et al. 2009).

A zona costeira constitui-se em uma região de transição ecológica, desempenhando importante papel no desenvolvimento e reprodução de várias espécies e nas trocas genéticas que ocorrem entre os ecossistemas terrestres e marinhos. Aliadas às características tropicais e subtropicais dominantes ao longo de toda a costa do país, as condições oceanográficas e climatológicas próprias da região conferem traços distintivos à sua biodiversidade (MMA, 2010).

Especificamente, a região Norte da Plataforma Brasileira destaca-se em possuir elevada produtividade, pela presença de estuários e o clima tropical que favorece o desenvolvimento de manguezais e abrigo, criando um elo no ciclo de vida das espécies da fauna marinha (MUEHE; GARCEZ, 2005). Esta produtividade está relacionada também aos regimes hidrográficos assim como a corrente Norte do Brasil (CNB), que possui padrão de maior fluxo, sem perturbações durante todo o ano (CRESPO et al. 2002).

Baseado na morfologia da costa, clima e dos principais parâmetros oceanográficos da plataforma, a costa brasileira foi dividida em: Costa Norte; Nordeste; Leste; Sudeste e Sul. Dentro desta divisão, a Plataforma Continental Maranhense foi inserida na Costa Norte (Cabo Orange – Baía de São Marcos) (VILLWOCK, 1994). Esta Plataforma situa-se na região tropical úmida com temperatura anual média de 27 °C e pluviosidade média de 2.600 mm, com chuvas intensas de dezembro a maio. É considerada bem diversificada e configura a maior amplitude de maré em toda a zona costeira (MOCHEL, 2011; CRESPO et al. 2002). O litoral maranhense é todo rendilhado e a linha de costa indecisa, onde rios carregam o material em abundância formando cordões litorâneos, onde as vagas (ondas) arrebatam com violência (EL-ROBRINI et al. 2006).

A zona costeira da Plataforma Maranhense se estende até a Plataforma continental interna, tendo pequena conexão com as praias arenosas, zonas de surf e estuários. Representa fonte imediata de sedimentos costeiros e zonas de ocorrências de processos oceanográficos, responsável pela dinâmica das águas costeiras (GUALBERTO; EL-ROBRINI, 2005). É caracterizada por dezenas de baías, estuários, reentrâncias e desembocaduras de inúmeros rios e tendo o Golfão Maranhense como importante componente desta zona (MOCHEL, 2011).

O Golfão Maranhense estende-se entre as latitudes de 15°N e 15°S. Apresenta grande importância nesta região, tendo em vista a conexão com o continente e o oceano. Recebe grande descarga de águas doce, partículas e solutos oriundos do continente, com uma hidrodinâmica

diferenciada de outros ambientes. Além disto, faz parte de um conjunto de estuários e reentrâncias possuindo cerca de 5.414 km² de manguezais (SOUZA- FILHO, 2005; TEIXEIRA, 2009; MIRANDA et al. 2002).

A Baía de São Marcos está inserida no Golfão Maranhense que é amplamente aberta sobre a plataforma. A baía é considerada um complexo estuário ativo, com canal central bem desenvolvido e dominado por correntes, onde sucessivamente ocorre bancos arenosos e uma depressão, chamadas de “Depressão Maranhense” (MMA, 2002, GUALBERTO, 2002).

A zona costeira do Maranhão apresenta importância no aspecto fisiográfico, pois apresenta forte dinâmica da paisagem, resultante das atividades humanas. Essa dinâmica é concedida pelos principais agentes hidrológicos, eólicos e oceanográficos que modelam a paisagem. Contudo, essas zonas sustentam uma diversidade faunística elevada (FEITOSA, 2006), onde os recursos pesqueiros marinhos têm sido considerados de grande importância para o desenvolvimento da região, principalmente como meio de subsistência e fonte alimentar para as populações humanas (ARAUJO-JUNIOR et al. 2006).

A região costeira do Maranhão é considerada, ainda, um ambiente de médio estuário que serve de abrigo e local de reprodução para muitas comunidades de peixes, com expressivo número de fêmeas sexualmente maduras, além dos indivíduos jovens de várias espécies encontrados no local em todos os períodos do ano (CARVALHO-NETA; CASTRO, 2005). De maneira que a pesca é muito diversificada nesta região e ocorre em toda a área da plataforma, variando da artesanal a comercial, com utilização de uma grande diversidade de equipamentos (ISAAC, 2006; MOCHEL, 2011).

REFERÊNCIAS

AMARAL, M. S. **Estudo da Distribuição dos Minerais Pesados Presentes na Cobertura Arenosa Superficial da Plataforma Continental do Maranhão**. 1998. 58f. (Trabalho de Conclusão de Curso) UFPA, Belém/PA.1998.

ARAUJO-JUNIOR, E. S.; CASTRO, A. C. L.; SILVA-JUNIOR, M. G. Dinâmica Populacional do Bagre Guribu (*Hexanematichthys Herzbergii*) (Teleostei, Ariidae) do Estuário do Rio Anil (Maranhão-Brasil) **Boletim Do Laboratório De Hidrobiologia**, n. 19, p. 41-50, 2006.

BEZERRA-JR., J.L., DIAZ, X.G., Neumann-Leitão, S. Diversidade de larvas de peixes das áreas internas e externas do Porto de Suape (Pernambuco-Brazil), **Tropical Oceanography**, v.39, n.1, p. 1-13. 2011.

BECKER, H. **Hidrologia dos bancos e Ilhas oceânicas do Nordeste Brasileiro. Uma contribuição ao Programa REVIZEE**. 2001. 175f (Tese) Doutorado em Ecologia de recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. 2001.

BITTENCOURT, S.C.S. **Composição, distribuição e abundância do ictioplâncton da ZEE Norte coletado na região da costa do Amapá e plataforma do Amazonas**. 2004. 77f (Dissertação) Mestrado em ciência animal. Universidade Federal do Pará, Belém. 2004.

BITTENCOURT, S.C.S.; ZACAARDI, D. M.; SOUZA,S. P.; NAKAYAMA,L.; BELÚCIO, L. F. Composição e Distribuição de Larvas de Peixes na Zona Neustônica da Costa do Amapá (Revizee/Score Norte - Op.Norte Ii E Iii) **Bol. Téc. Cient. Cepnor**, Belém, v.7 n.10, p. 41 – 54. 2012.

BJORKLAND, R. e PRINGLE, C. M. Educating Our Communities and Ourselves about Conservation of Aquatic Resources through Environmental Outreach. **BioScience**, v. 51 n. 4, p. 279. 2001.

BOEHLERT G. W.; MUNDY B. C. Roles of behavioral and physical factors in

larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. **American Fisheries Society Symposium**, n. 3, p. 51 – 67, 1988.

BONECKER, A.C.T.; CASTRO, M.S.; NAMIKI, C.A.P.; BONECKER, F.T.; BARROS, F.B.A.G. Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil (2°18' - 2°47'S/044°20' -044°25'W) during the dry season. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 3, p. 235-241, 2007.

BONECKER, A. C. T.; NAMIKI, C. A. P.; CASTRO, M. S.C.; CAMPOS, P. N. **Catálogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos** [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 295 p. Zoologia: guias e manuais de identificação series. 2014

BORGES, R.; FARIA, C.; GIL, F.; GONÇALVES, E. J.; ALMADA, V. C. Embryonic and larval development of *Gobius paganellus* (Pisces: Gobiidae). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, n. 83, p. 1151-1156, 2003.

CAMARGO, M. e ISAAC, V. **Ictiofauna Estuarina**. In: FERNANDES, M. E. B. (ed). Os Manguezais da Costa Norte Brasileira. S. Luís, Fundação Rio Bacanga, 2003 p:105-142.

CASTRO, M.F. **Abundância, distribuição e desenvolvimento das fases iniciais de peixes no estuário do rio Formoso, Pernambuco – Brasil**, 2005, 72f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE. 2005.

CARVALHO-NETA, R. N. F.; CASTRO, A. C. L. Diversidade das assembléias de peixes estuarinos da Ilha dos Caranguejos, Maranhão. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 41, n. 1, p. 48-57, 2008.

CIRM. Comitê executivo para o programa REVIZEE. Proposta Nacional de Trabalho. Brasília. 43 p. 1997.

COSER, L.M., PEREIRA, B.B.; JOYEUX, J. Descrição da comunidade ictioplanctônica e sua distribuição espacial nos estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, Aracruz, ES, Brasil. **Interciência**. Caracas, v. 32, n. 4, p. 233-241. 2007.

COSTA, M.D. de P. **Ictioplâncton da baía de Babitonga (SC-Brasil): instrumento para a definição de áreas prioritárias para a conservação**. 2011, 141 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Itajaí. 2011.

CHUTE, A. S. & TURNER, J. T. Plankton studies in Buzzards Bay, Massachusetts, USA. V. Ichthyoplankton, 1987 to 1993. **Marine Ecology Progress Series**, n. 224, p. 45-54. 2001.

CRESPO, R. e SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. Ed. Interciência., RJ. 2002.

EL-ROBRINI M., MARQUES J. M., SILVA M. M. A., EL-ROBRINI M. H. S., FEITOSA A. C., TAROUCO J. E. F., SANTOS J. H. S., VIANA J. R. Maranhão. Pp 87-130. In: Muehe D (ed) **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília. MMA, 2006.

FAUNCE, C.H. & SERAFY, J.E. Mangroves as fish habitat: 50 years of field studies. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, n. 318, p. 1-18. 2006.

FALCÃO, E. C. S. **Evidências de conectividade entre habitats costeiros tropicais através do estudo de peixes em fases iniciais do ciclo da vida**. 2012. xi, 121 f. -Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Oceanografia – UFPE. CTG.. 2012.

FEITOSA, A. C. **Relevo do Estado do Maranhão: Uma Nova Proposta de Classificação Topomorfológica**. Anais, VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia GO. Set, 2006.

FRANCO, B. C. e MUELBERT, J. H. Distribuição e composição do ictioplâncton na quebra de plataforma do sul do Brasil. **Atlântica, Rio Grande**, v. 25, n. 1, p. 75-86, 2003.

FREITAS, D. M. e MUELBERT, J. H. Ichthyoplankton Distribution and Abundance off Southeastern and Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 4, p. 601-612. 2004.

FUIMAN, L. A. Special Conservations of Fish Eggs and Larvae. **Fishery Science**, n. 1, p. 1-32. 2002.

GUALBERTO, L.P.S. **Plataforma Continental do Maranhão: Distribuição Espacial e Análise Textural da Cobertura Sedimentar Superficial**. 2002. 56f. (Monografia)

Universidade Federal do Pará, Belém/PA. 2002.

GUALBERTO, L.P. S. & EL-ROBRINI, M. Faciologia da cobertura sedimentar superficial da Plataforma Continental do Maranhão. **Estudos Geológicos**, n. 15, p. 234-243. 2005.

GILLANDERS, B. M.; ABLE, K. W.; BROWN, J. A.; EGGLESTON, D. B.; SHERIDAN, P. F. Evidence for connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. **Marine Ecology Progress Series** n. 247, p. 281-295. 2003.

HOLMES, T. H.; MCCORMICK, M. I. Smell, learn and live: The role of chemical alarm cues in predator learning during early life history in a marine fish.

Behavioural processes, n. 83, p. 299–305, 2010.

ISAAC, V. J. N. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros do litoral amazônico: um desafio para o futuro. **Cien. Cult**, v. 58, n. 3, p. 33-36. 2006.

ISAAC, A. **Metodologias de classificação de peixes em guildas tróficas para uso em estudos ecológicos e avaliações ambientais**. 2013. 37 f. Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) -Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia. 2013.

LOPES, C. L. **Variação Espaço-Temporal do Ictioplâncton e condições Oceanográficas na Região do Cabo Frio (RJ)**. 2006. 226 f. Tese de doutorado em Oceanografia Biológica. Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo. 2006.

MACEDO-SOARES, L.C.P.; GARCIA, C.A.E.; FREIRE, A. S.; MUELBERT, J. H. Large-scale Ichthyoplankton and Water mass Distribution along the South Brazil shelf. **Plos One**, v. 9, n. 3, p. 1-14, 2014.

MAFALDA-JR, P.O, SINQUE, C., MUELBERT, J.H., SOUZA, C.S. Distribuição e abundância do icteoplâncton na costa norte da Bahia, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 32, n. 1, p. 69-88. 2004.

MIRANDA, L. B. de; CASTRO, B. M. de; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia e Políticas Públicas Santos, SP, Brasil** - 2011 física de estuários. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União**. Brasília, 1996. 277p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE: **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeiras e marinhas**. Brasília: Fundação Bio-Rio, Sectam, Idema, SNE, 2002a. 72 p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade Brasileira: Avaliação e Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira**. Brasília: MMA, (Série Biodiversidade, n. 5). 2002b. 404 p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil / Secretaria de Biodiversidade e Florestas/Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros**. – Brasília: MMA/SBF/GBA, 2010. 148 p.

MOCHEL, F. R. Manguezais amazônicos: status para a conservação e a sustentabilidade na zona costeira maranhense. In: Martins, M. B.; Oliveira, T. G. (Org.). **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação** – Belém. PEG. 2011. p. 93-116.

MOSER, H.G., E SMITH, P.E. Larval fish assemblages of the California Current Region and Their horizontal and vertical distributions across a front. **Bulletin of Marine Science** v. 53, n. 2, p. 645-691. 1993.

MOSER, H.G., Stomiidae: Scaly dragonfishes. In: MOSER, H.G. (Ed.). **The Early Stages of Fishes in the California Current Region**. La Jolla, Calcofi. Atlas nº33, p. 301-303. 1996.

MUEHE, D. e GARCEZ, D. S. A Plataforma Continental Brasileira e sua Relação com Zona Costeira e Pesca. **Mercator**, v. 08, n.4, p. 69-88. 2005.

NAVARRO-RODRIGUES, M.C., GUEVARA, L.F.G., FLORES-VARGAS, R., RUELAS, M.E.G. E GONZALES, F.M.C. Composición e variabilidade del ictioplâncton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 41, n. 1, p. 35-43. 2006.

NONAKA, R.; MATSUURA, Y. E SUZUKI, K. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank Region off eastern. Brazil. **Fishery Bulletin**, n. 98, p. 767-784. 2000.

PEREIRA, L. C. C.; DIAS, J. A.; CARMO, A.; POLETTE, M. A zona costeira amazônica brasileira. **Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management** v. 9 n. 2, p. 3-7. 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**. 2007. 126 f. Dissertação Mestrado em Ciência Animal – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, Belém. 2007.

RÉ, P. **Ictioplâncton Estuarino da Península Ibérica (Guia de identificação dos ovos e estados larvares planctônicos)**. Prémio do Mar, 1996. Câmara Municipal de Cascais. 163 p. 1999.

RÉ, P. M. A. B. **Biologia Marinha**. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal. 94 p. 2000.

ROBERTS, M. C; MCCLEAN, J. C; JOHN E. N. VERON, N. E; JULIE P. HAWKINS, J.P. Marine Biodiversity Hotspots and Conservation Priorities for Tropical Reefs. *Science*, n. **295**, p. 1280. 2002.

SILVEIRA, P.C.A da. **Ictionêuston da Zona Econômica Exclusiva referente ao Estado do Maranhão (Região Norte do Brasil)**. 2003. 56 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia d UFPE. 2003.

SILVEIRA, P.C.A. da. **Impact of oceanographic conditions on distribution and abundance of larval fish in northern Brazil**, 2008. 91 f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais), Universidade de Bremen, Alemanha. 2008.

SWERARER, S.E., SHIMA, J.S., HEILBERG, M.E., THORROLD, S.R., JONES, G.P., ROBERTSON, D.R., MORGAN, S.G., SELKOE, K.A., RUIZ, G.M., WARNER, R.R. Evidence of Self-recruitment in demersal marine populations. *Bull Mar Sci*, n. 70, p. 251-271. 2002.

SOARES, R. D. B.; CUTRIM, M. V. J.; SILVEIRA, P. C. A. Diversidade de larvas de peixes na Bacia hidrográficas do Rio Bacanga (Maranhão-Brasil). *Revista de Ciências Ambientais*. Canoas, n. 8, p. 05-19. 2014.

SOUZA-FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Rev. Bras. Geof*, v. 23, n. 4, p. 427-435. 2005.

TEIXEIRA S. G; MARTINS P.W.; SOUZA FILHO. Mapeamento de Ambientes Costeiros Tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) Utilizando Imagens de Sensores Remotos Orbitais. *Rev. Bras. Geof*. v. 27, n. 1, p. 1-14, 2009.

VILLWOCK, J. A., **A costa brasileira: Geologia e evolução. Notas Técnicas**. Porto Alegre. v. 7, p. 38-49. 1994.

YONEDA, N.T. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha – plâncton. **Base de dados tropical**. 2000. Disponível em <http://www.bdt.org.br/workshop/costa/plancton/copepode>. Acesso em:2016.

ZACARDI, D.M.; BITTENCOURT, S. C. S.; RAWIETSCH, A. K.; NAKAYAMA, L. Ictioplâncton Marinho da Plataforma Continental e águas Adjacentes à foz do Rio Amazonas (operação Norte II – REVIZEE SCORE NORTE). **Bol. Tec. Cient. CEPNOR**. v. 8, n. 1, p. 9-20. 2008.

ZACARDI, D.M. Variação e abundância do ictioplâncton em canais de maré no Extremo Norte do Brasil. **Biota Amazônia**. Macapá, v. 5, n. 1, p. 43-52, 2015.

WARD, T. J.; VANDERLIFT, M. A.; NICHOLLS, A. O.; Kenchington, R. A. Selecting Marine Reserve Using Habitats and Species Assemblages as Surrogates for Biological Diversity. **Ecological Applications**. v. 9, n. 2, p. 691-698. 1999.

KENDALL, A.W.; AHLSTROM, E.H.; MOSER, H.G. 1984. *Early Life History Stages of Fish and their Characters*. In: MOSER, H.G.; RICHARDS, W.J.; COHEN, D.M.; FAHAY, M.P.; KENDALL Jr., A.W.; RICHARDSON, S.L. (Eds.). Ontogeny and Systematics of Fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication no. 1, p. 11-22.

KINGSFORD, M.J., LEIS J. SHANKS, A. LINDEMAN, K. MORGAN, S., PINEDA, J. Sensory environments, larval abilities and local self-recruitment bull **Mar. Sci. (in press)**. v. 70, n. 32, p. 309-3440. 2002.

Artigo submetido de acordo com as normas da revista ACTA ICHTHYOLOGICA ET PISCATORIA. Sob o p- ISSN 0136-1592/ e- ISSN 1734-1515.

Distribution of Ichthyoplankton in the Coastal and Marine Zone of the Maranhense Continental Shelf – Brazil

Delzenira Silva do N. da COSTA^{1*}, Paula Cilene A. da SILVEIRA², Leonardo Dominici CRUZ³

¹ *Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação – Mestrado – Universidade Federal do Maranhão – UFMA*

² *Departamento de Oceanografia e Limnologia – DEOLI – UFMA*

³ *Curso de Ciências Naturais/Química – UFMA*

Summary

Background. The present work was realized in the coastal and marine zone of the Maranhense Continental Shelf (MCS) on the north coast of Brazil, in order to investigate the existence of structure patterns of the species group ichthyoplankton (I.e. variation of richness, composition and abundance of species) and the possible mechanisms underlying the observed patterns (I.e. the influence of environmental variables).

Material and Methods. Data collection (I.e. ichthyoplankton specimens and measures of environmental variables) occurred at 7 points (MA1 to MA7) following a transect of 10 nautical miles between points during the years of 2012 and 2014. A canonical correspondence analysis (CCA) was used to verify the influence of environmental variables on larval abundance and distribution.

Results. The richness and diversity of species varied between the points, wherein the point MA1 was characterized by presenting an assemblage of species of low richness and diversity, with the presence of abundant species. From the point MA2 onwards there was an increase of

richness and diversity of the species, but the abundance of the species decreased. The Mantel partial test showed that the composition of ichthyoplankton consisted of sets of characteristic species related to the environmental conditions of the sampling points. Canonical correspondence analysis showed that the abundances of species were influenced mainly by salinity, water transparency, conductivity, total dissolved solids and suspended particulate material.

Conclusion. The ichthyoplankton composition structure was formed by two sets of characteristic species of coastal and marine zones, due to the influence of environmental variables in the MCS on the distribution of fish larvae.

Palavras chave: ichthyoplankton; Maranhense Shelf; marina zone.

INTRODUCTION

The distribution of fish larvae is influenced according to their ecological characteristics. Many species of oceanic and neritic fish have a similar behavior in using coastal environments (Zacardi 2015). In the reproductive period, adult fish use an escape strategy from predators, seeking protection and shelter in coastal environments. Their larvae use this environment until they reach maturity (Camargo and Isaac 2003). Other species of fish settle in a unique environment from the Farval stage on (Warner and Cowen 2002, Ferreira et al. 2005).

In marine areas variations of environmental conditions (e.g. salinity and temperature) are lower when compared to estuarine environments, and are generally related to precipitation rates (Barletta et al. 2005). Due to this relative constancy environmental factors can contribute as well to the adaptations of the physiological characteristics as to the dynamics of dispersion of the species dependent on the mechanisms of active and passive transport (Zacardi et al. 2014, 2016). The dispersal dynamics of larvae and adult fish are the result of the different spatial and temporal distribution patterns of the species (Kipper et al. 2011), which depend on the structure of the species assemblages that is influenced by the period of the year, location, reproductive duration and environmental conditions (Bialetzki et al. 2005). Changes in these factors may lead to changes in the parameters that describe the fish communities (e.g. species richness, composition and abundance) (Whitfield and Paterson 2003).

In general, studies on the distribution and composition of ichthyoplanktonic communities in Brazil are mainly realized in the estuarine regions (e.g. Camargo and Isaac 2003, Nascimento and Nakatani 2006, Bezerra Júnior 2011, Macedo-Soares et al. 2014, Zacardi et al. 2014, 2016). These studies indicate that these areas are preferred habitats of many species in the reproductive period, influencing the recruitment and dispersal processes of the species. They also indicate that the distribution of fish larvae is related to physical-chemical factors of the environment, currents, tidal cycles and water bodies.

Studies on ichthyoplankton in the Maranhense Continental Shelf (MCS) are few and only describe the composition and distribution of the species (e.g. Silveira 2003¹, 2008², Bonecker et al. 2007, Soares et al. 2014), without considering any mechanism underlying the structures and distribution of sets of species. In this environment, Silveira (2008)² observed that the larvae of ichthyoplankton formed sets of characteristic species related to the physical-chemical characteristics of the water masses in the region.

Faced with this little information, the need to increase the knowledge about the community of these organisms arises. The present study aimed to investigate the existence of distribution and structure patterns of fish larvae species in the coastal and marine zone of the MCS, testing the hypothesis that the community structure is related to the environmental conditions of the region.

MATERIALS AND METHODS

Study area. The MCS is located between the mouths of the rivers Gurupi and Parnaíba. It is a shallow shelf (± 30 m) with irregular geomorphology, well evidenced by the fields of submerged sandy banks and the Parcel Manuel Luís (EL-Robrini et al. 2006). It presents intense hydrodynamics, resulting from the combined actions of the continental water supply, the trade winds and the influence of the Northern Brazil Current. A consequence of this dynamics is the transport of great water volumes to the northwest, parallel to the coast (Silva 2006)³.

¹ Silveira P. C. A. 2003. Ictionêuston da Zona Econômica Exclusiva referente ao Estado do Maranhão (Região Norte do Brasil). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia d UFPE.

² Silveira P. C. A. 2008. Impact of oceanographic conditions on distribution and abundance of larval fish in northern Brazil. Tese (Doutorado em Ciências Naturais), Universidade de Bremen, Alemanha.

³ Silva A. C. 2006. An analysis of water properties in the western tropical Atlantic using observed data and numerical model results. Tese (doutorado em gestão ambiental), Departamento de Oceanografia, UFPE, Recife/PE.

The study area is found in the center of a bay system, located between the coordinates 2° 29.08 'S; 44° 18.551'W up to 1° 41.665 'S; 43° 46.923'W, far from the Maranhense coast, in front of the São Marcos Bay, following a transect to the Middle Continental Shelf, located between the 40 – 60m isobaths (EL-Robrini et al. 1992), (Figure 1). It presents semidiurnal high tide with an average of 4 meters and maximums of over 7 meters, with tidal currents velocity of above 6 m · s. The climate is tropical humid with dry seasons (July to December) and rainy (January to June) well defined, with average temperature around 26° C. (El-Robrini et al. 2006, Teixeira et al. 2009).

Field procedure. The sampling was performed and distributed at seven collection points (MA1, MA2, MA3, MA4, MA5, MA6 and MA7) (Figure 1) throughout nine campaigns (April, August, October and November 2013; January, March, May, July and September 2014). The collections followed a transect of 10 nautical miles (1,852 km) between the sampling points. The ichthyoplankton was obtained by horizontal trawls on the surface, using a conical – cylinder plankton net with mesh of 300 µm and 60 cm of mouth diameter. The environmental characteristics of the area were described by measurements of the following variables: temperature (°C); salinity, conductivity ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) and total dissolved solids – TDS ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$), determined using the HANNA HI – 9828® multiparameter probe; Water transparency – disappearance depth of the Secchi disk (m); dissolved oxygen – DO ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) determined by the use of the oximeter HANNA HI – 9146®; suspended particulate matter – SPM ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) with the samples collected by the van Dorn hydro bottle and determined by the gravimetric method according to the methodology described in APHA (2001); dissolved nutrients (phosphate and nitrite) determined according to the methodology of Grasshoff et al. (1999).

Identification of larvae and data analysis. The larvae were identified through morphological and morphometric characteristics, at the lowest possible taxonomic level, according to a specific bibliography (Snyder 1983, Okyama 1988, Olivar and Fortuño 1991, Farooqi et al. 1995, Moser 1996 and Richards 2005). Damaged larvae with no defined characteristics or newly hatched that could not be included in any taxa, were considered as not identified (NI). For the larvae that were identified up to family level, the family name was considered and followed by the letter 'A'. The screening and identification procedure was carried out at the Integrated Laboratory of Zooplankton and Ichthyoplankton of the Department of Oceanography and Limnology of the Federal University of Maranhão (DEOLI – UFMA).

The biological variables considered were estimates of relative abundance, richness and diversity (relative to the level of identification) of fish larvae. The relative abundance (%) was

estimated according to the formula: $Ar = Na \times 100 \cdot NA$ (with Ar = relative abundance, Na = total number of fish larvae of the taxon obtained in the sample, NA = total number of fish larvae in the sample).

The species richness of ichthyoplankton was estimated using the Margalef richness index, while diversity was estimated by the Shannon Wiener Index (H'). Indices were calculated for each campaign. These analyzes were performed in the computer program PRIMER 5 (Clarke and Gorley 2001)⁴.

An analysis of variance (ANOVA one factor) was used to verify the differences of each environmental variable between the collection points. In the significant cases, multiple paired comparisons between the points were performed using the Holm-Sidak method. The Mantel partial test was used to verify the existence of differences in the structure of the fish larvae between collection points in relation to their environmental conditions. For this aim the species abundances were transformed according to the expression $\log(x) + 1$ (Anderson et al. 2006) and a dissimilarity matrix using the Bray-Curtis metric was constructed. The values of the environmental variables were standardized for averages 0 and variance 1, constructing a matrix of environmental dissimilarity by means of the Euclidean distance. Environmental variables generally exhibit spatial autocorrelation, so a distance matrix between points was constructed using the Haversine function and incorporated into the Mantel partial test to control the spatial autocorrelation. The value of the test was estimated from 9,999 permutations ($\alpha \leq 0.5$).

To investigate the influence of environmental variables on species abundance, a canonical correspondence analysis (CCA) was used. The abundance values were previously transformed by the expression $\log(x) + 1$. The mean values of the environmental variables were standardized (averages 0 and variance 1). The most parsimonious model of the CCA was estimated, with application of the *forward* selection and its significance estimated by a permutation test (number of permutations 999; $\alpha \leq 0.5$). The analyzes were performed in the environment R v.3.3.0 (R Core Team, 2016)⁵ through the *vegan* extension (Oksanen et al. 2016)⁶.

RESULTS

⁴ Clarke K. R and Gorley R. N. 2001. Software PRIMER v5. Plymouth, PRIMER E. UK

⁵ R Core Team. 2016. R: URL. <https://www.R-project.org>.

⁶ Oksanen et al. 2016. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Environmental conditions. In the study area, comparing the points according to their distance to the coastline, the temperature variation was not significant and relatively constant along the transect. On the other hand, salinity varied significantly between the points ($F_{6.54} = 4.83$, $p < 0.05$, figure 2), with the MA1 point presenting the smallest values compared to points MA3, MA4, MA5, MA6 and MA7 (paired tests $p < 0.05$). The variations in TDS and pH were not significant, although TDS showed a tendency to increase from point MA1 to point MA3 (figure 2). The conductivity varied significantly ($F_{6.54} = 3.35$, $p < 0.05$), with meaning differences between points MA1 and MA5 (paired test $p < 0.05$) and MA1 and MA6 (paired test $p < 0.05$). The DO was relatively constant along the transect, while the water transparency varied significantly ($F_{6.54} = 29.31$, $p < 0.05$), showing an increasing gradient pattern from point MA1 to MA7 (matched test $p < 0.05$, exception MA1 and MA2, MA3 and MA4, MA4 and MA5, MA5 and MA6, figure 2). On the other hand, the SPM decreased significantly ($F_{6.54} = 8.14$, $p < 0.05$), with the MA1 point presenting the highest concentrations compared to points MA3, MA4, MA5, MA6 and MA7 (paired test $p < 0.05$; 2). Among the dissolved nutrients, only nitrite concentrations decreased significantly ($F_{6.54} = 3.37$, $p < 0.05$), with the greatest difference between the points MA1 and MA5 (paired test $p < 0.05$).

Characterization of the ichthyoplankton community. During the sample period, 4,011 fish larvae were collected, belonging to 23 families, 40 genera and 31 species (table 1). The NI (not identified) specimens totaled 70 larvae. The most abundant families in the study area throughout the period were Sciaenidae, Engraulidae, Clupeidae and Mugilidae, which together corresponded to 89,58% of the total collected larvae. Regarding each collection point, the Engraulidae family showed the highest abundance at the point MA1, represented mainly by *Anchoviella lepidentostole* (Ar = 62%). At the points MA2 and MA3 the family Sciaenidae was more abundant, represented mainly by *Cynoscion acoupa* with Ar = 60% in MA2 and Ar = 43.3% in MA3.

At the points MA4, MA5 and MA6 the Mugilidae family was the most abundant, represented by *Mugil* sp (Ar = 34%, Ar = 65.5% and Ar = 36.5% respectively). At point MA7, most specimens were not identified (Ar = 23%), damaged larvae with no defined characteristics or newly hatched that could not be included in any taxa, were considered as not identified (NI). Among the specimens identified, the Carangidae family was the most abundant, represented by *Decapterus punctatus* (Ar = 18%). The other species obtained a relative low percentage of collected larvae and were considered rare in this study (table 1).

The species richness estimated by the Margalef index (d) presented values that ranged from 2.11 (MA1) to 5.09 (MA7). The diversity of species estimated by the Shannon index (H') presented values ranging from 1.14 (MA1) to 2.58 (MA7) (Figure 3). The Mantel partial test detected a difference in the species set structure related to the environmental conditions of the collection points ($R = 0.746$; $p < 0.05$). A clustering analysis (Bray-Curtis distance, UPGMA method) showed that the points MA1, MA2 and MA3 presented a more similar composition of species, while the points MA4, MA5, MA6 and MA7 presented another similar composition of species (Figure 4).

The more parsimonious CCA model constructed by the *forward* selection considered the variables water transparency (M), SPM, salinity, TSD and conductivity sufficient to explain the abundance distributions of the species. All together these variables accounted for 89.6% of the total abundance variation in the larval species ($F = 1.73$, d.f. 5, $p < 0.054$). The first two axes (CCA1 and CCA2) contributed to 59.3% of the explained variation. Both axes CCA1 and CCA2 represented a contrast of the SPM with the other selected variables (figure 5A). The CCA1 showed a clear stratification between the collection points, where MA1, MA2 and MA3 can be characterized as points of higher SPM values and lower values of salinity, TDS, conductivity and water transparency, whereas points MA4, MA5, MA6 and MA7 showed an inverse pattern (Figure 5A). The CCA1 and CCA2 axes also demonstrated the existence of two distinct sets of species, namely: i) a set of coastal species with estuarine influence; ii) a set of marine species with oceanic influence. The first set is grouped in the upper left corner of the ordering diagram (Figure 5A), where the distributions of the species are related to low salinity and lower "levels" of water transparency and high SPM values. Larvae of the species *Anchoviella lepidentostole*, *Cynoscion acoupa*, and *Sardinella brasiliensis* were characteristic in these environments. On the other hand, the second set of species was grouped on the right side of the diagram, where the distribution of the species was related to environments with high salinity and higher "levels" of water transparency and low SPM values. *Decapterus punctatus*, *Syacium papillosum* and *Bathygobius* sp occurred in these environments, but with low abundance.

DISCUSSION

The results showed the distribution of ichthyoplankton and its relation to environmental variables within the transect, studied in the Maranhense Continental Shelf (MCS). The formation of two sets of fish larvae was observed, as well as the grouping of the collection points with similarities between them. The distribution of ichthyoplankton evidentially has a

certain pattern, related to the adaptations of species (coastal and marine) to environmental conditions.

The first set of species belongs to: Engraulidae, Scianidae and Clupeidae. which are part of the estuarine fish composition structure (Joyeux et al. 2004). These individuals were more abundant in this study, thus being a common pattern in coastal areas mainly of the North coast of Brazil (Zacardi et al. 2016). Despite the high abundance of fish larvae found in the coastal zone, low species richness and diversity were observed. The low richness and diversity have been motivated by the few species recorded in this zone. However, many species prefer estuarine areas during the reproductive cycle, using these areas as nursery areas (Zacardi 2015), which contributes to the increase of ichthyoplankton abundance. In these environments the availability of food resulting from continental drainage, guarantees the highest primary productivity and consequently benefits the ichthyoplankton in the critical (larval) period (Pinto et al. 2002, Prates et al. 2012).

The distribution of ichthyoplankton in the coastal zone (MA1 – MA3) has a positive relation with the environmental variables. In this study the salinity was relevant and significant for the set of species. Salinity was pointed out as determinant in the breeding period and the recruitment of fish, as well as in the distribution, survival and growth of aquatic organisms (Kumlu et al. 2000, Nakatani et al. 2001, Bruno and Muelbert 2009). Studies on the North Coast, with environmental conditions similar to our results, point to salinity as the variable that influences the distribution, density and composition of the ichthyoplanktonic community (Barletta et al. 2005, Zacardi 2015). Still according to Bollman et al. (2005) and Lima et al. (2014), water transparency and SPM in the coastal zone are important because of the light input to the primary productivity and the feeding capacity of organisms. Considering this scenario, some species respond positively to the conditions imposed in these areas (Silva et al. 2003, Soares et al. 2014).

Anchoviella lepidentostole (Engraulidae) and *Sardinella brasiliensis* (Clupeidae) with distribution in the coastal zone (first set of species) presented favorable to the conditions of this environment. In the coastal zone of MCS *Anchoviella lepidentostole* can be considered as characteristic species of this area, due to its greater abundance and due to a constant occurrence throughout the period. Given this result, it suggests that this species has a high degree of dominance in this area. Corroborating with this result, the aforementioned species was evidenced as abundant it is worth noting that this species was abundant also in the estuarine complex of the São Marcos Bay, with Ar = 84% of the larvae collected (Bonecker et al. 2007),

and in the Bacanga – MA watershed, with $Ar = 36$, 1% (Soares et al. 2014), both environments connected with the MCS. It's worth pointing out it is common for the greatest abundance of engraulids among the other families in coastal and estuarine areas (Barletta-Bergan et al. 2002, Mangas et al. 2013).

Cynoscion acoupa (Sciaenidae), with distribution in the coastal zone and observed in the first set, was influenced by the low salinity. This economically important species in fish production for this region has a coastal and estuarine habit. Studies have shown that this species is abundant in the coastal regions of the North and Northeast of Brazil (Barletta-Bergan et al. 2002, Matos and Lucena 2006, Zacardi 2015 and Almeida et al. 2016). The importance and use of the coastal zone of the MCS by larvae and adults of *C. acoupa* have motivated other researches (Almeida et al. 2011, Almeida et al. 2016). The dominance of this species in the present work reinforces the abundance of fish resources of importance for the fishery production in this area. In view of this the ecological knowledge of the species from the larval stage on becomes necessary for the implementation of management and conservation actions in favor of this species (Nakatani et al. 2001).

The distribution of fish larvae observed in the marine area of the MCS was formed by the second set of typically marine end oceanic regions ichthyoplankton species. The stronger oceanic influence with marine characteristics was evidenced in the clustering of points MA4 to MA7. This evidence was due to the greater richness of species, decrease of abundance and differences in environmental variables. The transparency of water and the salinity were the variables that contributed the most to the composition of this group. Consequently, these species are adaptable to the environmental conditions of this area. This group was represented mainly by the *Decapterus punctatus* (Carangidae), with greater abundance in point MA7 during this study. The carangids are evident in the Shelf of the Brazilian North Coast, being abundant in the Amazonas and Amapá shelf (Bittencourt et al. 2007, Zacardi et al. 2008). In the MCS carangids reached $Ar = 50\%$ of the total collected larvae (Silveira 2003)¹. The dominance of these individuals was essential for the structure of the ichthyoplanktonic composition in this study too and also contributed to the diversity of the area.

The *Syacium papillosum* (Paralychitidae) was evident in the second set of fish larvae species, the distribution of these individuals was restricted to the marine zone. According to the CCA analysis there was a positive relationship of this species with the high salinity and higher "levels" of water transparency. The *Bathygobius* sp (Gobiidae) too was observed in the formation of this set, with distribution only in the marine zone of this study. Although there is

little information about the genus, these individuals are marine and demersal, but their larvae are part of the plankton (Bonecker et al. 2014). Thus, the distribution of these individuals occurs at different depths of the oceans. In view of this, it is believed that this behavior is a strategy of these species in search of favorable environmental conditions to guarantee greater survival. Corroborating with this study, Silveira (2008)² registers the gobiids as important in the formation of the species sets in MCS. In general, the formation of fish larvae in the coastal and marine environments of MCS was influenced by the environmental variables of this region. The formation of these sets showed that in the MCS there is a diverse ichthyofauna of commercial and ecological importance. This indicates this area as a zone in need of conservation, in which its characteristics must be preserved. However, further studies are needed to obtain a broader MCS biodiversity scenario to suggest conservative measures.

ACKNOWLEDGMENTS

To the postgraduate program in Biodiversity and Conservation (PPGBC) Federal University of Maranhão and Capes for the grant of the masters' scholarship. To CNPq Amb Tropic (INCT) and sub-project GT 2.2.

REFERENCES

- APHA** – American Public Health Association. 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Washington.
- Almeida Z. S., Isaac VJ, Paz A. C., Morais G. C., Porto H. L. R.** 2011. Avaliação do potencial de produção pesqueira do sistema da pescada-amarela (*Cynoscion Acoupa*) capturada pela frota comercial do Araçagi, Raposa, Maranhão. [Evaluation of the fishing potential of the yellow weakfish system (*Cynoscion Acoupa*) captured by the Araçagi commercial fleet, Raposa, Maranhão]. Boletim Do Laboratório De Hidrobiologia, **24** (2): 35-42. [In Portuguese.]
- Almeida Z. S., Santos N. B., Sousa H. L., Neta R. N. F. C., Andrade T. S. O. M.** 2016. Biologia reprodutiva da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) capturada na Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil. [Reproductive biology of yellow weakfish (*Cynoscion acoupa*) caught in the Bay of São Marcos, Maranhão, Brazil]. Biota Amazônia. Macapá, **6** (1): 46-54. doi:10.18561/2179-5746 /biotaamazonia [In Portuguese.]

- Anderson M. J., Ellingsen K. E., McArdle B. H.** 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters* **9**: 683-693. Doi:10.1111/j.1461-0248.2006.00926.x
- Barletta M., Barletta-Bergan A., Saint-Paul U., Hubold G.** 2005. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *Journal of Biology*, **66** (1): 45-72. doi:10.1111 /j.0022-1112.2005 .00582
- Barletta-Bergan A., Barletta M., Saint-Paul U.** 2002. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté River estuary in North Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **54** (2): 193-206. doi:10.1006/ecss.2001.0842
- Bezerra-JR J. L., Dia X. G., Neumann-Leitão S.** 2011. Diversidade de larvas de peixes das áreas internas e externas do Porto de Suape (Pernambuco-Brazil). [Diversity of fish larvae from the internal and external areas of the Port of Suape]. *Tropical Oceanography*. **39** (1):1-13. Doi: 10.5914/to.2011.0048 [In portuguese.]
- Bittencourt S. C. S., Zacardi D. M., Souza S. P., Nakayama L., Belúcio L. F.** 2007. Composição e distribuição de larvas de peixes na zona neustônica da Costa do Amapá (Revizee/Score Norte - Op.Norte Ii E Iii) [Composition and distribution of fish larvae in the neotonic zone of the Amapá Coast]. *Bol. Téc. Cient. Cepnor, Belém*, **7** (1): 41 – 54. [In Portuguese.]
- Bialetzki A., Nakatani K., Sanches P. V., Baumgartner G., Gomes L. C.** 2005. Larval fish assemblage in the Baía River (Mato Grosso do Sul State, Brazil): temporal and spatial parttrns. *Env. Boil. Fish.* **73** (1): 37-47. doi:10.1007/s10641-004-3795-3
- Bonecker A. C. T., Castro M. S., Namiki C. A. P., Bonecker F. T., Barros F. B. A. G.** 2007. Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil (2°18'-2°47'S/044°20'-044°25'W) during the dry season. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, **2** (3): 235-241.
- Bonecker A. C. T., Namiki C. A. P., Castro M. S., Campos P. N.** 2014. Catalogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos. [Catalog of the initial stages of fish development in the Campos basin]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia. [In Portuguese.]
- Bollman H. A., Carneiro C., Andreoli C. V., Pegorini E. S.** 2005. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes [Water quality and nutrient dynamics] pp 213-270 In: *Gestão*

integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados. [Integrated management of eutrophic supply sources]. Curitiba: SANEPAR, Finep.

- Bruno M. A., Muelbert J. H.** 2009. Distribuição espacial e variação temporal da abundância de ovos e larvas de *Micropogonias furnieri*, no estuário da Lagoa do Patos: [Spatial distribution and temporal variation of the abundance of eggs and larvae of *Micropogonias furnieri*, in the estuary of Lagoa do Patos]. Registros históricos e forçantes ambientais. Atlântica. **31** (1):51-68. doi:10.5088/atl.2009.31.1.51 [In portuguese.]
- Camargo M. E., Isaac V.** 2003. Ictiofauna estuarina. [ichthyofauna estuarine]. Pp. 105-142. In: Fernandes MEB (ed) Os manguezais da costa norte brasileira. [The mangroves of the brazilian north coast] S. Luís, Fundação Rio Bacanga. [In portuguese.]
- El-Robrini M., Souza Filho P. W. M., Silva C. A., Silveira O. F. M., Faria Jr. L. E. C., Mendes A. C.** 1992. Registros das oscilações do nível do mar na Plataforma Continental Norte do Brasil, Intern. Symp. [Records of sea level oscillations in the North Continental Shelf of Brazil] Quatern.Amazon. – PICG **281**: 83-86. [In Portuguese.]
- El-Robrini M., Marques J. M., Silva M. M. A., El-Robrini M. H. S., Feitosa A. C., Tarouco J. E. F., Santos J. H. S., Viana J. R.** 2006. Maranhão. Pp 87-130. In: Muehe D (ed) Erosão e progradação do litoral brasileiro [Erosion and degradation of the Brazilian coast]. Brasilia. MMA. [In Portuguese.]
- Farooqi T., Shaw R. F., Ditty J. G.** 1995. Preliminary Guide to the identification of the early life history stages of Anchovies (family Engraulidae) of the Western Central Atlantic. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-358. Florida.
- Ferreira C. F., Souza U. P., Petrere J. R.** 2005. Zonação longitudinal da ictiofauna em ambientes lóticos. [Longitudinal zonation of the ichthyofauna in lotic environments]. Bol. da Soc. de Limnologia (UNESP) **38** (1): 1- 17. [In portuguese.]
- Grasshoff K., Kremling K., Ehrhardt M.** 1999. Methods of seawater analysis. Germany, Wiley-Vch.
- Joyeux J. C., Pereira B. B., Almeida H. G.** 2004. The flood-tide ichthyoplankton community at the entrance into a brazilian tropical estuary. Journal of Plankton Research, **26** (11): 1277-1287. doi: 10.1093/plankt/fbh119

- Kipper D., Bialezki A., Santin M.** 2011. Composição taxonômica da assembleia de larvas de peixes no reservatório de Rosana, Rio Paranapanema, Brasil. [Taxonomic composition of the fish larvae assembly in the Rosana Reservoir, Paranapanema River]. *Biota Neotrop.* **11** (1): 421-426. doi: 10.1590/S1676-06032011000100039 [In portuguese.]
- Lima, A. R. A.; Costa, M. F.; Barletta, M.** 2014. Distribution patterns of microplastics within the plankton of a tropical estuary. *Environmental Research.* 132: 146–155 doi:10.1016/j.envres.2014.03.031
- Macedo-Soares L. C. P., Garcia C. A. E., Freire A. S., Muelbert J. H.** 2014. Large-scale ichthyoplankton and Water mass Distribution along the South Brazil shelf. *Plos One.* **9** (3):1-14. doi: 10.1371/journal.pone.0091241
- Matos I. P., Lucena F.** 2006. Descrição da pesca da pescada-amarela, *Cynoscion acoupa*, da costa do Pará. [Description of the yellow weakfish fishery, *Cynoscion acoupa*, of the coast of Pará]. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza,* **39** : 66-73. [In portuguese.]
- Mangas A. P., Silva A. C., Ferreira S. C. G., Palheta G. D. A. E., Melo N. F. A. C.** 2013. Ictioplâncton da Baía do Guajará e do estuário do rio Pará, ilha do Marajó, Pará, Brasil. [Ichthyoplankton from Guajará Bay and the estuary of the river Pará, Marajó Island, Pará, Brazil]. *Bol. Téc. Cient. Cepnor.* **13** (1):43-54. doi: 10.17080/1676-5664/btcc.v13n1p43-54 [In portuguese.]
- Moser H. G.** 1996. The Early Stages of Fishes in the California Current Region. La Jolla, Calcofi. Atlas nº33.
- Nakatani K., Agostinho A. A., Baumgartner G., Bialezki A., Sanches P. V., Makrakis M. C.** 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce: Desenvolvimento e manual de identificação. [Freshwater fish eggs and larvae: Development and identification manual]. Maringá. EDUEM. [In portuguese.]
- Nascimento F. L., Nakatani K.** 2006. Relações entre os fatores ambientais e a distribuição de ovos e larvas de peixes na sub-bacia do rio Ivinhema, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. [Relationship between environmental factors and the distribution of fish eggs and larvae in the sub-basin of the Ivinhema River, State of Mato Grosso do Sul, Brazil]. *Acta Sci. Biol. Maringá,* **28** (2): 117-122. doi:10.4025/actascibiolsci.v28i2.1027 [In portuguese.]

- Okuyama M.** 1988. An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokyo. Tokoi University press.
- Olivar M. P., Fortuño J. M.** 1991. Guide to Ichthyoplankton of the Southeast Atlantic (benguela current region). Scientia Marina. Spain. Instituto de Ciências del Mar.
- Prates A. P. L., Gonçalves M. A., Rosa M. R.** 2012. Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinheiros no Brasil. [Overview of the Conservation of Coastal and Marine Ecosystems in Brazil]. Brasília. MMA. [In portuguese.]
- Pinto N. C. T., Mafalda JR. P., Medeiros c., Moura G., Souza C. S.** 2002. Distribuição de larvas de *Katsuwonus pelamis* (pisces, scombridae), em larga escala, na zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil. [Distribution of larvae of *Katsuwonus pelamis* (pisces, scombridae) on a large scale in the exclusive economic zone of northeastern Brazil]. Tropical Oceanography, Recife. **30** (2): 119–131. [In portuguese.]
- Richards W. J.** 2005. Early stages of Atlantic fishes: An Identification Guide for the Western Central North Atlantic. Vol. I and II.
- Snyder D. E.** 1983. Fish eggs and larvae. Pp. 165-197. In: Nielsen, L. A.; Johnson, D. L. (eds.). Fisheries Techniques. Bethesda.
- Silva, M. A.; Araújo, F. G.; Azevedo, M. C. C.; E Mendonça, P.** 2003. Distribuição Espaço Temporal de *Cetengraulis edentulus* (Curvier) (Actinopterygii, Engraulidae), na Baía de Sepetiba, RJ – Brasil. [Distribution Temporal space of *Cetengraulis edentulus* (Curvier) (Actinopterygii, Engraulidae), in Bay of Sepetiba. RJ]. Revista Brasileira de Zoologia. **20** (4): 571-581. [In portuguese.]
- Soares R. D. B., Cutrim M. V. J., Silveira P. C. A.** 2014. Diversidade de larvas de peixes na Bacia hidrográficas do Rio Bacanga (Maranhão-Brasil). [Diversity of fish larvae in the hydrographic basin of the Bacanga River] Revista de Ciências Ambientais. Canoas, **8** (2): 05-19. [In portuguese.]
- Teixeira S. G., Martins P. W., Souza Filho P. W. M.** 2009. Mapeamento de Ambientes Costeiros Tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. [Mapping of Tropical Coastal Environments (Golfão Maranhense, Brazil) using images of remote orbital sensors]. Rev. Bras. Geof. **27** (1): 1-14. doi:10.1590 /S0102-261X2009000500006 [In portuguese.]

- Zacardi D. M., Bittencourt S. C. S., Rawietsch A. K., Nakayama L.** 2008. Ictioplâncton marinho da Plataforma Continental e águas adjacentes à foz do Rio Amazonas (operação Norte II – REVIZEE SCORE NORTE). [Marine Ichthyoplankton of the Continental Shelf and waters adjacent to the mouth of the Amazon River]. Bol. Tec. Cient. CEPNOR. **8** (1): 9-20. doi:10.17080 /1676-5664 [In portuguese.]
- Zacardi D. M., Sobrinho A. F., Silva L. M. A.** 2014. Composição e distribuição de larvas de peixes de um afluente do rio Amazonas, Brasil. [Composition and distribution of fish larvae of a tributary of the Amazon River, Brazil] Acta Fish. Aquat. Res. **2** (2): 1-16. Doi:10.2312/ActaFish.2014.2.2.1-16
- Zacardi D. M.** 2015. Variação e abundância do ictioplâncton em canais de maré no extremo Norte do Brasil. [Variation and abundance of ichthyoplankton in tidal channels in the extreme north of Brazil]. Biota Amazônia. Macapá. **5** (1): 43-52. doi:10.18561.2179-5746 [In portuguese.]
- Zacardi D. M., Bittencourt S. C. S., Nakayama L.** 2016. O ictioplâncton e sua relação com a variação diária e os ciclos de marés no estuário amazônico. [Ichthyoplankton and its relationship with daily variation and tidal cycles in the Amazonian estuary]. Biota Amazonas. Macapá. **6** (2): 32-40. doi:10.18561.2179-5746 [In portuguese.]
- Warner R. R., Cowen R. K.** 2002. Local retention of production in marine populations: evidence, mechanisms and consequences. Bulletin of Marine Science **70** (1): 245-249.
- Whitfield A. K., Paterson A. W.** 2003. Distribution patterns of fishes in a fishwater deprived eastern cape estuary, with particular emphasis on the geographical Headwater region. Water SA. **29** (1): 61-69. doi:10.431/wsa.v29i1.4948
- Kumlu M., Eroldogan O. T., Aktas M.** 2000. Effects of temperature and salinity on larval growth, Survival and development of *Penaeus semisulcatus*. Aquaculture. **188** (1/2): 167-173. Doi:10.1016/S0044-8486(00)00330-6

Appendice

Table 1

Taxonomic list (order, family and species) and relative abundance data (%) of fish larvae captured in the transect (MA1 to MA7) of the Maranhense Continental Shelf, in the period of 2013 and 2014. Abbreviations: **NT** = total number of larvae, **MA1 to MA7** = collection points, **A** = larvae identified up to family level.

Táxons	Collection Points							NT
	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	MA6	MA7	
AULOPIFORMES								
Synodontidae								
Synodontidae A	0	0,4	1,2	0	0	0	3,3	16
BELONIIFORMES								
Exocoetidae								
<i>Parexocoetus brachypterus</i> Richardson, 1846	0	0	0	0	0	4,4	3,0	7
<i>Exocoetus volitus</i> Linnaeus, 1758	0	0	0	0	0,8	0	0	1
<i>Hirundichthys speculiger</i> Valenciennes, 1847	0	0	0	0	0	2,8	0	2
Hemiramphidae								
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> Ranzani, 1841	0	0,11	0,2	0,5	6,3	1,3	1,5	15
CLUPEIFORMES								
Clupeidae								
<i>Sardinella brasiliensis</i> Steindachner, 1879	25,4	6,66	0,4	0	1,6	2,8	0	432
<i>Lile piquitinga</i> Schreiner & Miranda Ribeiro, 1903	0,4	0	0	0	0	0	0	5
Clupeidae A	0	0,22	19,9	5,9	1,6	0	1,5	125
Engraulidae								
<i>Anchoviella lepidentostole</i> Fowler, 1911	62,0	11,5	0,9	0	0	0	0	961
<i>Cetengraulis edentulus</i> Cuvier, 1829	1,5	4,9	0	0	0	0	0	106
<i>Lycengraulis grossidens</i> Spix & Agassiz, 1829	1,0	0	0	0	0	0	0	7
Engraulidae A	2	6,0	5,2	1,1	0,8	1,3	0	167

Pristigasteridae									
<i>Odontognathus mucronatus</i> Lacépède, 1800	0,2	0	0	0	0	0	0	0	2
MYCTOPHIFORMES									
Myctophidae									
Myctophidae A	0	0	0	0	0	2,5	2,5	8	
PERCIFORMES									
Carangidae									
<i>Caranx crysos</i> Mitchell, 1815	0	1,8	0,19	10,0	0	7,0	0,8	57	
<i>Caranx sexafasciatus</i> Quoy & Gaimard, 1825	0	0	0,56	0	0	0	0	3	
Carangidae A	0	0,11	0,75	3,2	3,3	18,1	2,5	31	
<i>Decapterus punctatus</i> Cuvier, 1829	0	0,39	0	0	1,7	0	18,0	30	
<i>Elegatis pibinnulatus</i> Quoy & Gaimard, 1824	0	0	0	1,2	0	0	0	2	
<i>Oligoplites saurus</i> Bloch & Schneider, 1801	0,2	0,7	2,63	3,8	0	0	0,8	39	
<i>Selene vomer</i> Linnaeus, 1758	0	0	0,75	0	0	7,2	0	9	
<i>Trachurus sp</i> Rafinesque, 1810	0	0	0	0	0	0	2,5	3	
Gerreidae									
<i>Eucinostomus gula</i> Quoy & Gaimard, 1825	0,2	0	0	0	0	0	0	4	
Gerreidae A	0,2	0	0	0	0	0	5,5	8	
Gobiidae									
<i>Bathygobius sp</i>	0	0	0	0,5	0	1,3	0	2	
Gobiidae A	0,1	0	0,38	0	0	0	0	3	
Labridae									
Labridae A	0	0	0,39	1	0	0	0,8	4	
Lutjanidae									
<i>Lutjanus sp</i>	0	0	2,25	7,0	6,7	1,2	1,6	36	
Lutjanidae A	0	0,06	1,5	0	0	0	1,6	11	
<i>Ocyurus chrysurus</i> Bloch, 1791	0	0	0	0	0	0	1,6	2	
Mugilidae									
<i>Mugil sp</i>	0	0,22	13,5	34	65,0	36,5	1,6	244	
<i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1836	0	0,28	0	1	1,6	1,2	0	10	
Sciaenidae									
<i>Bardiella sp</i>	0	0,06	0	0	0	0	0	1	

<i>Cynoscion acoupa</i> Lacépède, 1882	5,1	60,5	43,3	19,5	0	0	0	1410
<i>Cynoscion leiachus</i> Cuvier, 1830	0	0,06	0	0	0,8	0	0	2
<i>Micropogonia furnieri</i> Desmarest, 1823	1,2	0,22	1,88	0	0	0	0,8	30
<i>Macrodon ancylodon</i> Bloch & Schneider, 1801		0,11	0	0	0	0	0	2
Sciaenidade A	0	4	1,13	5,1	0	1,3	0	90
Scombridae								
<i>Scomberomorus</i> sp	0	0	0	0,5	0	0	0	1
<i>Auxis</i> sp	0	0	0	0	0	0	1,6	2
Kyphosidae								
<i>Girella</i> sp	0	0	0	0	0	0	0,8	1
Trichiuridae								
<i>Trichiurus lepturus</i> Linnaeus, 1758	0	0	0	0	0	0	0,8	1
PLEURONECTIFORMES								
Paralychthyidae								
<i>Syacium papillosum</i> Linnaeus, 1758	0	0,06	0	0	0	0	6,0	8
Paralychthyidae A	0	0,11	0	0	3,3	0	0	6
Achiridae								
<i>Achirus achirus</i> Linnaeus, 1758	0	0,22	0	0	0	0	0	2
Cynoglossidae								
Cynoglossidae A	0	0	0,19	0	0	2,8	10,2	15
SCORPOAENIFORMES								
Sebastidae								
<i>Helicolenus dactylopterus</i> Delaroche, 1809	3	0,11	0	0	0	0	0	5
<i>Sebastes</i> sp	0	0	0,38	0	0	1,2	0,8	4
TETRAODONTIFORMES								
Monacanthidae								
Monacanthidae A	1	0,05	0	0	0	0	0	2
Tetraodontidae								
<i>Sproeroides greeleyi</i> Gilbert, 1900	0	0,11	0	0	0	0	0	2
<i>Colomesus psittacus</i> Bloch & Schneider, 1801	1	0,11	0	0	0	0	0	2

<i>Sphoeroides testudines</i> Linnaeus, 1758	0	0	0	0	0,8	0	0	1
Tetraodontidae A	0	0	0	0	0	1,2	0,8	2
NI (unidentified)	0	0,84	11	5,4	4,2	2,5	23,1	70
TOTAL LARVAE	1209	1786	533	185	119	68	111	4011

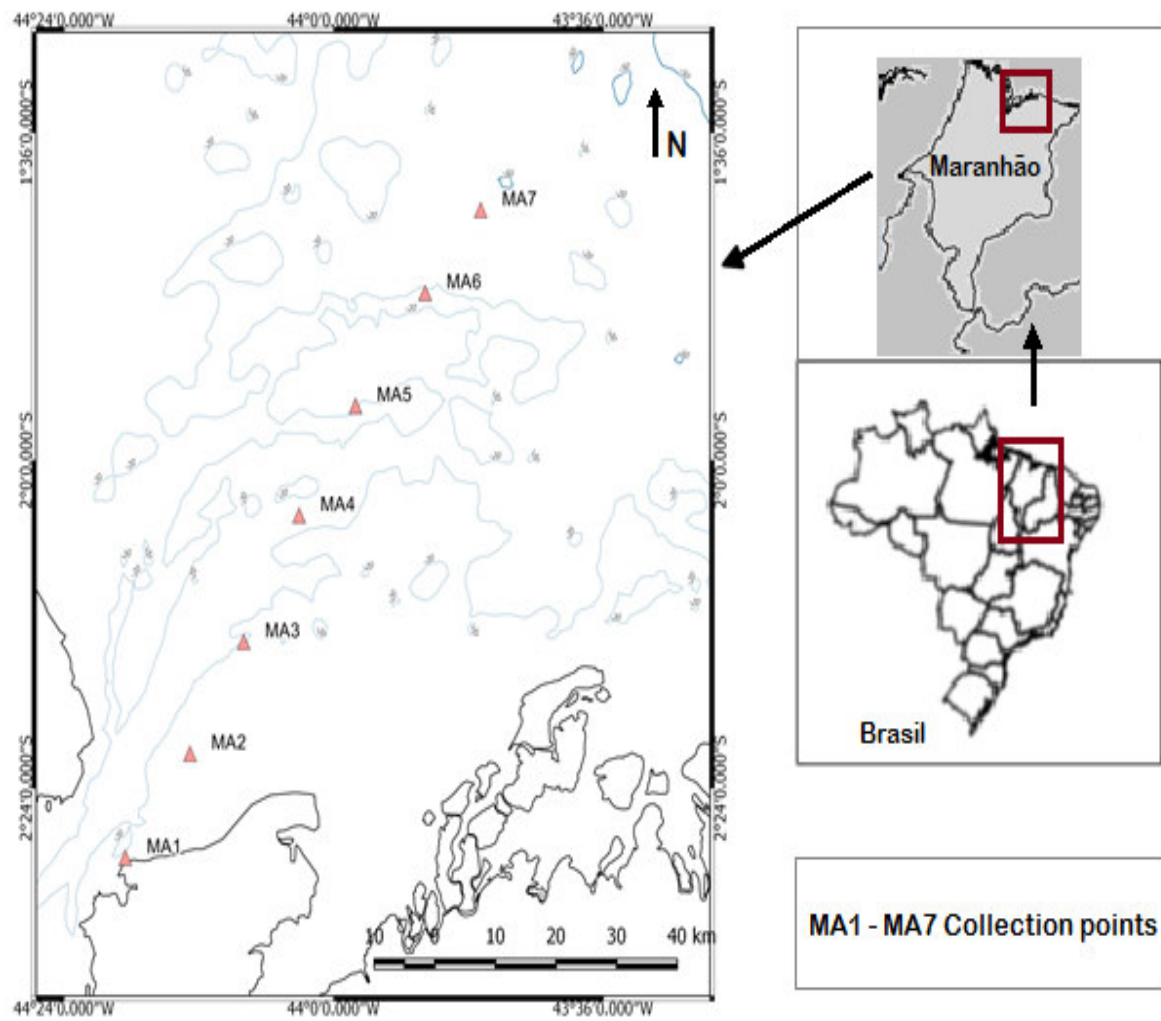


Fig. 1. Location map, with collection points MA1-MA7 at the Maranhense Continental Shelf.

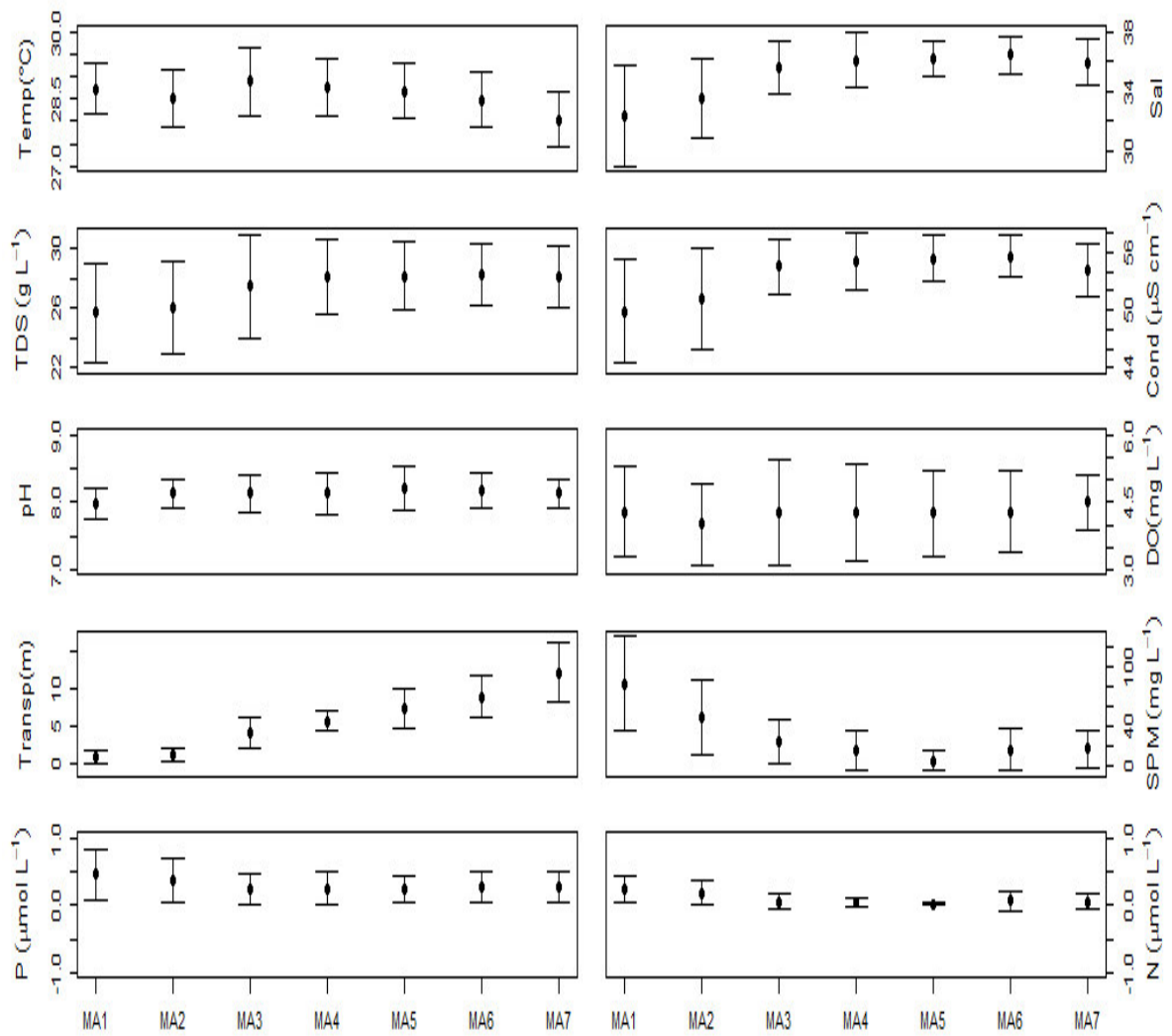


Fig. 2. Mean (black circle) and standard deviation (bars) of the environmental variables at each sampling point (MA1 - MA7) of the Maranhense Continental Shelf, during the period from 2013 to 2014.

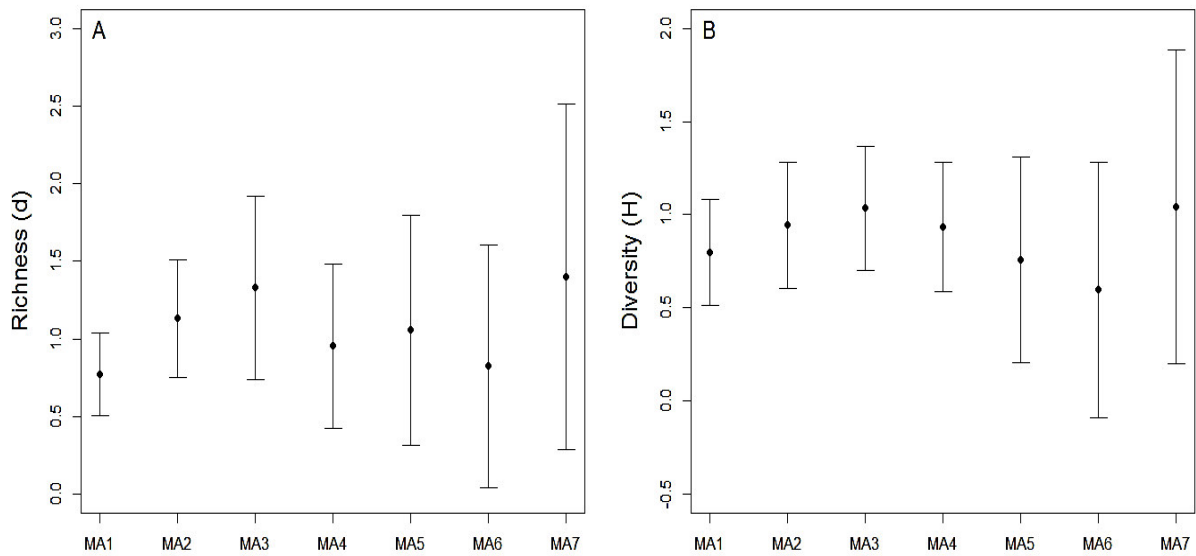


Fig. 3 - Mean (black circle) and standard deviation (bars) of ecological indices (Shannon diversity and Margalef richness) along the transect (MA1 - MA7) of the Maranhense Continental Shelf, during the period of 2013 and 2014.



Fig. 4. Grouping of the points according to the dissimilarities of species of fish larvae in the period of 2013 and 2014.

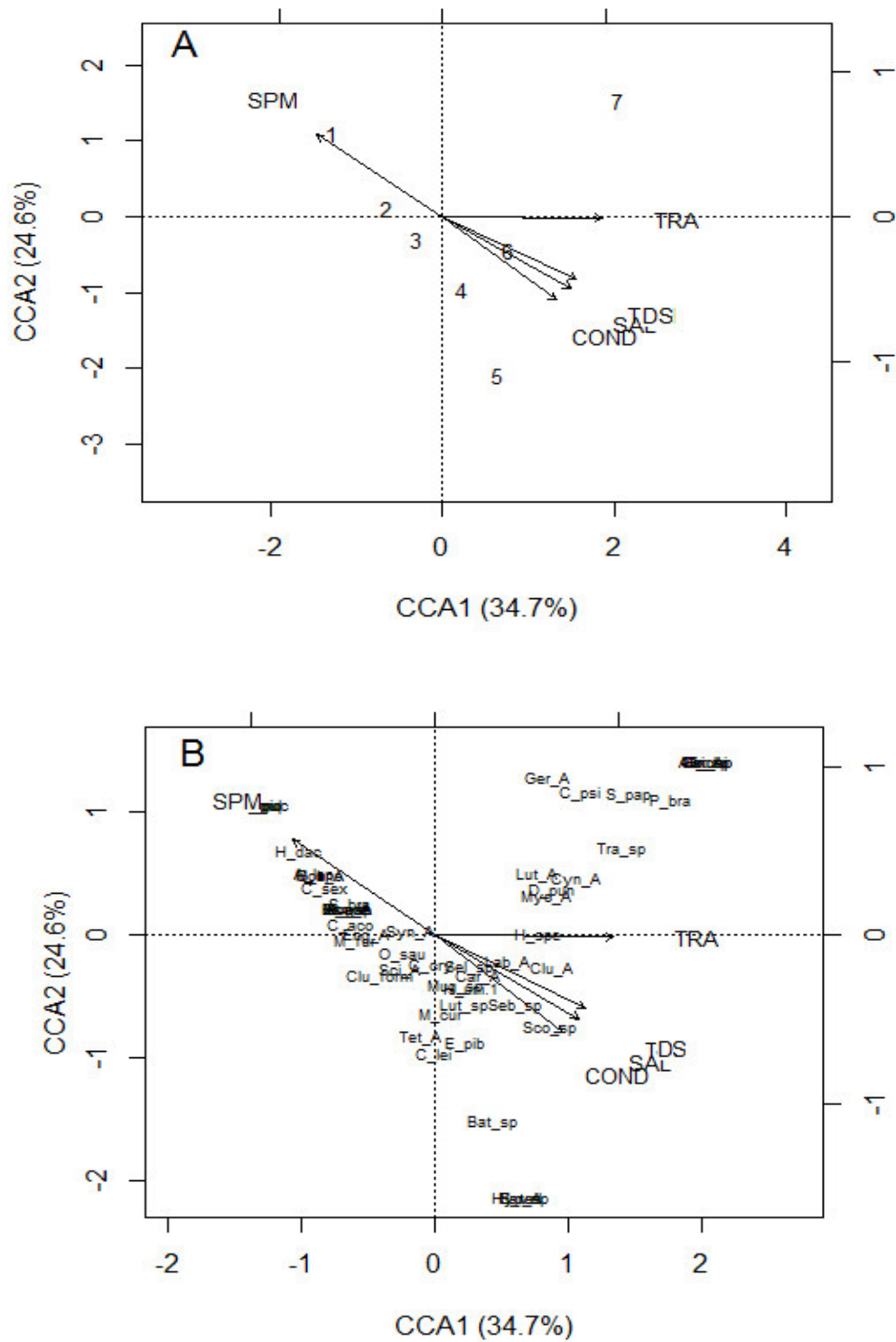


Fig. 5. CCA diagram of the most parsimonious model with the scores of variables and collection points (A) and species scores (B), during the sample period of 2013 and 2014, in the Maranhense Continental Shelf.

ANEXOS